

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO

Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático



MEMORIAS

Coordinadores

Carlos Gay García, José Clemente Rueda Abad, Laura Aguirre Ramírez,
Rosalba Alonso Rodríguez, Gabriel Castañeda Nolasco, Carlos Chávez Baeza,
Samuel Gómez Noguera, Simone Lucatello, Jesús Efrén Ospina Noreña,
Gerardo Sánchez Torres Esqueda y Víctor Manuel Vidal Martínez

con la colaboración de
Iván Paz Ortiz, Abril Pérez Canales, Irais Salas Quiñonez y Lilly Wence Barrera



Dr. José Narro Robles
Rector de la Universidad Nacional Autónoma
de México

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General de la Universidad
Nacional Autónoma de México

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica de
la Universidad Nacional Autónoma de
México

Dr. Julio Solano González
Secretario Académico de la Coordinación de
la Investigación Científica de la Universidad
Nacional Autónoma de México

Dr. Carlos Gay García
Coordinador del Programa de Investigación
en Cambio Climático

**SEGUNDO CONGRESO
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN
CAMBIO CLIMÁTICO**

MEMORIAS

Esta publicación, fruto del Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, ha sido sometida a la revisión de pares.

Carlos Gay García, José Clemente Rueda Abad, Laura Aguirre Ramírez, Rosalba Alonso Rodríguez, Gabriel Castañeda Nolasco, Carlos Chávez Baeza, Samuel Gómez Noguera, Simone Lucatello, Jesús Efrén Ospina Noreña, Gerardo Sánchez Torres Esqueda y Víctor Manuel Vidal Martínez
Coordinadores

Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias.

México

Universidad Nacional Autónoma de México/ Coordinación de la Investigación Científica/ Programa de Investigación en Cambio Climático

2013

Primera edición (Versión electrónica)

991 páginas

Tamaño 21,59cm X 27,94cm

Imágenes

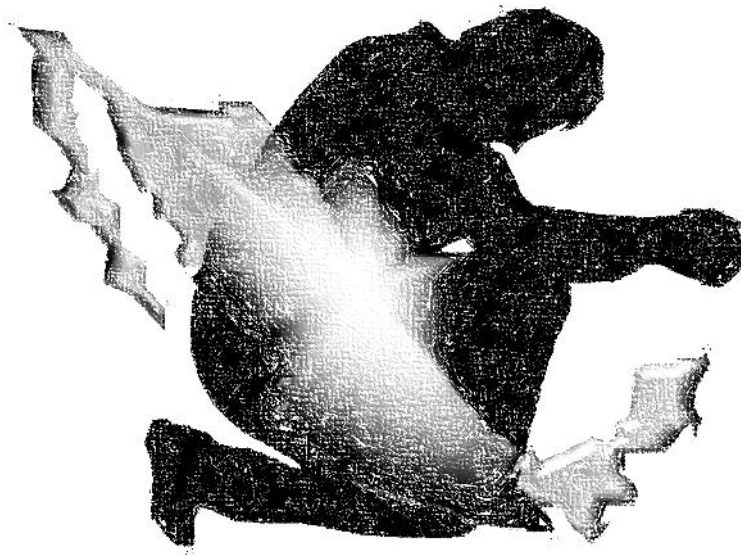
ISBN

El Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM (PINCC) hace un esfuerzo por recoger y publicar los resultados de las últimas investigaciones que sobre diferentes aspectos del cambio climático se realizan en la UNAM, y, también, en otras instituciones del país.

El PINCC al publicar investigaciones actuales cumple con uno de sus mandatos de creación. Busca, además que, todo aquello que se publique bajo este sello, sea socialmente útil, políticamente relevante y académicamente pertinente.

El PINCC, como institución, hace un esfuerzo por asegurarse de la precisión metodológica, la robustez de los resultados y considera a su esfuerzo editorial como un conjunto de insumos asequibles para la toma de decisiones de México; sin embargo, el contenido de cada una de sus publicaciones es responsabilidad exclusiva de los autores.

Se autoriza el uso de esta obra en su totalidad, o cualquiera de sus partes, con finalidades de divulgación y no lucrativas, dando el crédito correspondiente a quien tiene bajo reserva los derechos patrimoniales de la obra.



Coordinadores

Carlos Gay García, José Clemente Rueda Abad

Laura Aguirre Ramírez, Rosalba Alonso Rodríguez, Gabriel Castañeda Nolasco, Carlos Chávez Baeza,
Samuel Gómez Noguera, Simone Lucatello, Jesús Efrén Ospina Noreña, Gerardo Sánchez Torres Esqueda
y Víctor Manuel Vidal Martínez



Presentación	19
Introducción	27
Resultados principales de la Sede regional del Sureste	47
Panel de expertos Sede Regional Noroeste	49

SECCIÓN I BASES CIENTÍFICAS

Los modelos biofísico-económicos: una respuesta a la necesidad de una evaluación integral de la seguridad alimentaria	57
Jorge Alejandro Adame Garza, Cesar Arturo Hernández Barraza, Jorge Loredo Osti y David Gilberto López Cantú	
Modelación de la disponibilidad del agua en la cuenca del río los hules considerando el impacto del cambio climático	65
Lizbeth Álvarez Guillermo y Juana Treviño Trujillo Universidad Autónoma de Tamaulipas	
Seawater-air CO₂ exchange in the Gulf of California	75
Saúl Álvarez-Borrego CICESE, Departamento de Ecología Marina, Ensenada, Baja California	
Tendencias históricas observadas en lluvias y caudales en México: ¿indicaciones de un clima cambiante?	87
Luis Brito Castillo Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Unidad Sonora	
34 años (1979-2012) de registros de Florecimientos Algales Nocivos (FAN)	99
Roberto Cortés Altamirano y Rosalba Alonso Rodríguez Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	
Variaciones estacionales en la línea costera entre el Canal de Cuatla y el Estero de San Cristobal, Nayarit	111
Mayra Cruz González, Raymundo Lecuanda Camacho y Mario Arturo Ortiz Pérez Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM	
Estudio del cambio climático generado por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí	125
David Enrique Flores Jiménez; Marcos Algara Siller y Cecilia Barrera Gutiérrez Universidad Autónoma de San Luis Potosí	
Boletín de temperatura y salinidad superficial del mar de las costas del Golfo de México y Mar Caribe mexicanos	135
Mario Gómez Ramírez Grupo Geografía Global de la Universidad Veracruzana	
Distribución de la precipitación diaria que originó el huracán “Dean” en el espacio marino y continental de la República Mexicana en el 2007	141
Mario Gómez Ramírez y Karina Eileen Álvarez Román Grupo Geografía Global Universidad Veracruzana Vulnerabilidad de las zonas costeras	



Aplicación del proceso analítico jerárquico en la gestión del agua en la subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí	149
J.G. Gonzáles Turrubiates, D.M.E. González Turrubiantes, A. Rodríguez Gómez, Haces Zorrilla Universidad Autónoma de Tamaulipas	
Aplicación de modelos de nicho ecológico en la especie Pinus Hartwegii Lindl bajo escenarios de cambio climático en México	159
José Jiménez López, Maricela Hernández Vázquez, Ma. De Lourdes Nieto Pérez, José Luis Martínez y Pérez, María del Carmen Corona Vargas, Jorge Tlilayatzí Cocoléti, Hermila Orozco Bolaños y Guillermina García Juárez Centro de Investigación en Ciencias Biológicas	
Identificación de escalas decadales de la variabilidad de series de tiempo de días consecutivos secos/húmedos del Altiplano mexicano	167
Morales Acoltzi, Tomás ¹ , Magaña Rueda, Víctor O. ² y Bernal Morales, Rogelio ³ ¹ Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM ² Instituto de Geografía, UNAM ³ Facultad de Agrobiología, UATx, Ciencias Ambientales, Campus Tlaxco, Tlaxcala.	
Ingeniería de métodos aplicada para el diseño de un aerogenerador de bajo costo	179
Azahel Treviño Villegas, Lourdes Y. García Rivera, David Lara Alabazares, José O. Coronado Gutiérrez y Gerardo Romero Galván Universidad Autónoma de Tamaulipas Alternativas Energéticas	
Desbalance hidrológico y brecha hídrica en cuencas de zonas áridas de Baja California Sur, Noroeste de México	189
Enrique Troyo-Diéguez, Sara C. Díaz-Castro, Arturo Cruz-Falcón, Mariano Norzagaray-Campos y Raúl López-Aguilar Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C	
Distribución de las variables físicas, químicas y biológicas en dos transectos del Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS).	199
I.Vázquez-Martínez, T.L. Espinosa Carreón, A. E. Ulloa Pérez, Beier E. y S. Valencia Martínez Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR-Sinaloa, IPN	

SECCION II IMPACTOS

Impacto Ambiental asociado a la producción de la vivienda progresiva popular en Tuxtla Gutiérrez	211
Teresa del Rosario Argüello Méndez Universidad Nacional Autónoma de Chiapas	
Análisis preliminar de los impactos en la zona costera de Sonora por efecto del Cambio Climático.	217
José Alfredo Arreola Lizárraga, Elia Inés Polanco Mizquez, María Sara Burrola Sánchez, Gustavo Padilla Arredondo y Sara Cecilia Díaz Castro Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.	
El impacto del manejo del territorial en el cambio climático	225
David Barkin Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco	



Identificación de las especies de peces con mayor vulnerabilidad al calentamiento global en cuatro ecosistemas marinos costeros de la Península de Baja California Gastón A. Bazzino Ferreri, Salvador E. Lluch-Cota y Fernando Aranceta Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste	229
Perspectivas del impacto del cambio climático en el patrimonio cultural edificado de Campeche De la Rosa-García, SC.Gómez-Cornelio S.Ortega-Morales BO.Reyes-Estebanez M Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología de la Universidad Autónoma de Campeche	235
Impacto económico y ambiental en el aprovechamiento de residuos líquidos en rastros Elizabeth Jiménez-Trejo y Alejandra Castro-González Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, UNAM	245
Efectos del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos agrícolas Luis Felipe Ramírez Santoyo, Eduardo Salazar Solís y Sandra Flores Mejía Salamanca. Universidad de Guanajuato	251
Proyecciones de la captura de sardina monterrey en la Costa Occidental de Baja California y el Golfo de California Romeo Saldívar-Lucio, Christian Salvadeo, Daniel Lluch-Belda y Héctor Villalobos Universidad Autónoma de Baja California Sur	257
Variabilidad de media y baja frecuencia en el Pacífico mexicano, sus efectos ecológicos y su importancia en los pronósticos climáticos de largo plazo Christian Salvadeo, Romeo Saldívar-Lucio, Héctor Villalobos y Daniel Lluch-Belda Universidad Autónoma de Baja California Sur	265
El efecto del huracán Juliette sobre la comunidades algales marinas del complejo insular del espíritu santo en la bahía de la Paz, Baja California Sur, México Ignacio Sánchez Rodríguez, Margarita Casas Valdez y Alberto Sánchez Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas	275
Implicaciones del cambio climático a la salud pública con énfasis en Sinaloa, México Martín F. Soto Jiménez Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	281
Impacto de la obra urbana en el microclima local Raúl Valdez Gil y Teresa del Rosario Argüello Méndez Universidad Autónoma de Chiapas	287

VULNERABILIDAD

Los estados de la costa oriental de la República Mexicana, son afectados por el polvo desértico del Sahara Karina Eileen Álvarez Román y Mario Gómez Ramírez Facultad de Filosofía y Letras, UNAM	297
Vulnerabilidad social y cambio climático en las regiones Media y Huasteca Potosina Karla Lisette Calderillo Granados, H. Reyes Hernández, Julio Miranda P., H. Charcas Salazar Universidad Autónoma de San Luis Potosí	311



Vulnerabilidad socioeconómica debido a la disponibilidad de agua ante el cambio climático en la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí	317
Dora Esther González Turrubiates, R. del C Vargas Castilleja, L. Rangel Blanco y A. Monterroso Rivas Universidad Autónoma de Tamaulipas	
Evaluación del riesgo del cultivo de maíz de temporal frente al cambio climático en el estado de Tlaxcala	329
Maricela Hernández-Vázquez, L.M Cabrera-Zarate, H. Orozco-Bolaños, J. Jiménez-López y G. García-Juárez Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala	
Erosión Costera: enemigo silencioso del Cambio Climático Global en las zonas costeras	337
Sergio Bernardo Jiménez Hernández, Gabriel Arcos Espinosa, Luis A. Zavala Guerrero, Roberto Pichardo Ramírez y Wilver Salinas Castillo Universidad Autónoma de Tamaulipas	
Selección de indicadores de calidad ambiental en los parques urbanos en el Estado de Tabasco	341
Aída López Cervantes, Luis Manuel Pérez Sánchez' Jorge Flores González' y Haydee Pérez Castro Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	
La vulnerabilidad de los municipios del estado de Jalisco frente a la variabilidad climática y los posibles efectos asociados al cambio climático - 2010	347
Diego Daniel Olarte Suárez Flacso-México	
Retos de la seguridad alimentaria y superación de la vulnerabilidad social ante el cambio climático en México	359
Úrsula Oswald Spring Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias UNAM	
Vulnerabilidad Urbana en la Configuración de la zona Metropolitana de la Ciudad de Villahermosa	375
Luis Manuel Pérez Sánchez, Aida López Cervantes, Haydee Pérez Castro y Jorge Flores González Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	
Cambio climático y vulnerabilidad en territorios indígenas	387
Dalia I. Quiroz Pineda Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM	
Los puertos y las vías de navegación ante las amenazas del Cambio Climático en México	395
Julio César Rolon Aguilar Juana Treviño Trujillo y Roberto Pichardo Ramírez Universidad Autónoma de Tamaulipas	
Riesgos climáticos y vulnerabilidad social en las cuencas costeras de Chiapas, México. El caso de la Cuenca del río Huehuetán	405
Laura Elena Ruiz Meza Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas	
Vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos en México: propuesta de indicadores	413



Fernando Saavedra Peláez
Flasco-México

- Cambio Climático y Recursos Pesqueros Masivos de México** 425
M.A. Tripp-Valdez y S.E Lluch-Cota
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

ADAPTACIÓN

- Mejoramiento del comportamiento térmico en vivienda de interés social, en clima cálido subhúmedo por medio de simulación** 437
Mareny Arredondo Martínez y Raúl Pável Ruiz Torres.
Universidad Autónoma de Chiapas

- Estudio comparativo del uso de humedales construidos en granjas de cultivo de camarón blanco como una alternativa para la producción acuícola frente al cambio climático** 447
Yacciri Barrios Román, Oscar Laureano Casanova y Esther Llorens.
Universidad Autónoma de Tamaulipas

- Modelo de ecotecnia para un ecobarrio en el D.F.** 457
Nandyell Becerril-Galván; Alberto Rosillo-Ramírez, *Fernando* Jesús De Lorenz-Santos y Alejandra Castro-González
Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, UNAM

- Cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola como herramienta para hacer frente al cambio climático** 469
Adriana Belfort Martínez, Adriana Rodríguez, Oscar Laureano Casanova, Jazihel Ventura Santillán y Lorena Belfort Martínez
Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Nacional de San Juan

- Áreas verdes, Diseño Urbano y Calentamiento Global, La Ciudad de Mérida, México como caso de estudio** 477
Raúl Canto Cetina, Gladys Arana López y Lucía Tello Peón Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán

- Análisis de los impactos ambientales ante escenarios de cambio climático y oportunidades sitio-específicas de adaptación: estudio de caso en un ejido agrícola de la costa de Michoacán.** 489
Minerva Campos, Michael K. McCall y Alejandro Velázquez
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

- Consideraciones de las de islas de calor dentro del espacio urbano** 497
Yliana Mérida Martínez
Universidad Autónoma de Chiapas

- Estudio comparativo del diseño de un humedal construido en una unidad de producción acuícola para el mejoramiento de la crianza del camarón por efectos del cambio climático.** 505

Evelyn Yadira Meza Trinidad¹, Palomarez García José Martín², Llorens i Ribes Esther³, Laureano Casanova Oscar¹, Muñoz Torres Carmen Adriana¹.

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas

² Centro Regional de Investigación Pesquera



³ Institut Català de Recerca de l'Aigua

- Marco legal e institucional para la adaptación del impacto del cambio climático sobre los humedales en las zonas costeras del sur de Tamaulipas** 511
Luis Moral Padilla y Elvira Carmina
Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Propuesta de Techo Alternativo para vivienda en el Istmo de Tehuantepec, ante el Cambio Climático. 521
Nereyda Morgan Torres
Universidad Autónoma de Chiapas
- Alternativa de generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos** 531
Francisco Javier Olea-León, Jahir Mojica-Hernández, y Alejandra Castro-González
Departamento de Sistemas Energéticos
Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, UNAM
- Influencia de las transformaciones constructivas en las condiciones térmicas de la vivienda de interés social en clima cálido sub-húmedo** 545
Karla Ivonne Ovando López, Gabriel Castañeda Nolasco y Raúl Pavel Ruiz Torres
Universidad Autónoma de Chiapas
- La resiliencia de las comunidades microbianas acuáticas de cuatro ciénegas ante escenarios de cambio climático global** 553
^{1,2}Silvia Pajares y ¹Valeria Souza
¹Instituto de Ecología, UNAM, México D.F.
²Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Salamanca, España.
- Estudio preliminar de Confort térmico en la vivienda de la ciudad sustentable Nuevo Juan de Grijalva** 561
Raúl Pável Ruiz Torres y Gabriel Castañeda Nolasco
Universidad Autónoma de Chiapas
- Fusión de la Arquitectura Orgánica y sustentable ante el Cambio Climático** 565
Liliana Eneida Sánchez Platas y Jesús Sánchez Luqueño
Universidad Tecnológica de la Mixteca
- Diseño hidráulico de un sistema de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable considerando el impacto del cambio climático** 573
Gerardo Sánchez Torres, Jesús E. Ospina, Rocío Vargas, Raisa Barragán y Alejandro Govea
Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Sistemas de techo no convencional, viable para vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas** 585
Ruber Trujillo Samayoa, Gabriel Castañeda Nolasco y José Luis Jiménez Albores
Universidad Autónoma de Chiapas
- Reubicaciones por desastres ante el cambio climático** 593
Gabriela Vera Cortés
Ecosur Unidad Villahermosa Aspectos Sociales
- Caracterización hidroambiental y corrección de los coeficientes de agostadero en función de la sequía meteorológica en el Estado de Sonora, México** 599
Leopoldo Villarruel Sahagún, Enrique Troyo Diéguez, Alejandra Nieto Garibay, Oscar Gutiérrez Ruacho, Gilberto Solís Garza y Bernardo Murillo Amador
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.



SECCIÓN III MITIGACIÓN

Energía eólica en el combate al cambio climático: Un área de oportunidad para la creación de capacidades tecnológicas en México	609
Raúl Arturo Alvarado López Facultad de Economía, UNAM	
Cambio de ruta para los residuos orgánicos	619
Víctor Manuel Angulo Correa, Ma. Rafaela Gutiérrez Lara y Alfonso Duran Moreno Facultad de Química, UNAM	
La Mecatrónica Verde como actor y la lucha contra el cambio climático como escenario	627
José Antonio Aquino Robles, Leonel Corona R., y C. Fernández Nava UPIITA Instituto Politécnico Nacional	
Las decisiones del mercado versus las decisiones en la lucha contra el cambio climático – una revisión desde la perspectiva del sector eléctrico	635
José Antonio Aquino Robles, Leonel Corona y C. Fernández Nava	
Territorio y transporte en las ciudades pequeñas	649
Bravo Grajales Emilio	
Inventario de emisiones de GEI 1990-2025 del estado de Tamaulipas	657
H. Calderón Zúñiga, S. Casas González, H. Cavazos Llitera, S. Treviño Garza Universidad Autónoma de Tamaulipas	
Escenarios de movilidad sustentable para disminuir el consumo de energía y mitigar las emisiones de GC y GEI en la ZMVM	665
Carlos Chávez-Baeza y Claudia Sheinbaum-Pardo	
ILUMÉXICO: Una joven empresa social mexicana	679
M.A. González Pacheco, G. Ruiz de Teresa Mariscal y M. Wiechers Banuet	
Cuantificación de Emisiones de GEI del ciclo de vida de dos alternativas de gestión de residuos municipales: co-procesamiento y relleno sanitario	685
Leonor Patricia Güereca Hernández y Claudia Roxana Juárez López Instituto de Ingeniería, UNAM	
Situación actual y escenario BAU de las emisiones de GEI del Estado de Campeche	691
Julio César Martínez, J. A. R. Uc, A. H. Mézquita y S. A. Cuenca, C. Uc Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Campeche	
Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana	701
Juan F. Mendoza Sánchez, Cindy Lara Gómez, Elia Mercedes Alonso Guzmán y Wilfrido Martínez Molina Instituto Mexicano del Transporte	
Cuantificación de emisiones gases de efecto invernadero de nueve escenarios de tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe	709
Adba Musharrافیe, P. Güereca, J.M. Morgan-Sagastume y A. Noyola Instituto de Ingeniería, UNAM	



Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero por el empleo de cimbra para las losas en el Estado de Chiapas	717
Moisés Nazar Beutelspacher, Gabriel Castañeda Nolasco y Teresa Argüello Méndez Universidad Autónoma de Chiapas	
Diseño y evaluación del sistema pasivo chimenea hidro-solar en prototipos de laboratorio	727
Haydee Pérez Castro, Jorge Flores González, Aida López Cervantes y Luis Manuel Pérez Sánchez Universidad Autónoma de Chiapas	
Los residuos sólidos urbanos y El Cambio Climático Antropogénico, Una aproximación en Yucatán	737
Rubi Elina Ruiz y Sabido y Adrián Contreras Manzanilla Universidad Autónoma de Yucatán	
Evolución de la restructuración de un Sistema de Vialidad	745
Liliana Eneida Sánchez Platas y Pavel Makagonov Universidad Tecnológica de la Mixteca	
SECCIÓN IV TEMAS TRANSVERSALES	
Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN)	753
I. Alcérreca-Corte, P. Balbontín-Durón, P. Hernández-Ávila, N. Hernández-Granillo, L. Mendoza-Barrón, H. Parra-Hernández y E. Villaseñor-Franco UNAM	
Diagnóstico de la cobertura de la COP16 en noticiarios mexicanos 2010: Un enfoque desde el periodismo de ciencia	761
Isela Alvarado-Cruz y Javier Cruz-Mena Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM	
Ordenamiento territorial y cambio climático	769
M.E. Ayala, A. M. A. Arteaga e Isaac M. R. Universidad Autónoma de Campeche	
El Cambio Climático en Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en México (OOAPAS)	775
Héctor David Camacho González y Ana Elizabeth García Salinas Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	
Ejes de la sustentabilidad	785
Cruz García Lirios, Javier Carreón Guillén y Jorge Hernández Valdés	
La historia ambiental como estrategia educativa para incentivar la cultura del agua	795
Leonardo Abraham González Morales	
Las tecnologías de la información y comunicación y el cambio climático	807
Randy Omar Gordoa Hernández y Leonardo Fidel Salinas Clemente Universidad Autónoma de Tamaulipas	



Educación ambiental en preescolar: el huerto escolar como una herramienta pedagógica para enfrentar el cambio climático	813
Virginia Isidro Vergara y Fermín Díaz Guillén Universidad del Desarrollo Empresarial y Pedagógico	
La restauración ecológica de ecosistemas tropicales. Propuesta de contenido para hacer un diagnóstico previo a implementar una respuesta a la mitigación de gases de efecto invernadero en el municipio de Pajapan, Veracruz, México.	821
Daniel Jarvio Arellano Fomento y Gestión a la Conservación del Desarrollo Ambiental Sustentable A. C.	
Xochimilco, barrios y asentamientos irregulares	831
Ricardo V. López Mera y Daniel Murillo Licea Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	
La dimensión política de la gestión del servicio público del agua en Paris y México, y sus respuestas a los desafíos futuros frente al cambio climático	841
Liliana López Zamora Universidad Paris, Pantheón-Sorbonne	
Energía y Medio Ambiente	855
Tahalia Elena Olivera Fujiwara Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM	
Marco legal aplicable en el proceso de evaluación de impacto ambiental de obras y actividades desarrolladas en el Distrito Federal	863
Rosa Aurora Osorio Orozco UNAM	
El capital sinérgico en el proceso de desarrollo endógeno territorial	877
Pérez Balcázar Anthony	
Desarrollo endógeno, territorio e individuo. Un desafío en el paradigma de la complejidad	887
Anthony Pérez Balcázar y Lizeth J. Salazar Paredes	
El capital social, en la solución al problema del cambio climático	899
Esteban Pérez Canales, Ana Ma. García López, y Bertha Guadalupe Pérez Rocha Universidad Juárez del Estado de Durango	
Desastre: cambio climático. ¿Educación ambiental un proceso de solución, o la inclusión del concepto medio ambiente? como justificación en el desastre del paraje Chichicarpa, en la comunidad San Nicolás Totolapan Magdalena Contreras D.F. (2012).	909
Moisés Salinas Zúñiga	
Percepciones del cambio en la variabilidad climática en dos comunidades Zoques de Chiapas, México	921
María Silvia Sánchez Cortés ¹ y Elena Lazos Chavero ² ¹ Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. ² Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM	
La importancia del medio ambiente en el mapa curricular	931
Virginia Sánchez Cruz, Gumersindo Vera Hernández y Gisela González Albarrán IPN-ESCOM	



- Análisis organizacional: racionalidad en organizaciones ambientales y educación** 937
Carlos Ernesto Simonelli Salimbene
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
- La percepción del cambio climático en adultos mayores, el caso de Veracruz.** 953
Felipe R. Vázquez Palacios, Rodrigo Tovar Cabañas, Edit Rodríguez Romero, Teresa Abraham Arano, Sandra Areli Saldaña Ibarra, Shany Arely Vázquez Espinosa y Adriana Ochoa Pumarino
Universidad Veracruzana

ANEXO I POSTERS

- Las selvas tropicales de México frente al cambio climático: modelado de la distribución geográfica potencial actual y futura de dos especies arbóreas.** 963
Osiris Aguilar-Romero, Claudia Ballesteros-Barrera y Gilberto Hernández-Cárdenas
Laboratorio de Manejo de Recursos Naturales. Departamento de Biología. División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- Estrategia Local de adaptación al Cambio Climático en zonas marinas y costeras del Caribe Sur de Costa Rica (ELACC)** 964
Oscar Aragon Merma, Petronila Colque Aguilar, Bertha L. Rosales Blas, Claudia Bouroncle Seoane y Alejandro C. Imbach Hermida
(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica)
- Gestión de residuos sólidos en Instituto de Educación Superior Centro Universitario Tampico Madero** 965
Enrique Ayala Piñeyro
Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Estudio de gases de efecto invernadero para el municipio de Victoria, Tamaulipas, México** 966
Humberto Calderón Zúñiga
Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Análisis de datos biofísicos como base para muestreos dendrocronológicos: caso de estudio Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (RBMM)** 967
Teodoro Carlon Allende¹, Manuel E. Mendoza Cantú¹, José Villanueva Díaz² y Diego Pérez Salicrup³
¹ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM
² Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (INIFAP)
³ Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM
- Obtención y caracterización del aceite de semillas de frutos de Chirimoya (Annona cherimolla) y su transformación a biodiesel** 968
Yanely Araceli De Jesús Romero¹, Benito Reyes Trejo³, Lino Joel Reyes Trejo¹, Antonio Reyes Chumacero², Diana Guerra Ramírez³ y María de la Cruz Espíndola Barquera⁴
¹ Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, UNAM
² Departamento de Fisicoquímica, Facultad de Química, UNAM
³ Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo
⁴ Fundación Sánchez Colín, Michoacán.



- Evaluación de parámetros bioquímicos en *Tillandsia sp* por la exposición a contaminantes atmosféricos en la región industrial Tula-Tepejí** 969
Samira Islas Valdez¹, Rosa Icela Beltrán Hernández², Ainhoa Arana Cuenca¹, Georgina Martínez Reséndiz², Sergio Alejandro Medina Moreno¹ y Carlos Alexander Lucho Constantino¹
¹ Universidad Politécnica de Pachuca.
² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
- Disputa por los recursos naturales en territorios indígenas en México: actores, movilización y criminalización** 970
Juana Martínez Reséndiz y Francly Sará Espinoza
Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM
- Estructuración de una base de datos de registro de presencia para la evaluación del impacto del cambio climático sobre los patrones de distribución de la herpetofauna en Michoacán** 971
Bisbrián Alheli Nava Gonzalez^{1,2}, Barush Alí Montejano Valdivia^{1,2}, Eduardo Mendoza¹, Ileri Suazo Ortuño² y Javier Alvarado Díaz^{1,2}
¹ Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMNSH
² Laboratorio de Ecología Animal, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UMNSH
- Obtención de biodiesel a partir del aceite de la semilla de *Annona Purpurea*** 972
Lizbeth Alejandra Olvera Garibay¹, Benito Reyes Trejo³, Lino Joel Reyes¹, Antonio Reyes Chumacero², Diana Guerra Ramírez³, José Alfredo Ríos Montejo⁴
¹ Departamento de Química Orgánica, Facultad de Química, UNAM
² Departamento de Fisicoquímica, Facultad de Química, UNAM
³ Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo,
⁴ SENASICA, Cintalapa, Chiapas.
- Eficiencias Límite en el uso de Cerámicos como secuestradores de CO₂ de fuentes antropogénicas** 973
J.B. Pérez-Navarrete
Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM
- Modelaje matemático de la influencia del CO₂ en el cambio climático tomando en cuenta el Secuestro de CO₂ por Feldespatos en los suelos** 974
J.B. Pérez-Navarrete
Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM
- El Agua como Factor de Desarrollo Sustentable ante Escenarios de Cambio Climático: Estudio de Caso Cuenca Río Guayalejo-Tamesí** 975
Lidia Rangel Blanco, Julio Cesar Rolón Aguilar y Juana Treviño Trujillo
Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Análisis de los efectos del cambio climático en la precipitación pluvial en el sistema lagunario del Río Tamesí** 976
Ruíz Maraboto, J., Rolón Aguilar, J. y Treviño Trujillo J.
Universidad Autónoma de Tamaulipas
- Manejo de residuos biológicos-infecciosos en instituciones de Educación Superior: Centro Universitario Tampico-Madero.** 977
Jaime Ataulfo Sánchez González



Universidad Autónoma de Tamaulipas

Cambio Climático y su Impacto en la Disponibilidad Hídrica de la Cuenca del Río Soto la Marina, Tamaulipas, México 978

Rocío del Carmen Vargas Castilleja¹, Julio Cesar Rolón Aguilar² y Juana Treviño Trujillo²
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Reutilización de Residuos Generados por la Demolición de Pavimentos de Concreto. Caso de estudio: En Zona Conurbada Tampico-Madero-Altamira 979

Vidal Acosta, A. Rolón Aguilar, J. y Treviño Trujillo, J.
Universidad Autónoma de Tamaulipas

ANEXO II DOCUMENTOS SEGÚN SEDE RECEPTORA

Sede Temática Estatal 981
Arquitectura y Urbanismo en el contexto de Cambio Climático
Universidad Autónoma de Chiapas

Sede Regional Noroeste 983
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM
Unidad Académica, Mazatlán, Sinaloa

Sede Regional Noreste 984
Facultad de Arquitectura "Arturo Narro Siller"
de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Sede Regional Centro 986
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Sede Regional Centro 988
Programa De Investigación en Cambio Climático de la
Universidad Nacional Autónoma De México



Presentación

Del 15 al 19 de octubre de 2012 se realizó el Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Este al igual que el primero, celebrado del 17 al 21 de octubre de 2011, fue convocado por el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM y en este esfuerzo se mantuvieron todas las instituciones académicas involucradas en la organización de la primera edición de este congreso.

Las instituciones a las que hacemos mención, son:

- El Programa de Cambio Climático del Instituto Politécnico Nacional (PINCC)
- El Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM)
- La Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM)
- El Instituto de Investigaciones Doctor José María Luis Mora (Instituto Mora)
- La Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT)
- El Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México (CVCCCM)
- La Red Universitaria de Cambio Climático (REDUCC)
- El Instituto Global para la Sostenibilidad del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México. (IGS)
- La Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP)

El IPN, la UACM y el IGS sesionaron en las instalaciones de sus instituciones académicas, mientras que el resto de los involucrados en la organización central sesionaron en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Buscando la institucionalización del evento se implementaron dos estrategias, en la fase operativa del Congreso en sus sesiones de la UNAM se trabajó en las instalaciones del Congreso celebrado un año antes; es decir se trabajó en los auditorios Tlayotli del Instituto de Geofísica, Julián Adem Chain del Centro de Ciencias de la Atmósfera y en el Nabor Carrillo de la Coordinación de la Investigación Científica.

La segunda estrategia fue el mantenimiento de todos los temas desarrollados durante la primera edición de este evento. Estos fueron:

- Mecanismos de Desarrollo Limpio
- Bonos de Carbono
- Adaptación
- Sustentabilidad en Condiciones de Cambio Climático
- Eventos Extremos
- Agua (Recursos Hídricos y Cambio Climático)
- Alternativas Energéticas
- Aspectos Jurídicos del Cambio Climático en México.
- Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones
- Aspectos Sociales (Comunicación, Educación, Identidad y Territorio)
- Gobernanza y Aspectos Políticos del Cambio Climático
- Cambio Climático y Periodismo Científico



- Economía Verde en México
- Salud
- Biodiversidad
- Seguridad Alimentaria (Agricultura)
- Evidencias Físicas y Biológicas del Cambio Climático
- Modelación Climática
- Vulnerabilidad de las Zonas Costeras
- Impactos Económicos
- Generación y Consumo de Energía
- Mitigación de Gases de Efecto Invernadero por Sectores y Fuentes.
- Modelación Económica
- Ordenamiento Territorial
- Percepción y comunicación del Cambio Climático

Los objetivos principales del congreso fueron:

Primero: Profundizar el conocimiento sobre la investigación que se realiza en México en el tema de Cambio Climático.

Segundo: Mantener y consolidar el Congreso como un espacio de interlocución entre los participantes y asistentes para crear sinergias multidisciplinares que ayuden a buscar alternativas de solución y formas de enfrentar el reto del Cambio Climático en nuestro país.

Tercero: Elaborar una memoria digital, que será entregada en marzo 2013 a los titulares de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Instituto Nacional de Ecología y el H. Congreso de la Unión, que diagnostique la agenda futura de investigación climática en México.

El objetivo número tres fue el más difícil de cumplir por un trío de circunstancias no ponderadas durante la fase de planeación del Congreso. La primera de ellas fue el cambio de las autoridades de la administración pública federal, cambios que no sólo se han dado en algunas de las cabezas principales de las Secretarías, sino en diversas áreas relacionadas con las funciones sustantivas que están relacionadas con la materia de este Congreso.

El segundo elemento no ponderado fue la relacionada con los tiempos de la administración pública; ya que al llegar la nueva administración, ésta tiene la responsabilidad constitucional de gestar y presentar la estrategia de desarrollo del país para el sexenio. Como es normal, muchas áreas de la administración pública se enfocaron en la tarea constitucional de elaborar el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, motivo por el cual los tiempos para interactuar con la academia interesada en el tema de Cambio Climático, en parte, se vio rebasada por los tiempos de la administración federal.

Finalmente y no por ello menos importante, los tiempos del arbitraje académico de los documentos que forman parte de esta memoria se vieron prolongados más de lo esperado. En ese sentido vale precisar que todos y cada uno de los documentos fueron sometidos a la revisión de pares académicos.

La modalidad operativa, en primera instancia, se desarrolló de la siguiente manera: los documentos compilados en la sede UNAM, fueron enviados a diversos árbitros en todo el país, los cuales dieron sus comentarios sobre



cada uno de los documentos enviados. Una vez superada la primera fase de lectura, el grupo académico principal del PINCC se dio a la tarea de hacer una segunda lectura a aquellos materiales que generaron comentarios contrarios en el primer arbitraje. En otros casos se hizo una lectura por especialistas en cada una de las áreas a las que correspondían los documentos. Una vez finaliza esta parte se enviaron comentarios a algunos de los autores que recibieron comentarios para mejorar los documentos.

Los documentos que llegaron del interior del país y de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, fueron sometidos a un primer proceso de arbitraje académico, el cual fue coordinado desde la recepción de los documentos en cuestión.

En esta fase es necesario destacar la coordinación del arbitraje realizada por cada una de las sedes, en la Sede Noreste el encargado fue el Dr. Gerardo Sánchez Torres Esqueda, en la estación Noroeste fue la Dra. Rosalba Alonso Aguilar, en la sede temática estatal quien coordinó el arbitraje fue el Dr. Gabriel Castañeda Nolasco y en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México esta coordinación fue ejercida por los doctores Laura Marina Aguirre Ramírez y Carlos Ernesto Simonelli Salimbene.

Cuando estas compilaciones llegaron al PINCC, fueron sometidos a una nueva revisión de pares. Por ello, aunque la revisión de pares es un primer filtro que ayudó a reducir el riesgo informativo en el contenido de cada documento, aun así los colaboradores de cada uno de los documentos son los responsables por lo contenidos publicados en esta memoria.

A pesar de las circunstancias antes descritas, para poder cumplir con el objetivo tres del congreso, se realizaron dos sesiones de trabajo a los que se invitó a los funcionarios públicos, la primera de ellas, el 19 de marzo y la segunda tuvo lugar el 19 de abril de 2013, ambas sesiones se realizaron en el Auditorio Nabor Carrillo y en ellas se dieron a conocer resultados del evento. En dicha sesión estuvieron involucrados académicos y funcionarios públicos federales y de la Ciudad de México.

Todo lo antes reseñado puede sintetizarse como aquello que la organización del Congreso buscó consolidar. No obstante, entre la planeación y realización del Congreso, de un año al otro, se presentaron diferencias sustantivas en la parte operativa.

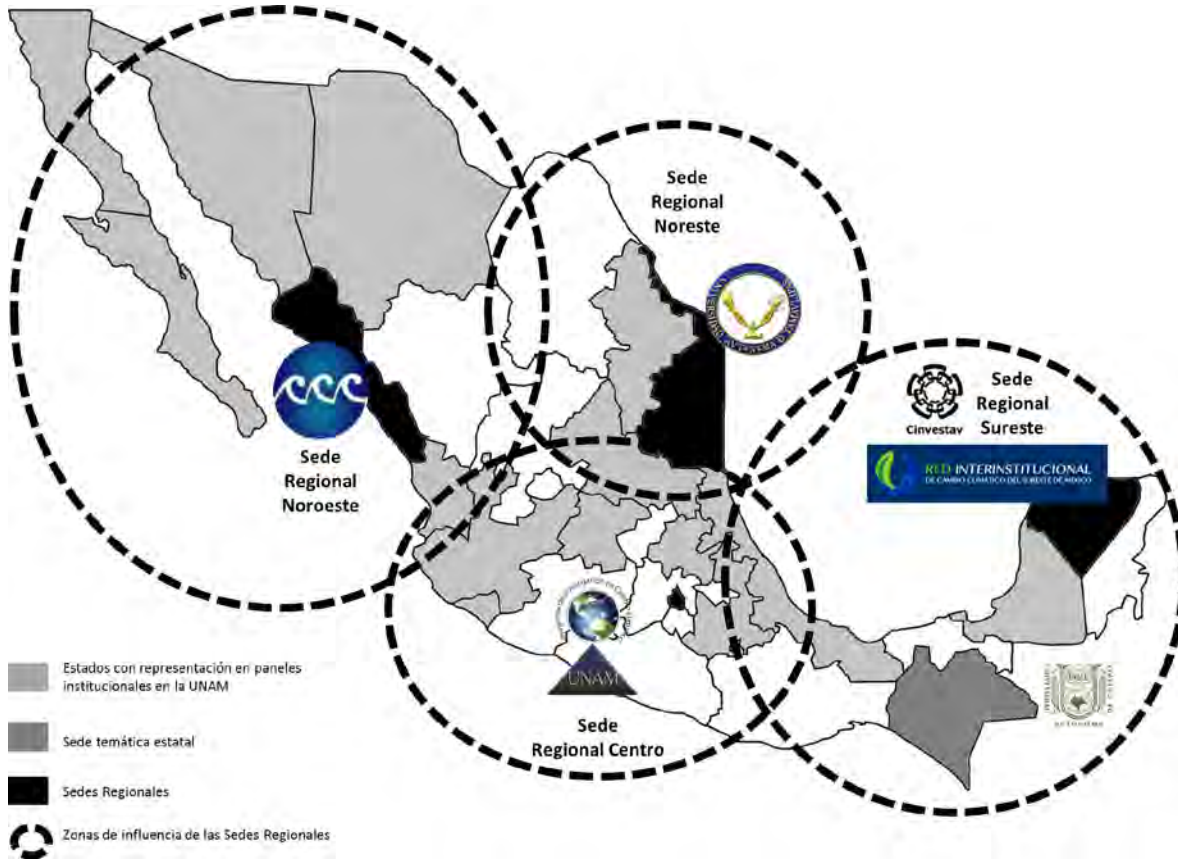
Para la segunda edición del congreso se buscó que el uso del concepto Nacional fuese algo más tangible que un adjetivo asociado a la presencia y esfuerzo organizativo de la UNAM y la participación significativa e importante del Instituto Politécnico Nacional, sino que se buscó que todo el país, o la mayor cantidad de estados de la República pudieran contar con participación en el evento.

Por lo cual, el Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático innovó en lo que se refiere a la instrumentación y llevó al congreso al interior del país. (Ver Mapa 1) Para ello, la organización académica principal se transformó, conjuntamente en la Sede Centro del Congreso, se abrieron sedes de trabajo en el interior del país en el Noreste, Noroeste y Sureste, así como una sede temática en la Universidad Autónoma de Chiapas.



La Sede Regional Noreste sesionó en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller" de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. La Sede Regional Noroeste sesionó en las instalaciones de la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Finalmente, la Sede Regional del Sureste sesionó en la Ciudad de Mérida, Yucatán y se valió de la integración y participación de la Red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste.

Mapa 1. Esquema operativo del Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático



Fuente: Elaboración propia

Se establecieron las Sedes Regionales debido a que durante la edición 2011 del congreso, se identificó que algunos de los ponentes no pudieron conseguir los financiamientos necesarios para sufragar los costos de traslado y hospedaje a la Ciudad de México. En función de ello, se buscó que los ponentes no salieran de las regiones para poder participar en el congreso, a la par, se buscó que los tiempos de traslado se redujeran y con ello poder garantizar la participación y asistencia al evento.

Es necesario mencionar, que ello derivó en una tarea de coordinación amplia, debido a que los ponentes que ya habían sido aceptados, sobre todo en la región centró, re dirigidos para poder realizar sus ponencias en algunas de las sedes regionales que fueron abiertas; precisamente para dar respuesta a situaciones como las



previamente reseñadas. Es pertinente destacar que los coordinadores de cada una de las regiones mostraron la mayor apertura para ayudar a resolver estas problemáticas y mostraron una disposición amplia al dar entrada en sus programas regionales a aquellos ponentes que solicitaron no viajar hasta el DF.

Uno de los elementos que permitió que la participación en cada una de las sedes tuviera la misma oportunidad de reconocimiento fue que para esta Segunda Edición del Congreso se homologaron desde el logotipo del evento, los personalizadores y las constancias de participación y asistencia, así como los utilitarios del evento.

Cada una de las sedes formó un Comité académico y organizativo que trabajó en la idea de la independencia de su sede, pero siempre en comunicación constante con el PINCC. De hecho, muestra de este esfuerzo de organización es que la página principal del evento (www.pincc.unam.mx/congresonacional2012) están alojados los materiales que fueron enviados desde las Sedes Regionales y en los medios impresos regionales y de circulación nacional, e incluso internacionales se pueden encontrar referencias a lo sucedido en dicho evento.

En aras de lograr la integración académica del país en torno a un mismo tema, en la Sede Central se convocó a diversas universidades y centros de investigación para que presentaran en las instalaciones de la UNAM paneles institucionales que sirvieran como escenario para que cada una de ellas diera a conocer sus aportaciones recientes en la materia.

De esa manera, en la UNAM, se presentaron los siguientes paneles institucionales:

- Universidad Autónoma de Campeche
- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
- Universidad de Colima
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
- Universidad Autónoma de Nayarit
- Universidad de Sonora
- Universidad Veracruzana
- El Colegio de la Frontera Norte
- Universidad de Guanajuato
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste
- Universidad Iberoamericana Puebla
- Universidad de Guadalajara
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Tecnológica de Jalisco
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

Como es normal suponer el número de personas involucradas en la organización creció significativamente. A continuación mencionamos a las personas involucradas en la organización y que son, todas y cada una de ellas, corresponsables de lo sucedido en el Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático.



En la Sede Temática Estatal Chiapas que sesionó en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Chiapas colaboraron el Dr. Gabriel Castañeda Nolasco (Coordinador) y el Comité académico estuvo formado por los doctores Raúl Pável Ruiz Torres y Wilder Álvarez Cisneros así como por los maestros José Luis Jiménez Albores, María de Lourdes Carpy Chávez, Ruber Trujillo Samayoa, Carlos O. Cruz Sánchez y Víctor Hugo Andrade Martínez.

En la Sede Regional Noroeste, Mazatlán, Sinaloa, Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, colaboraron el Dr. Samuel Gómez Noguera (Coordinador), la Dra. Rosalba Alonso Rodríguez (Asiste de la Coordinación) y el comité académico estuvieron conformado por los doctores Ana Carolina Ruiz Fernández, Alberto Abreu Grobois, José Luis Carballo Cenizo, Guillermo Fernández Aceves y las Maestras en Ciencias Raquel Briseño Dueñas y María de los Ángeles Herrera Vega

En la Sede Regional Noreste, ubicada en Tampico, Tamaulipas y que sesionó en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller” de la Universidad Autónoma de Tamaulipas colaboraron en la organización el M.I. Roberto Pichardo Ramírez (Director de FIANs), la M. en I. Juana Treviño Trujillo (Responsable de la coordinación), el Dr. Julio C. Rolón (Director General Enlace UAT), el Dr. Gerardo Sánchez (Director General Enlace PINCC-UNAM).

En el Comité académico de la Sede Regional Noreste participaron los doctores Sergio Jiménez Hernández, Dora M. González Turrubiates y Gabriel Arcos Espinosa. Por su parte en el Subcomité de Evaluación de Ponencias participaron los doctores Gabriel Chavira Juárez, Óscar Laureano Casanova, Teresa Guzmán Acuña, Elvia Arana Rodríguez, Elvira Rolon Aguilar, Rodolfo Garza Flores, René Bernardo Elías Cabrera Cruz, Marco Ulloa Torres y Rogelio Ortega Izaguirre. La logística, promoción y difusión regional estuvo a cargo de los maestros Rodrigo Pichardo Ramírez y Ricardo Tobías Jaramillo y las maestras Lisset Alva Rocha y Rocío Vargas Castilleja

En la Sede Regional del Sureste, Mérida Yucatán, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-Mérida) Red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste la coordinación estuvo a cargo del Dr. Víctor Vidal Martínez y la M en C Emma Alonzo Marrufo.

El Comité Académico de la Sede Regional del Sureste estuvo conformado por el Dr. Víctor Vidal Martínez (CINVESTAV-IPN Mérida), Dr. Ricardo Torres Lara (Universidad de Quintana Roo), Dr. Daniel Pech Pool (Universidad Autónoma de Campeche), Dr. Jorge Herrera Silvera (CINVESTAV-IPN Mérida), M.C. Víctor Miranda Soberanis (Universidad de Quintana Roo), Dra. Pricila Sosa Ferreira (Universidad del Caribe), Dra. Leopoldina Aguirre Macedo (CINVESTAV-IPN Mérida), M.C. Jennifer D. Ruíz Ramírez (Universidad de Quintana Roo) y Dra. Lilly Gama campillo (Universidad Autónoma de Tabasco). La asistencia de logística en esta sede regional fue realizada por Carla María Cal Durán, Sunny Massiel Sánchez Góngora, Efraín Marvi Sarabia Eb, Claudia Irene Centurión Fernández, Daniel Aguirre Ayala, Mariana Libertad Santana Cisneros y Nuyen Basterrachea Morales.

Con respecto a la Sede Central, la coordinación de las instituciones convocantes fue realizada por Dr. Simone Lucatello (Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora), Mtra. Estrella Burgos y Mtra. Ana Claudia Nepote por la (Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica A.C.), Mtra. Marcela López Vallejo-Olvera (Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla), Dr. Sergio Ramos (Instituto Tecnológico Autónomo De México), Dra. Isabel Studer Noguez (Instituto Global para la Sostenibilidad, Tec de Monterrey,



Campus Ciudad de México), Dr. Víctor Manuel López López (PROCLIMAS, IPN Zacatenco) y de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México la Dra. Laura Aguirre y los doctores Carlos Chávez Baeza, Carlos Simonelli y Hans Dieleman.

Dra. Shafía Súcar S. (Directora de Medio Ambiente y Sustentabilidad de la Universidad de Guanajuato), por la Universidad Autónoma de Campeche el Dr. Otto Ortega Morales y M en C Guillermo J. Villalobos Zapata. El Dr. Victoriano Garza Almanza (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez) la Dra. Sara Cecilia Díaz Castro (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste), el Dr. Apolonio Juárez (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla) el Dr. Ignacio Guillermo Galindo Estrada (Director del Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias del Ambiente, Coquimatlán, de la Universidad de Colima), Dr. Numa Pavón (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo).

Además el Dr. Benjamín Ortiz Espejel (Director de Investigación y Posgrado de la Universidad Iberoamericana Puebla), Dra. Valentina Davydova (Universidad Autónoma de Guadalajara), Ana Eugenia Romo González (Academia de Investigación de la Universidad Tecnológica de Jalisco), Dr. Humberto Reyes (Coordinación de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí), el Dr. Carlos Lizárraga Celaya (Departamento de Física de la Universidad de Sonora) el Dr. José Irán Bohórquez Serrano (Universidad Autónoma de Nayarit) y el Dr. Adalberto Tejeda Martínez (Universidad Veracruzana)

Dr. Federico Graef Ziehl, director general del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, en conjunto con la Dra. Teresa Cavazos, coordinaron la participación del CICESE en el Congreso. El Colegio de la Frontera Norte coordinó su participación institucional entre su presidente, el Dr. Tonatiuh Guillén López y la Dra. Gabriela Muñoz Meléndez. Finalmente el Dr. Mauricio Alcocer Ruthling junto con el Dr. Oscar Aguilar y el Fís. Alejandro Solís, coordinaron la participación del Centro de Energía Renovable de la Universidad Autónoma de Guadalajara.

En el comité de trabajo de la UNAM, colaboraron la Dra. María Amparo Martínez Arroyo (Directora del Centro de Ciencias de la Atmósfera) la Dra. Elva Escobar Briones (Directora del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología), la Dra. Verónica Villarespe Reyes (Directora del Instituto de Investigaciones Económicas), el Dr. Claudio Estrada Gasca (Director del extinto Centro de Investigación en Energía), la Mtra. Mireya Ímaz Gispert (Directora del Programa Universitario de Medio Ambiente), el Dr. Fernando González Villarreal (Coordinador de la Red del Agua de la UNAM), la Mtra. Malinali Domínguez Mares (Coordinadora operativa de la Red del Agua de la UNAM).

También colaboraron el Dr. Armando Sánchez Vargas (Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas), el Dr. Enrique Martínez Meyer (Investigador del Instituto de Biología), la Mtra. Ana Rosa Moreno Sánchez (Profesora e Investigadora de la Facultad de Medicina), el Dr. Gian Carlo Delgado Ramos (Investigador del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades), el Dr. Daniel Rodríguez Velázquez (Profesor e Investigador de la Escuela Nacional de Trabajo Social), el Mtro. Javier Urbina Soria (Profesor e Investigador de la Facultad de Psicología), la Mtra. Angelina Cos Gutiérrez (Coordinadora Operativa del Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad) el Dr. Benjamín Martínez López (Investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera), la Mtra. Ana Beristaín (Programa Universitario de Medio Ambiente), el Dr. Alfonso Vázquez Botello (Investigador del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Ciudad Universitaria) y la Lic. Verónica Miranda Estrella (Coordinadora de la Red Universitaria de Cambio Climático)



En la sede Ciudad Universitaria de la UNAM en el apoyo logístico participaron la Srita. Claudia Sánchez Gallegos (Asistente operativa), la L. C. Lidia Barrera Sánchez (Asistente administrativa) la Srita. Irais Salas Quiñonez, la Lic. Abril Ariana Pérez Canales, la Srita. Lilly Wence, Srita. Viviana Lazcarro Robledo, la Lic. Cinthya Sánchez Quiroz, el Lic. Yair Puente Martínez (Web master), la Lic. Daniela Salinas Morales (diseño gráfico) y el Técnico Roelof Van Der Putten Colin (Seguridad en sistemas computacionales)

Es de interés de los organizadores, que el Congreso Nacional de Investigación de Cambio Climático se consolide como el evento más importante en la temática en México, para ello, la filosofía que se ha impulsado desde la UNAM es la del acompañamiento de otras entidades académicas, en lo cual de manera explícita se encuentra el reconocimiento a las actividades realizadas en los planos académicos regionales y estatales. Buscando que se sumen cada vez mas académicos e instituciones a este esfuerzo transdisciplinario e institucional de alcance Nacional.



Introducción

Las memorias del Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático (SCNICC) se conforman de dos documentos de carácter regional. El primero de ellos presenta las deliberaciones grupales y las conclusiones de la Sede Regional Sureste, que fue coordinada por Víctor Vidal. El segundo documento da cuenta de la deliberación del panel de expertos que sesiono en la Sede Regional Noroeste.

Posteriormente se encuentran 98 artículos que fueron presentados en diversas sedes del Congreso. Para la formación de esta memoria se realizó un ejercicio de integración por lo que los documentos no se presentan en bloques de carácter regional sino que éstos han sido ubicados en cuatro grandes segmentos.

Los primeros de ellos responden a las delimitaciones conceptuales que conforman los grupos de trabajo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y un cuarto segmento denominado “Temas transversales” que son todos aquellos temas que por su contenido y enfoque no entran en los segmentos denominados “Sección I Bases Científicas”; “Sección II Impactos, vulnerabilidad y adaptación”, y “Sección III Mitigación y escenarios de emisiones”.

En la parte final de estas memorias se encuentra un anexo en el que se presentan los posters que fueron exhibidos en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y en el lobby del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, así como un listado en el que se presentan la relación de los documentos de esta memoria de acuerdo a la sede receptora.

La primera sección de estas memorias se denomina “Bases Científicas” y está conformada por 15 documentos.

El primer documento de esta sección se llama “*Los modelos biofísico-económicos: una respuesta a la necesidad de una evaluación integral de la seguridad alimentaria*” presentado por Jorge Alejandro Adame Garza, César Arturo Hernández Barraza, Jorge Loredó Osti y David Gilberto López Cantú. El documento presenta resultados de la aplicación del Sistema de Modelación de los Impactos del Cambio Climático en la Agricultura, el

cual representa una solución al problema de la seguridad alimentaria, al constituirse por modelos que atienden a la disponibilidad y estabilidad de la seguridad alimentaria. Los autores, para poder incorporar las dimensiones de accesibilidad y utilización, alimentaron el modelo con la información generada por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición y la Medición Multidimensional de la Pobreza.

En segundo lugar se encuentra el documento “*Modelación de la disponibilidad del agua en la cuenca del río Los Hules considerando el impacto del Cambio Climático*”, presentado por Lizbeth Álvarez Guillermo y Juana Treviño Trujillo, en el cual las autoras señalan que la simulación climática actualmente es una herramienta útil para obtener un panorama sobre el impacto, la adaptabilidad y la vulnerabilidad ante cambios futuros, realizados a diferentes escalas. En éste se modela la disponibilidad del agua en la cuenca del río Los Hules; considerando los efectos del Cambio Climático que muestra el impacto en la región, se descubre una parte vulnerable y se expone al público para encontrar acciones de adaptabilidad.

En tercer lugar, bajo la autoría de Saúl Álvarez-Borrego, se encuentra el documento “*Seawater-air CO₂ exchange in the Gulf of California*”, presentado por del Departamento de Ecología Marina del CICESE, el autor señala que el sistema de surgencia costera está sobresaturado de CO₂ con respecto a la atmósfera. Considerando que el Golfo de California es un sistema surgencia costera, y cuenta con un fuerte proceso de mezcla, como principal mecanismo de fertilización, en lugares como la región media de las islas. El estudio de este tipo de surgencias marinas, en el contexto de cambio climático es importante porque ello ayudara a entender las características y modificaciones de los océanos en la vida marina.

Posteriormente Luis Brito Castillo del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Unidad Sonora presenta el documento “*Tendencias históricas observadas en lluvias y caudales en México: ¿indicaciones de un clima cambiante?*”, El autor señala que entre 1920 y 2008 México ha experimentado un decremento generalizado en las



precipitaciones medias acumuladas de todo el año y específicamente en el verano, siendo las áreas más afectadas las localizadas en la vertiente del Golfo de México y sobre la cuenca alta del río Lerma en el centro de México, ésta conclusión presentada por Brito Castillo se derivó del análisis de registros históricos de 1,161 estaciones climatológicas y 141 estaciones hidrométricas.

Roberto Cortés Altamirano y Rosalba Alonso Rodríguez, investigadores del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Unidad Académica Mazatlán presentaron el documento “*34 años (1979-2012) de registros de florecimientos algales nocivos (FAN).*” Los florecimientos algales generalmente son benéficos y activan la cadena alimenticia en los cuerpos acuáticos, en algunas zonas son perceptibles a simple vista por el cambio de color que provocan en el agua, motivo por el cual se les conoce como “mareas rojas”; algunos son formados por especies que provocan daños a otros organismos, ya sea por alta biomasa o por producir toxinas; estos casos forman parte de los Florecimientos Algales Nocivos (FAN) o Harmful Algal Bloom (HAB). En la bahía de Mazatlán se han realizado observaciones diarias para detectar la presencia de estos cambios de color y paralelamente se lleva a cabo un monitoreo de agua de algunas variables de calidad y de la composición del fitoplancton; dichos registros de FAN iniciaron en 1979, cuando ocurrió una intoxicación por PSP al consumir almejas contaminadas por *Gymnodinium catenatum*, a partir de entonces, se puso en marcha un programa de monitoreo por la UNAM, cuyo objetivo es evaluar los florecimientos microalgales nocivos, el cual está vigente hasta la actualidad.

En el sexto lugar Mayra Cruz González, Raymundo Lecuanda Camacho y Mario Arturo Ortiz Pérez, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, presentan “*Variaciones estacionales en la línea costera entre el Canal de Cuatla y el Estero de San Cristóbal, Nayarit.*” Este documento explora los mecanismos de funcionamiento en la evolución de la línea de costa del frente deltaico Santiago-San Pedro, para de esa manera elaborar una explicación preliminar sobre las probables consecuencias de la interacción entre la población y los ambientes costeros en el área de estudio. Por ello, con el objetivo de conocer algunas de las probables causas de los cambios en la posición de la línea de costa en este sistema fluvio-deltaico, en julio de 2010 y febrero de 2011, se levantaron perfiles de playa en 17 estaciones y, para calcular la velocidad

de desplazamiento de la franja costera en los últimos 41 años, se emplearon los métodos de transectos y de tasa de punto final. La importancia de este estudio radica en generar el conocimiento de los mecanismos que afectan el sistema costero; es difícil atribuir el origen de las causas que están generando procesos de escala global, como el cambio climático, y es más complicado aún hacer predicciones sobre su evolución.

En séptimo lugar se encuentra el documento “*Estudio del Cambio Climático generado por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí*”, presentado por David Enrique Flores Jiménez, Marcos Algara Siller y Cecilia Barrera Gutiérrez de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, este es un estudio del Cambio Climático a escala regional y presenta los resultados de las emisiones a la atmósfera de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) generados por las actividades agrícolas y ganaderas en el estado de San Luis Potosí que fueron calculadas utilizando los factores de emisión propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC). Posteriormente, los autores proponen una metodología para estudiar la dinámica en la atmósfera de dichos gases, incorporando las características del sitio de estudio como: parámetros meteorológicos, cubierta vegetal, topografía y tipos de fuentes de emisión con el objeto de caracterizar adecuadamente al estado de San Luis Potosí.

En el siguiente lugar se encuentra el documento denominado “*Boletín de temperatura y salinidad superficial del mar de las costas del Golfo de México y Mar Caribe mexicanos*”. Éste es de la autoría de Mario Gómez Ramírez, del Grupo Geografía Global de la Universidad Veracruzana. El documento es una propuesta para la elaboración de un boletín diario que contenga el seguimiento de la temperatura y anomalía de la superficie del mar, así como de la salinidad. En este caso, se incluyen dieciséis sitios de referencia localizados a lo largo de la línea de costa entre el golfo de México y mar Caribe mexicanos. Contiene información de cada uno con datos puntuales de las variables que se obtienen mediante el análisis e interpretación cartográfica obtenida del Centro de Modelado de la Marina del Medio Ambiente del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos de América y del Laboratorio de Investigación de la Naval.



“Vulnerabilidad de las zonas costeras. Distribución de la precipitación diaria que originó el huracán “Dean” en el espacio marino y continental de la República Mexicana en el 2007” es el título del noveno documento de esta sección y es de la coautoría de Mario Gómez Ramírez y Karina Eileen Álvarez Román. El objetivo de este documento es mostrar diariamente la cantidad de precipitación originada por la trayectoria del huracán tipo Cabo Verde “Dean” tanto en los litorales del Mar Caribe, Golfo de México y en la parte continental del país, para lo cual se hizo uso de la interpretación y el análisis cartográfico obtenido del Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center de la NASA.

En el décimo lugar está el instrumento *“Aplicación del proceso analítico jerárquico en la gestión del agua en la subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí”* su autor principal es Gabriel Gonzáles Turrubiates. En este documento se menciona que la aplicación de la herramienta matemática denominada Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) en el caso del Programa de Gestión del Agua en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí, surgió de la necesidad de integrar y jerarquizar los programas de trabajo y proyectos identificados por el Grupo Especializado de Trabajo del Sistema Lagunario del Río Tamesí, en el año 2004 con las acciones y proyectos específicos de la Agenda 2030 de la Comisión Nacional del Agua. De ese estudio se identificaron seis ejes rectores de gestión y una lista de dieciocho estudios y proyectos a desarrollar en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí. Más allá de los elementos de carácter técnico el documento concluye que para alcanzar el desarrollo de los proyectos se requiere de la participación y acción coordinada de los tres niveles de gobierno, de los usuarios de agua, de los principales actores económicos que operan dentro de la cuenca y de la sociedad civil en general.

En el siguiente lugar se encuentra el documento *“Aplicación de modelos de nicho ecológico en la especie Pinus Hartwegii Lindl bajo escenarios de Cambio Climático en México”*, presentado por José Jiménez López en coautoría con Maricela Hernández Vázquez, María de Lourdes Nieto Pérez, José Luis Martínez y Pérez, María del Carmen Corona Vargas, Jorge Tilayatzí Cocoléti, Hermila Orozco Bolaños y Guillermina García Juárez del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, los autores mencionan que el nicho ecológico de una especie existe cuando las condiciones ambientales son las adecuadas para que ésta misma se

desarrolle. En este estudio se presentan los resultados de la modelación de la distribución potencial de la especie *Pinus hartwegii* Lindl, con las variables bioclimáticas actuales utilizando el modelo MaxEnt, bajo los escenarios climáticos para los años 2030 y 2050 del grupo A1B2.

En doceavo lugar se encuentra el documento *“Identificación de escalas decadales de la variabilidad de series de tiempo de días consecutivos secos/húmedos del Altiplano mexicano”* de la autoría de Tomás Morales Acoltzi, Víctor Magaña y Rogelio Bernal Morales. Los autores investigan las tendencias de días con temperatura elevada buscando una posible firma del cambio climático en los periodos base: 1961-1990 y 1991-2010, para identificar variabilidad decadal; para ello analizan series de tiempo de registros diarios de precipitación, hacen énfasis en los índices de días consecutivos secos y días consecutivos húmedos, de acuerdo a las salidas de RCLimDex. Los resultados de los autores, muestran un comportamiento diferenciado, mostrando la importancia de lo local, por lo que sus resultados no son concluyentes.

En el siguiente lugar está el documento denominado *“Ingeniería de métodos aplicada para el diseño de un aerogenerador de bajo costo”*, presentado por Azahel Treviño Villegas y coautores. Este documento se encuentra en el área de las alternativas energéticas; sin embargo, está en ésta sección porque hace uso de la ingeniería de métodos, tomada como base para la planificación de su construcción y ensamblaje de manera sencilla y segura, para con ello generar una propuesta ingenieril que sirva para generar energía eólica en la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

El siguiente documento se titula *“Desbalance hidrológico y brecha hídrica en cuencas de zonas áridas de Baja California Sur, Noroeste de México”*, y es de la autoría de Enrique Troyo-Diéguez en colaboración con Sara C. Díaz-Castro, Arturo Cruz-Falcón, Mariano Norzagaray-Campos y Raúl López-Aguilar todos ellos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. El documento hace referencia a las condiciones de temperatura de Baja California Sur y su objetivo es cuantificar el desbalance hídrico en el estado así como sus escenarios en el contexto de cambio climático. Por ello, con los valores de temperatura y precipitación correspondientes a diferentes escenarios de cambio climático para cuatro estaciones, y mediante una modificación escalar del Índice de De Martonne,



calculan los índices de disponibilidad y sequía hidroambientales, ambos datos se aplicaron para estimar la brecha hídrica estandarizada y con ello cuantificar el déficit hídrico.

El último trabajo de esta se primer sección se llama "*Distribución de las variables físicas, químicas y biológicas en dos transectos del Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS)*" y tiene como primera autora a Irene Vázquez-Martínez y un amplio grupo de colaboradores, todos ellos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del IPN-Sinaloa. Los autores parten de una premisa: la producción de materia orgánica en los océanos es realizada por el fitoplancton cuya variabilidad espacio-temporal depende de las condiciones ambientales, así como de los procesos físicos de mesoescala. Este documento da a conocer los resultados de una estancia de investigación en un crucero donde se obtuvieron datos de verticales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y alícuotas para así determinar la concentración de clorofila-*a*, nutrientes inorgánicos disueltos ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) y fitoplancton de diferentes profundidades en el Sistema Frontal de Baja California Sur y ver como se han afectado estos indicadores.

La segunda sección de estas Memorias está conformado por las tres grandes áreas analíticas del Grupo de Trabajo II del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y, por tanto, se denomina: Impactos, vulnerabilidad y adaptación.

El primer segmento de esta sección es la de impactos y el primer documento se denomina "*Impacto Ambiental asociado a la producción de la vivienda progresiva popular en Tuxtla Gutiérrez*" y es de la autoría de Teresa del Rosario Argüello Méndez, investigadora de la Universidad Nacional Autónoma de Chiapas. En este documento se presentan los resultados de la evaluación del impacto ambiental asociado a la producción de los materiales de construcción empleados en la estructura permanente de la vivienda progresiva popular en los asentamientos irregulares en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; como resultado se presenta una aproximación suficiente de los impactos asociados al sistema del producto que sirve para generar bases de datos representativas de las condiciones de producción en el sitio de estudio.

En segundo lugar, José Alfredo Arreola Lizárraga, Elia Inés Polanco Mizquez, María Sara Burrola

Sánchez, Gustavo Padilla Arredondo y Sara Cecilia Díaz Castro del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., presentan el documento "*Análisis preliminar de los impactos en la zona costera de Sonora por efecto del Cambio Climático*". Una de las primeras tareas de este documento es la delimitación y regionalización de la zona costera del estado de Sonora para hacer un análisis preliminar de los impactos asociados a los efectos del cambio climático. Esta zona del país, al momento, no cuenta con los datos suficientes para indicar una tendencia de incremento o descenso del nivel medio del mar. Sin embargo, dicen los autores, en el caso de un hipotético incremento del nivel medio del mar, las zonas más vulnerables de Sonora serán los Deltas Yaqui y Mayo ubicados al sur, el área de bahía Kino en el centro y el Delta del río Colorado al norte.

"*El Impacto del Manejo del Territorial en el Cambio Climático*" es el título de la contribución del Dr. David Barkin, profesor e investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana. El Dr. Barkin enfoca su contribución en el tema del ordenamiento territorial y en el que el académico, señala que se puede trazar con cierta confianza dos problemas agudos derivados del cambio climático: la primera de ellas es una deficiencia sustancial en la producción nacional de alimentos; y, la segunda, un desplazamiento masivo de población de los litorales hacia el interior del país. Estas dos dimensiones sirven para ilustrar la gravedad de la amenaza que se ha construido a raíz de políticas equivocadas.

Gastón A. Bazzino Ferreri, Salvador E. Lluch-Cota y Fernando Aranceta investigadores del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste presentan el documento intitulado "*Identificación de las especies de peces con mayor vulnerabilidad al calentamiento global en cuatro ecosistemas marinos costeros de la Península de Baja California*". Los autores sostienen que uno de los retos que enfrenta la ecología moderna, como ciencia, es participar en el difícil balance entre el uso de los recursos naturales y la preservación de nuestro entorno natural. Para lograr esto, resulta indispensable contar con evaluaciones objetivas de la biodiversidad de los ecosistemas y conocer sus interacciones con el funcionamiento y vulnerabilidad de estos. Este documento, se precisa, usa solo la temperatura como factor ambiental para estudiar la vulnerabilidad de las especies frente al efecto del calentamiento global (impacto sobre el nicho térmico), debido a que muchos organismos ya viven en el límite de su tolerancia térmica, en



consecuencia el calentamiento podría afectar negativamente su desempeño y sobrevivencia.

En la quinta posición se encuentra el documento "*Perspectivas del impacto del Cambio Climático en el patrimonio cultural edificado de Campeche*", y es presentado por un grupo de investigadores del Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología de la Universidad Autónoma de Campeche y es una aportación encabezada por Benjamín Otto Ortega Morales. Este documento puede ser sintetizado como una provocación intelectual; ya que los autores parten de señalar que la mayoría de los esfuerzos para comprender los efectos del cambio climático se han enfocado en comunidades de plantas y animales. Por ello, los autores concluyen que se requiere de una investigación interdisciplinaria que proporcione una mejor comprensión de los impactos potenciales del cambio climático sobre el patrimonio histórico y cultural campechano. El documento que se presenta en esta Memorias, es un primer acercamiento al tema.

En sexto lugar se encuentran Elizabeth Jiménez-Trejo y Alejandra Castro-González del Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con el tema "*Impacto económico y ambiental en el aprovechamiento de residuos líquidos en rastros*". Las autoras presentan resultados del tratamiento anaerobio de aguas residuales de un rastro y su generación de energía eléctrica y térmica a partir de biogás. En este estudio se propone un tren de tratamiento para procesar 450 m³/día de agua residual de un rastro, que está actualmente en construcción en el municipio de Mexicaltzingo, Estado de México. El estudio fue financiado por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO-SAGARPA)

Del Campus Salamanca de la Universidad de Guanajuato, Luis Felipe Ramírez Santoyo, Eduardo Salazar Solís y Sandra Flores Mejía presentan "*Efectos del Cambio Climático sobre el rendimiento de los cultivos agrícolas*". Los autores señalan que en este momento existe la apremiante necesidad de producir alimentos para una población creciente y esto debe hacerse con la debida cantidad, calidad, oportunidad, e inocuidad. Sin embargo, una limitante son los pocos recursos naturales disponibles a lo que hay que agregar los impactos del cambio climático en el sector agrícola.

En octavo lugar Romeo Saldivar-Lucio, Christian Salvadeo, Daniel Lluch-Belda y Héctor Villalobos, de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, presentan el documento se llama "*Proyecciones de la captura de sardina monterrey en la Costa Occidental de Baja California y el Golfo de California*". En este documento, los autores presentan resultados del análisis de la relación entre la captura de sardina monterrey y la variabilidad cíclica del ambiente. Con dichos resultados, los autores realizan proyecciones basando así el pronóstico de largo plazo en el comportamiento histórico.

El noveno documento de este segmento se llama "*Variabilidad de media y baja frecuencia en el Pacífico mexicano, sus efectos ecológicos y su importancia en los pronósticos climáticos de largo plazo*" de la autoría de Christian Salvadeo, Romeo Saldivar-Lucio, Héctor Villalobos y Daniel Lluch-Belda de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En su trabajo, los autores describen la variabilidad climática natural de media y baja frecuencia presentes en los mares mexicanos, con especial énfasis en aguas del Pacífico. La importancia del estudio es que este grupo de investigadores ofrecen una posibilidad de pronóstico a largo plazo, lo que potenciaría la capacidad de manejo de los recursos marinos y el cuidado de los recursos naturales.

Ignacio Sánchez Rodríguez, Margarita Casas Valdez y Alberto Sánchez, investigadores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, presentan el documento "*El efecto del huracán Juliette sobre la comunidades algales marinas del complejo insular del espíritu santo en la bahía de la Paz, Baja California Sur, México*". Los autores presentan una estimación del efecto del paso del huracán *Juliette* en la comunidad algal del complejo lagunar. Los resultados confirman que las fuertes lluvias y el oleaje del fenómeno ciclónico impactaron de manera negativa las comunidades de macroalgas al registrar un decremento significativo en el número de especies. La importancia de este artículo se centra en una discusión puntual: el impacto de los huracanes en el contexto del calentamiento global.

En el onceavo lugar, Martín Soto Jiménez de la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, presenta el documento "*Implicaciones del Cambio*



Climático a la salud pública con énfasis en Sinaloa, México". Por su situación geográfica y sus características socioeconómicas México es un país muy vulnerable al cambio climático, en particular la población que vive en las zonas costeras, en las serranías y en las megaciudades o que dependen básicamente de actividades primarias, y/o que viven en regiones con sobreexplotación de recursos naturales o con contaminación ambiental. En ese entendido, urge tomar acciones inmediatas para reducir las emisiones de los GEI, y poner en marcha planes de adaptación al cambio climático para mitigar sus efectos. Teniendo dicha premisa como fondo, se requiere investigar la magnitud de los efectos a la salud pública.

En el último lugar de este bloque se encuentra el documento titulado "*Impacto de la obra urbana en el microclima local*", que presentan Raúl Valdez Gil y Teresa del Rosario Argüello Méndez de la Universidad Autónoma de Chiapas. Este documento se centra en el análisis de la obra urbana en el microclima local, y considera que las construcciones tienen una incidencia climática porque no hay una planeación urbana que contenga un carácter bioclimático. Los resultados obtenidos mostraron que a mayor porcentaje de vegetación en un lugar, hay un mayor control de ganancias térmicas en el comportamiento de cada caso de estudio de acuerdo a sus características físicas.

El segundo segmento de esta sección se llama "Vulnerabilidad". El primer documento de este bloque es el denominado "*Los estados de la costa oriental de la República Mexicana, son afectados por el polvo desértico del Sahara*", y es responsabilidad de la coautoría de Karina Eileen Álvarez Román y Mario Gómez Ramírez. Este trabajo es un llamado de atención a la existencia de elementos ambientales que no se han incorporado a los modelos de clima y que pueden incidir en los escenarios de cambio climático. En lo particular hacen el llamado al estudio del arribo de polvo del Sahara y su incidencia en la atmósfera y en el medio marino de la República Mexicana porque este polvo, sugieren los autores, puede influir en la dinámica del tiempo atmosférico, el clima, la salud humana y en los ecosistemas de la parte continental y del océano, entre otros.

En segundo lugar se encuentra el documento "*Vulnerabilidad social y Cambio Climático en las regiones Media y Huasteca Potosina*", el cual tiene como autora principal a Karina Lisette Calderillo

Granados. Los autores reconocen que la vulnerabilidad social está determinada por factores como la pobreza, desigualdad, marginación, acceso a los seguros, calidad de la vivienda, entre otros y su naturaleza depende del peligro al cual el sistema humano en cuestión se expone y de las propiedades que lo hacen ser más vulnerable a cierto tipo de riesgos. Por ello han determinado el grado de vulnerabilidad social en las zonas Media y Huasteca ante el cambio climático.

En el tercer lugar se presenta el documento titulado "*Vulnerabilidad socioeconómica debido a la disponibilidad de agua ante el Cambio Climático en la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí*", a cargo de Dora González Turrubiates, Rocío Vargas Castilleja, Lidia Rangel Blanco y Alejando Monterroso Rivas. Los autores presentan la evaluación del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua, realizada mediante la selección y desarrollo de variables y criterios específicos que sirven para valorar la vulnerabilidad socioeconómica en la Cuenca del río Guayalejo-Tamesí. Este tipo de estudios son relevantes, dicen los autores porque la experiencia del análisis de la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí sugiere que este tipo de estudios debieran hacerse de manera generalizada por las instancias vinculadas al desarrollo de estos espacios territoriales.

En cuarto lugar se encuentra el documento "*Evaluación del riesgo del cultivo de maíz de temporal frente al Cambio Climático en el estado de Tlaxcala*" a cargo de Maricela Hernández-Vázquez y un grupo de colaboradores del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. En el documento los autores reconocen que la agricultura se encuentra amenazada por las variaciones del clima. Por ello es urgente conocer el grado de incidencia de los riesgos del sector. La lógica es que si se reducen los riesgos en la agricultura se podría garantizar la disponibilidad de alimentos y aumentar las capacidades locales para enfrentar el cambio climático.

Sergio Bernardo Jiménez Hernández, Gabriel Arcos Espinosa, Luis Zavala Guerrero, Roberto Pichardo Ramírez y Wilver Salinas Castillo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas son los autores del documento "*Erosión Costera: enemigo silencioso del Cambio Climático Global en las zonas costeras*", en esta contribución los autores presentan un Índice de Vulnerabilidad contra la Erosión Costera realizado para la zona litoral de Tamaulipas, México. Este



índice fue creado usando factores físicos y geomorfológicos más criterios de carácter social y antropológico. La singularidad del Índice es que toda la información usada para su creación proviene de fuentes públicas y de gobierno.

En sexto lugar se encuentra el documento “*Selección de indicadores de calidad ambiental en los parques urbanos en el estado de Tabasco*”, presentado por Aída López Cervantes, Luis Manuel Pérez Sánchez, Jorge Flores González y Haydee Pérez Castro de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Este estudio presenta los procesos para la selección de atributos físicos de los parques urbanos, que permitan hacer de ellos como indicadores de calidad ambiental. Para lo lograr lo antes mencionado, los autores ejecutan un esquema FODA en el que se enfatizan los aciertos locales de estas áreas en el desarrollo urbano-arquitectónico en Tabasco y acentuar los desaciertos que permitirán la conformación de estrategias hacia la sustentabilidad.

Posteriormente, Diego Daniel Olarte Suárez de Flacso-México, presenta “*La vulnerabilidad de los municipios del Estado de Jalisco frente a la variabilidad climática y los posibles efectos asociados al cambio climático – 2010*”, Este documento, es básicamente una propuesta para crear un indicador que sirva para estudiar la vulnerabilidad de los municipios del Estado de Jalisco. En su argumentación el autor sugiere que un indicador de este tipo permitiría establecer y conocer los factores que inciden en sus niveles de vulnerabilidad, para ello Olarte Suarez hace uso de información del INEGI (Censo, SIMBAD) y del atlas climático digital de México.

“*Retos de la seguridad alimentaria y superación de la vulnerabilidad social ante el cambio climático en México*” es el título de la contribución de la Dra. Úrsula Oswald Spring investigadora del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, en su documento, la autora genera el contexto de su deliberación: la seguridad alimentaria en México está relacionada con cambios en las condiciones climáticas. A manera de ejemplo, en fechas recientes una sequía extrema en cinco estados y otros 17 estados afectados ha impactado a 12 millones de personas con pérdidas de \$150 mil millones. En ese entendido, sugiere la autora, los retos son gigantescos y sólo mediante el extensionismo rural, desarrollo de mercados, recuperación ambiental, combate a la pobreza,

inversiones en agricultura verde e innovación sustentable se podrá enfrentar el Cambio Climático exitosamente.

En noveno lugar Luis Manuel Pérez Sánchez, Aida López Cervantes, Haydee Pérez Castro y Jorge Flores González presentan “*Vulnerabilidad Urbana en la Configuración de la zona Metropolitana de la Ciudad de Villahermosa*”, la idea de este trabajo es contribuir al conocimiento de la vulnerabilidad urbana en la configuración espacial de la zona metropolitana de Villahermosa así como analizar el papel que ha jugado la planificación urbana para la reducción de riesgos ambientales. Para ello, este texto documenta la historia de la vulnerabilidad ambiental en el estado de Tabasco. Ésta es de larga data ya que se encuentra directamente vinculada a modelos de desarrollo económico en los cuales ha estado ausente la planificación territorial, regional y urbana, y ellos se ha hecho evidente en fechas recientes.

En la décima posición esta “*Cambio Climático y vulnerabilidad en territorios indígenas*”, bajo la autoría de Dalia I. Quiroz Pineda de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM, esta colaboración se centra en la revisión de la dinámica de la vulnerabilidad social de las comunidades indígenas en México en el contexto del Cambio Climático y las disputas, actuales y sus escenarios, por los recursos naturales y territorio. El análisis tiene como fuente de información, el banco de datos cualitativo “*Conflictos Étnicos y Nacionalismos en las Américas*”, que forma parte de la plataforma digital Sistema de Consulta de Organizaciones Indígenas Políticas y Conflictos Étnicos en las Américas.

Posteriormente Julio César Rolon Aguilar, Juana Treviño Trujillo y Roberto Pichardo Ramírez de la Universidad Autónoma de Tamaulipas presentan “*Los puertos y las vías de navegación ante las amenazas del Cambio Climático en México*”. Los autores hacen referencia a que el calentamiento global según los expertos en climatología, irá en aumento continuo durante el resto del siglo. Una de las consecuencias será la elevación del nivel medio del mar lo cual representa una amenaza para la infraestructura marino-portuaria y su funcionalidad, ya que las estructuras marinas en general se diseñan, tomando en cuenta oleajes, viento, mareas, sismos y tsunamis.



En doceavo lugar se encuentra Laura Elena Ruiz Meza de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas con el tema *“Riesgos climáticos y vulnerabilidad social en las cuencas costeras de Chiapas, México. El caso de la Cuenca del río Huehuetán”*. En éste se identifican las condiciones de vulnerabilidad de la población de la cuenca del río Huehuetán ante los fenómenos climáticos extremos y se analiza su capacidad adaptativa. El estudio permite afirmar que las estrategias de vida de las familias campesinas son poco flexibles y estables debido a la privación de recursos, a la estrecha diversidad de cultivos –mismos que están sujetos a riesgos climáticos y de mercado— y a la fragilidad de sus fuentes de ingreso. Estas condiciones socavan la capacidad de adaptación local para aminorar los daños y enfrentar los riesgos frente a los eventos climáticos extremos.

En penúltimo lugar se encuentra el documento *“Vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos en México: propuesta de indicadores”*, presentado por Fernando Saavedra Peláez de Flacso-México. En dicho documento se presenta un indicador, para los municipios mexicanos, que está compuesto de la vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos y la exposición de la población a eventos extremos, de acuerdo a la frecuencia de las declaratorias de emergencia y desastres registradas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, en un periodo de diez años. Una de las aportaciones de este documento, es que se considera a la vulnerabilidad como multifactorial, donde el componente demográfico desempeña un papel significativo en su definición.

Por último, se encuentra el trabajo *“Cambio Climático y Recursos Pesqueros Masivos de México”* por Miguel Tripp-Valdez y Salvador Lluch-Cota del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. En este documento, los autores muestran los resultados obtenidos de una propuesta de plan de adaptación al Cambio Climático de los recursos pesqueros masivos de México: atún, sardina, mero y calamar. El objetivo fue proveer a la autoridad de las herramientas necesarias para la toma de decisiones y la planeación de la actividad pesquera de los recursos pesqueros masivos.

El tercer segmento de la sección dos de las Memorias es el bloque de los documentos sobre adaptación. Al inicio de este bloque se encuentra el documento *“Mejoramiento del comportamiento térmico en vivienda de interés social, en clima cálido*

subhúmedo por medio de simulación”, el cual es de la autoría de Marenny Arredondo Martínez y Raúl Pável Ruiz Torres de la Universidad Autónoma de Chiapas. En este documento los autores presentan los resultados de una evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social, mejorada con estrategias pasivas en clima cálido subhúmedo, tomando un caso de estudio representativo en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. La conclusión principal de los autores es que usar estrategias pasivas de climatización para reducir las ganancias térmicas, propiciará la reducción del uso de sistemas mecánicos para climatización y por ende disminuir el consumo energético.

En segundo lugar Yacciri Barrios Román, Oscar Laureano Casanova y Esther Llorens de la Universidad Autónoma de Tamaulipas presentan el documento *“Estudio comparativo del uso de humedales construidos en granjas de cultivo de camarón blanco como una alternativa para la producción acuícola frente al Cambio Climático”*. En el cual se argumenta que la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos es fundamental para la adaptación al Cambio Climático, por lo que en los sistemas acuícolas, la salud y la productividad están vinculados a la calidad y al flujo de agua, así como a la salud de los humedales naturales donde se establecen las granjas de cultivo de camarón. Y presentan cuatro casos internacionales de cultivo de camarón de la especie *Litopenaeus Vannamei* en los que confluyen la utilización de humedales construidos para el tratamiento de efluentes, el aprovechamiento del recurso hídrico, resultando un aumento en la producción.

“Modelo de ecotecnia para un ecobarrio en el D.F” es el título de la contribución presentada por Nandyelli Becerril-Galván; Alberto Rosillo-Ramírez, Fernando Jesús de Lorenz-Santos y Alejandra Castro-González, todos ellos del Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. La idea del documento es presentar una alternativa de vivienda sustentable en Santa Rosa Xochiac, que es un asentamiento irregular, y que ello pueda ser usado como un argumento jurídico para lograr la legalización de predios.

Adriana Belfort Martínez, Adriana Rodríguez, Oscar Laureano Casanova, Jazihel Ventura Santillán y Lorena Belfort Martínez, presentan el documento *“Cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola como herramienta para hacer frente al Cambio Climático”*. Este documento presenta una



forma de medir la huella de carbono en la producción de vino blanco. Considerando todas las emisiones involucradas con el ciclo de vida del producto. Como resultado presentan una planilla electrónica que puede aplicarse al cálculo de huella de carbono de cualquier producción de vino blanco, independientemente de su tamaño y proceso.

En la quinta posición se encuentra el documento titulado *“La arquitectura y el urbanismo ante el Cambio Climático. Áreas verdes, Diseño Urbano y Calentamiento Global, La Ciudad de Mérida, México como caso de estudio”*, y es de la autoría de Raúl Canto Cetina, Gladys Arana López y Lucía Tello Peón de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán. Los autores realizan un análisis sobre los patrones de crecimiento de la ciudad de Mérida en los últimos años, y en particular de cinco fraccionamientos para establecer una comparación ambiental entre ellos. A manera de conclusión, se hace una concatenación de los diversos problemas urbanos resultantes de supeditar el crecimiento de la ciudad a intereses particulares, con poco interés en la calidad de vida de la sociedad y en los problemas que deben atenderse.

Minerva Campos, Michael K. McCall y Alejandro Velázquez del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental de la UNAM, presentan el documento titulado *“Análisis de los impactos ambientales ante escenarios de Cambio Climático y oportunidades sitio-específicas de adaptación: estudio de caso en un ejido agrícola de la costa de Michoacán”*. Los autores sugieren que los medios de vida rurales enfrentan mayor riesgo ante el cambio climático porque están expuestos a condiciones y estímulos exógenos que incluyen variables condiciones espaciales y climáticas. Los resultados muestran que los ejidatarios ya están desarrollando estrategias de adaptación, espacialmente localizadas, para contrarrestar los impactos del cambio climático.

“Consideraciones de las islas de calor dentro del espacio urbano”, es la contribución a esta memoria de Yliana Mérida Martínez. La importancia de este documento se centra en un hecho: aproximadamente más de la mitad de la población mundial vive en las ciudades por lo que la tasa de urbanización cada vez es mayor, lo cual implica una serie de problemas ambientales producidos de la misma aglomeración, la mala planeación y organización de los espacios. En ese entendido la modificación de los espacios y la densidad

poblacional colocará como uno de los problemas significativos del futuro el tema de las islas de calor.

En octavo lugar se encuentran Evelyn Yadira Meza Trinidad de la Universidad Autónoma de Tamaulipas; José Martín Palomarez García del Centro Regional de Investigación Pesquera; Esther Llorensi Ribes del Institut Català de Recerca de l'Aigua; Oscar Laureano Casanova de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Carmen Adriana Muñoz Torres de la Universidad Autónoma de Tamaulipas con el documento *“Estudio comparativo del diseño de un humedal construido en una unidad de producción acuícola para el mejoramiento de la crianza del camarón por efectos del cambio climático”*. Considerando los impactos adversos probables del cambio climático, los autores proponen un diseño de una unidad de producción acuícola donde se lleve a cabo la engorda de camarón blanco (camarón blanco *Litopenaeus Vannamei*) en donde el agua resultante puede impactar en la devolución de dicho recurso hídrico en el Río Tigre o la Laguna de San Andrés por las altas cantidades que contiene de sólidos suspendidos derivados de las heces fecales que arroja el camarón o el propio alimento para su engorda.

El siguiente documento se titula *“Marco legal e institucional para la adaptación del impacto del Cambio Climático sobre los humedales en las zonas costeras del sur de Tamaulipas”*, y es de la coautoría de Luis Moral Padilla y Elvira Carmina ambos de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. En su aportación los académicos de la UAT analizan el marco legal e institucional nacional y local (Tamaulipas) que permita la conservación de los humedales y así poder implementar medidas de adaptación ante los efectos del Cambio Climático.

“Propuesta de Techo Alternativo para vivienda en el Istmo de Tehuantepec, ante el Cambio Climático”, es la aportación de Nereyda Morgan Torres, de la Universidad Autónoma de Chiapas, la autora hace referencia a que en el Istmo de Tehuantepec la incidencia de la radiación solar es más intensa que en el resto del planeta y en la que incluso al interior de las viviendas construidas de manera convencional en el medio urbano, el usuario no logra protegerse lo suficiente del excesivo calor por el comportamiento termofísico de los materiales. Ante este escenario, señala la autora, se presentan resultados de una evaluación de un sistema de techo no convencional realizado con la intención de reducir el paso del calor radiante al interior de la



vivienda, procurando la mejora térmica para el habitante y previendo los consumos energéticos cada vez más altos ante el Cambio Climático global, para lo cual se recurrió a la climatología dinámica para evaluar el comportamiento térmico del sistema de techo aplicado. Los resultados son alentadores y se sugiere su utilización en la construcción de vivienda.

Francisco Javier Olea-León, Jahir Mojica-Hernández, y Alejandra Castro-González del Departamento de Sistemas Energéticos del Posgrado de Ingeniería de la UNAM presentan el documento *“Alternativa de generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos”*; los autores identifican que en el Puerto de Veracruz se producen 600 ton/día, equivalentes a 1 kg/hab por día, las cuales llegan a sitios no controlados de disposición, generando grandes problemas ambientales. Ante ello, este documento presenta una evaluación de factibilidad técnica, ambiental, social y financiera para instalar una planta de biogás a partir de residuos sólidos urbanos en Veracruz.

Posteriormente, de la Universidad Autónoma de Chiapas, Karla Ivonne Ovando López, Gabriel Castañeda Nolasco y Raúl Pavel Ruiz Torres, presentan el documento *“Influencia de las transformaciones constructivas en las condiciones térmicas de la vivienda de interés social en clima cálido sub-húmedo”*. Este grupo de investigadores dan a conocer los resultados de un análisis comparativo del comportamiento térmico de dos viviendas de interés social en clima cálido sub-húmedo, datos obtenidos en el año 2010 y 2012, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El objetivo principal de la experimentación fue conocer las condiciones térmicas antes y después de las transformaciones obligadas a la vivienda para mejorar sus condiciones de habitabilidad, así mismo, se centró la atención en los efectos que cada diseño produce en la eficiencia energética, para lograr la obtención de resultados en la fase de experimentación se hizo uso de climatología dinámica como herramienta metodológica.

“La resiliencia de las comunidades microbianas acuáticas de cuatro ciénegas ante escenarios de Cambio Climático global”, este documento es de la coautoría de Silvia Pajares y Valeria Souza, investigadoras del Instituto de Ecología de la UNAM y del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca, España, respectivamente. Las autoras parten del siguiente supuesto: entender los cambios en la composición de comunidades

microbianas acuáticas como respuesta a un aumento de la radiación ultravioleta y temperatura es relevante para predecir modificaciones biogeoquímicas bajo escenarios de cambio climático. En ese entendido, la investigadoras presentan resultados de las variaciones en la dinámica de estas comunidades en respuesta a cambios a largo plazo en la temperatura y radiación ultravioleta. Los resultados obtenidos son: en primer lugar que la temperatura fluctuante fue el factor ambiental que más afectó a las comunidades microbianas durante el experimento, en segundo lugar, que el impacto a largo plazo de estas presiones ambientales disminuyó la diversidad de las comunidades bacterianas acuáticas. De lo cual se deriva que los cambios en estas comunidades se producen en una escala de tiempo ecológicamente relevante y podrían modificar el funcionamiento de los ecosistemas de agua dulce en el futuro.

Por su parte Raúl Pável Ruiz Torres y Gabriel Castañeda Nolasco de la Universidad Autónoma de Chiapas presentan *“Estudio preliminar de Confort térmico en la vivienda de la ciudad sustentable Nuevo Juan de Grijalva”*, en este documento los autores presentan algunos resultados preliminares del proyecto de investigación denominado “Los componentes y condicionantes de la vivienda en las ciudades sustentables de Chiapas, caso de estudio Juan del Grijalva” El centro del documento es poder generar un modelo de adaptación de la vivienda de localidades de clima húmedo y en el que se puedan alcanzar mejores condiciones de confort térmico para evitar el uso de sistemas activos de climatización.

En el contexto de la arquitectura ante el cambio climático, se encuentra el documento *“Fusión de la arquitectura orgánica y sustentable ante el cambio climático”*. Este documento es de la autoría de Lilibian Eneida Sánchez Platas y Jesús Sánchez Luqueño ambos de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Este documento es un análisis sobre el tipo de materiales que se usan en la construcción. Los autores exploran no solo sobre los materiales, sino también sobre los beneficios ambientales y económicos que este tipo de construcción generara. La arquitectura orgánica permite estudiar a la naturaleza como un elemento inspirador en perfecto funcionamiento adaptándose al medio ambiente como consecuencia de millones de años de evolución. El impacto del Cambio Climático ante el



espacio construido exige una evolución de la arquitectura tradicional.

Gerardo Sánchez Torres Esqueda, Jesús Efrén Ospina, Rocío Vargas, Raisa Barragán y Alejandro Govea de Universidad Autónoma de Tamaulipas contribuyen con el “*Diseño hidráulico de un sistema de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable considerando el impacto del Cambio Climático*”. Este documento da a conocer las condiciones actuales de precipitación, y su proyección hacia el futuro, estos datos servirán para determinar el volumen de precipitación media anual con el cual se diseñará el sistema de captura de agua de lluvia para el suministro de agua potable. En este documento se presenta la aplicación de este procedimiento al estudio de caso del Instituto Tierra y Cal, A.C., en San Miguel Allende, Guanajuato.

“*Sistemas de techo no convencional, viable para vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*” es el nombre del documento presentado por Ruber Trujillo Samayoa, Gabriel Castañeda Nolasco y José Luis Jiménez Albores todos ellos de la Universidad Autónoma de Chiapas. La idea de este grupo de académicos es presentar una alternativa en la construcción de techos que en su manufacturación tienen un alto consumo de energía y que por sus características implican un alto consumo de energía para lograr la climatización de los espacios interiores. La apuesta por formas de techos no convencionales en las viviendas de la región sería significativa porque el usar rellenos con residuos de baja densidad, bajos conductores de calor, generaría no solo la reducción en el consumo de concreto y acero sino de energía para climatizar las viviendas.

En penúltimo lugar se encuentra el documento “*Reubicaciones por desastres ante el Cambio Climático*”, éste es presentado por Gabriela Vera Cortés de Ecosur Unidad Villahermosa. En dicho documento se analiza como las autoridades del gobierno de Tabasco han diseñado un plan ante el Cambio Climático donde las reubicaciones se convierten en un tema de interés y sugiere propuestas ante el mismo problema. Se realiza también una pequeña evaluación de las consecuencias de ambas gestiones para la población seleccionada en el proceso, y muestra la necesidad de una mayor discusión y organización al respecto.

El último documento de este segmento y de ésta Sección se llama “*Caracterización hidroambiental y corrección de los coeficientes de agostadero en función de la sequía meteorológica en el Estado de Sonora, México*”. Este documento es de la autoría de Leopoldo Villarruel Sahagún, Enrique Troyo Diéguez, Alejandra Nieto Garibay, Oscar Gutiérrez Ruacho, Gilberto Solís Garza y Bernardo Murillo Amador del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. En dicho documento los autores mencionan que para un manejo sustentable de una superficie de pastoreo, es necesario conocer la estrategia de la naturaleza para sostener el pastizal. En este sentido, en los esquemas de manejo, primero debe planearse un programa de caracterización ambiental y de monitoreo adecuado, basado en el historial de las variables termoplumiométricas, de tal manera que para comprender los signos en los pastos y herbáceas es importante conocer el régimen hidrometeorológico. Cuando ocurre un período con precipitaciones irregulares con pp anual menor a 250 mm, o de sequía, emergen especies evasoras de la misma, de rápido crecimiento y corto período de vida, por lo que la cobertura vegetal tiende a desaparecer rápidamente.

La tercera sección de estas memorias se llama *Mitigación*, tal y como se denomina el Tercer Grupo de Trabajo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

El primer documento en esta Sección es de la autoría de Raúl Arturo Alvarado López de la Facultad de Economía de la UNAM y se llama “*Energía eólica en el combate al Cambio Climático: Un área de oportunidad para la creación de capacidades tecnológicas en México*” en este documento se hace una apuesta por la diversificación en las fuentes de energía de México, donde se reconoce que es una área de oportunidad para que se generen implementos tecnológicos propios.

En segundo lugar se encuentran Víctor Manuel Ángulo Correa, María Rafaela Gutiérrez Lara y Alfonso Durán Moreno de la Facultad de Química de la UNAM, ellos presentan el documento “*Cambio de ruta para los residuos orgánicos*”, en éste los autores señalan que el crecimiento de las ciudades ha generado un descontrol en el manejo de los residuos sólidos. Para poder hacer uso de los residuos como fuentes alternativas de energía, la clave radica, argumentan los autores, en encontrar una serie de procesos adecuados y de esa manera



incorporándola a las redes de suministro. La parte medular de una nueva ruta de los residuos orgánicos urbanos es la digestión anaerobia, el cual es un proceso que ocurre en la naturaleza y es reproducible industrialmente y como derivado de esta se genera un subproducto aprovechable, conocido como metano.

Posteriormente José Antonio Aquino presenta "*La mecatrónica verde como actor y la lucha contra el cambio climático como escenario*". La propuesta del autor es entender a la mecatrónica verde como elemento clave en el diseño conceptual de productos y sistemas de tecnología avanzada. Se trata, dice el autor, de un proceso de producción que busca incorporar un patrón de vida más amplio a los productos al sugerir desde la fase de la planeación del producto las probables rutas finales al concluir su vida útil (reutilización y/o reciclamiento).

En cuarto lugar se encuentra el documento titulado "*Las decisiones del mercado versus las decisiones en la lucha contra el Cambio Climático. Una revisión desde la perspectiva del sector eléctrico*", a cargo de José Antonio Aquino Robles. El centro de su documento es que las decisiones de inversión en la generación eléctrica en los mercados liberalizados de América Latina están ubicadas en contraposición a las decisiones en la lucha contra el Cambio Climático. En ese sentido, América Latina tiene todavía un alto potencial de generación renovable convencional y no convencional por explotar por ello, debe revisarse el tipo de decisiones que se están tomando en el momento pensando en el futuro.

Emilio Bravo Grajales presenta "*Territorio y transporte en las ciudades pequeñas*" el autor sostiene que las ciudades actuales son insostenibles, pero son productos de procesos históricos, se vive con el peso de la herencia de este pasado y que enfrentan en menor o mayor escalas problemas urbanos similares, uno de los principales es el transporte y la movilidad. Por lo que se debe priorizar la planeación de un sistema de transporte sustentable, la recuperación de los espacios públicos, dando con ello incentivos para usar la bicicleta y espacios dedicados al peatón; es decir, se debe romper con los patrones que hacen que la ciudad sea lo que es actualmente.

Posteriormente, se encuentra "*Inventario de emisiones de GEI 1990-2025 del estado de*

Tamaulipas", el cual es presentado por Héctor Calderón Zúñiga, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, éste documento sirve para presentar un diagnóstico de las emisiones de gases de efecto invernadero en el estado y se propone como instrumento base para la planeación y desarrollo de políticas públicas en materia de cambio climático a nivel estatal.

Carlos Chávez-Baeza y Claudia Sheinbaum-Pardo contribuyen a estas Memorias con el documento "*Escenarios de movilidad sustentable para disminuir el consumo de energía y mitigar las emisiones de GC y GEI en la ZMVM*", con éste documento presentan los escenarios de movilidad sustentable que sirven para disminuir el consumo de energía y mitigar las emisiones de gases contaminantes y gases de efecto invernadero en el transporte de pasajeros de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), mediante el modelo MOVEE.. En términos generales y teniendo como relación el escenario base, los escenarios de movilidad sustentable en conjunto alcanzarían en el 2028 una reducción de 24,6% en el consumo de energía para el transporte de personas en la ZMVM, equivalente a un ahorro anual de 3 247 millones de litros de gasolina (17% de las importaciones nacionales de gasolina de 2009) y más de 4 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Asimismo, a partir del 2020 se lograría estabilizar el consumo de energía y de las emisiones de GEI, a pesar del continuo crecimiento de la flota vehicular.

El noveno documento de esta sección se llama "*ILUMEXICO; una joven empresa mexicana*" y es presentado por Mariana González Pacheco. La propuesta de ILUMÉXICO consiste en proveer una solución descentralizada y autónoma para ofrecer servicios básicos de iluminación a 70, 000 comunidades rurales que no cuentan con el servicio de energía eléctrica y ello sirva para sentar bases de trabajo comunitario y de desarrollo. El proyecto de ILUMÉXICO hasta septiembre de 2012 instaló más de 1400 sistemas en los estados de: Guerrero, Veracruz, Estado de México, Campeche, Quintana Roo, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Baja California, Oaxaca y Tabasco.

Leonor Patricia Güereca Hernández y Claudia Roxana Juárez López del Instituto de Ingeniería de la UNAM, presentan "*Cuantificación de Emisiones de GEI del ciclo de vida de dos alternativas de gestión de residuos municipales: co-procesamiento y relleno sanitario*". Las autoras señalan que en el Instituto de Ingeniería de la UNAM se ha realizado la



cuantificación de las emisiones GEI de dos estrategias de gestión de residuos municipales considerando un enfoque de ciclo de vida. Los resultados señalan que el co-procesamiento de FIAR es una opción ambientalmente favorable ya que con ello se evita la disposición de dicha fracción en vertederos y además se disminuye el uso de coque como combustible en hornos de cemento.

La aportación de Julio César Martínez y un grupo de colaboradores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche se denomina “*Situación actual y escenario BAU de las emisiones de GEI del Estado de Campeche*”, en dicho documento se atiende el establecimiento de los criterios a considerar para el diseño de estrategias y políticas enfocadas a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Campeche. Finalmente se establece la relación entre la mitigación y las conductas de consumo energético en los sectores residencial, comercio y servicios públicos que serán críticos a futuro en el volumen de emisiones del estado de Campeche.

El documento denominado “*Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana*”, es de la autoría de Juan Mendoza Sánchez, Cindy Lara Gómez, Elia Mercedes Alonso Guzmán y Wilfrido Martínez Molina todos ellos del Instituto Mexicano del Transporte; dicho documento plantea una propuesta metodológica (modelo MOBILE6, desarrollado por la Environment Protection Agency) para estimar las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles durante los viajes urbanos en fuentes móviles, específicamente los vehículos y presenta resultados de factores de emisión en ocho clases de vehículos, tales como: motocicletas, automóvil, camionetas pick up, vehículos ligeros, autobuses y vehículos pesados.

Adba Musharrafie y coautores presentan “*Cuantificación de emisiones gases de efecto invernadero de nueve escenarios de tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe*”; los autores tienen como objetivo cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas por nueve escenarios representativos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales municipales de América Latina y el Caribe; posteriormente, identifican las tecnologías con mayor potencial de participación en proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio de seis países: Brasil, Chile, Colombia, Guatemala, México y República Dominicana.

De la Universidad Autónoma de Chiapas Moisés Nazar Beutelspacher, Gabriel Castañeda Nolasco y Teresa Argüello Méndez presentan “*Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero por el empleo de cimbra para las losas en el Estado de Chiapas*”, en esta aportación, los autores presentan los cálculos de las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al uso de la madera de coníferas como cimbra de losas de concreto armado coladas in situ, considerando los efectos de la extracción maderera en los cambios de uso del suelo y por los combustibles empleados en el procesamiento y transporte de la madera.

De la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco se presenta el documento titulado “*Diseño y evaluación del sistema pasivo chimenea hidro-solar en prototipos de laboratorio*”, y es de la autoría de Haydee Pérez Castro, Jorge Flores González, Aida López Cervantes y Luis Manuel Pérez Sánchez de la Universidad Autónoma de Chiapas. Este estudio se basó en un hecho: la renovación del aire interior en la vivienda por aire exterior favorece el enfriamiento por convección de las superficies interiores de la envolvente. Por ello, los investigadores plantearon una propuesta experimental sobre ventilación inducida denominado Chimenea Hidro-Solar, la que derivó de los sistemas pasivos empleados en arquitectura. Consistió en mejorar el desempeño por convección, empleando tubería de cobre y agua como elementos captadores de energía calorífica.

En el siguiente lugar se presenta Rubi Elna Ruiz y Sabido junto con Adrian Contreras Manzanilla de la Universidad Autónoma de Yucatán, con el documento “*Los residuos sólidos urbanos y el cambio climático antropogénico- Una aproximación en Yucatán*”, los autores señalan que en Yucatán se están implementando formas efectivas de reciclar los desechos transformándolos en abono orgánico, que además posibilitan no solo un desarrollo sustentable en el espacio urbano y arquitectónico, sino también un aprendizaje político, social, cultural y una educación ambiental que garantice una retroalimentación continua que hará que la evolución del sistema tecnológico y económico se adapte a las necesidades del presente y no amenace la viabilidad ecológica ante las amenazas antropogénicas y extremas.



El documento que cierra esta tercer sección se llama “*Evolución de la restructuración de un Sistema de Vialidad*”, de la autoría de Liliana Eneida Sánchez Platas y Pavel Makagonov de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Este documento explora los métodos para la restructuración de la vialidad de las ciudades; para que las reestructuraciones sean exitosas, dicen los autores, se deben aprovechar los avances científicos y tecnológicos para obtener resultados más eficientes y puntuales. Un sistema de vialidad, por tanto, debe potencializar las fortalezas de una comunidad y modelar sus debilidades.

La cuarta sección de estas Memoria se denomina *Temas transversales*.

El primer documento de esta Sección se llama “*Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN)*”, y es de la autoría de Berta Iztel Alcérreca-Corte y diverso coautores. Ésta aportación sirve para mostrar la iniciativa que, en materia de Cambio Climático a nivel de local, se promueve a través del Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN), el cual es un programa impulsado en México por ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad con el respaldo técnico e institucional del Instituto Nacional de Ecología y financiado por la Embajada Británica en México durante el periodo del 2011-2013.

Isela Alvarado Cruz y Javier Cruz Mena, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, presentan “*Diagnóstico de la cobertura de la COP16 en noticiarios mexicanos 2010: Un enfoque desde el periodismo de ciencia*”, éste documento presenta resultados científicos sobre el tipo de cobertura televisiva que se hizo en México durante la celebración de la 16ava Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático.

Posteriormente, María Eugenia Ayala Arcipreste aporta a estas memorias el documento intitulado “*Ordenamiento territorial y Cambio Climático*”, el documento reseña las tareas del Laboratorio de Análisis Territorial y del cuerpo académico de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable del Territorio perteneciente al Centro de estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre de la Universidad Autónoma de Campeche en relación a la experiencia adquirida en la elaboración de los programas de ordenamiento municipales y de la propuesta de la Ley de Planeación, Gestión Territorial y Urbana del Estado

de Campeche, pero ponderando elementos que estarían relacionados de manera directa con los impactos del cambio climático en la zona.

En cuarto lugar se encuentra el documento “*El Cambio Climático en Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en México (OOAPAS)*”, presentado por Héctor David Camacho González y Ana Elizabeth García Salinas del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En su aportación, los autores reconocen que en las operadoras de agua debe cuestionarse no únicamente la confiabilidad de las fuentes de abastecimiento en cuanto cantidad y calidad; también agrega una variable (cambio climático) que no es considerada en la planeación de los organismos operadores por falta información.

Cruz García Lirios, Javier Carreón Guillén y Jorge Hernández Valdés presentan “*Ejes de la sustentabilidad*”. En el documento los autores proponen ocho ejes para el análisis de las problemáticas hídricas. Analizan la relación entre disponibilidad y consumo de agua perteneciente a la red de abasto público. En este caso, la prevalencia del sistema clientelar incentiva las problemáticas hídricas e incrementa los conflictos entre ciudadanía y Estado a través de redes vecinales en contra de autoridades administrativas. Por ello, en el futuro, la tendencia de disponibilidad y consumo hídrico parece esbozar una situación de escasez extrema.

En sexto lugar se encuentra “*La historia ambiental como estrategia educativa para incentivar la cultura del agua*”, y es de la autoría de Leonardo Abraham González Morales. El documento, escrito desde el pragmatismo histórico ambiental, brinda un argumento para razonar sobre las causas y las consecuencias de los problemas ambientales, sobre todo en el sector hídrico. La nueva cultura del agua, dice el autor, debe comenzar por explicar cómo se llegó a la escasez, la sequía y la contaminación de éste recurso.

“*Las tecnologías de la información y comunicación y el Cambio Climático*”, es el nombre de la contribución de Randy Omar Gordo Hernández y Leonardo Fidel Salinas Clemente en su aportación los investigadores nos presentan una revisión documental sobre los artículos y publicaciones de investigaciones hechas en los últimos años que tienen como temática las tecnologías de la información y la comunicación, el cambio climático y la relación existente entre estos tópicos.



Por último se encuentra “*Educación ambiental en preescolar: el huerto escolar como una herramienta pedagógica para enfrentar el Cambio Climático*”, presentado por Virginia Isidro Vergara y Fermín Díaz Guillén de la Universidad del Desarrollo Empresarial y Pedagógico, en este documento se hace un llamado para que sea a la educación ambiental el instrumento que sirva no solo para difundir sino el factor de ayuda en la implementación de las estrategias para hacer frente al cambio climático. Como paradigma utilizan la experiencia pedagógica que gira en torno al huerto, el cual, dicen los autores, ha servido para socializar, compartir responsabilidades y manifestar afecto y cuidado hacia el entorno natural.

El biólogo Daniel Jarvio Arellano de Fomento y Gestión a la Conservación del Desarrollo Ambiental Sustentable A. C. colabora a estas Memorias con el documento denominado “*La restauración ecológica de ecosistemas tropicales*”; es una propuesta de contenido para hacer un diagnóstico previo a implementar una respuesta a la mitigación de gases de efecto invernadero en el municipio de Pajapan, Veracruz, México. Jarvio señala que la zona se ha visto afectada por eventos de carácter climático y que su cercanía al Golfo de México y la presencia del Sistema Montañoso Sierra de los Tuxtlas, incrementan la vulnerabilidad natural y social a los efectos adversos del cambio climático global.

“*Xochimilco, barrios y asentamientos irregulares*” es el título de la contribución presentada por Ricardo López Mera y Daniel Murillo Licea del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Este documento aborda la cuestión de cómo construir la historia a través del discurso, el lenguaje, la oralidad y el significado de la palabra barrio en el contexto específico de los asentamientos irregulares de la Delegación Xochimilco y como ello ha reconfigurado el factor identitario de sus pobladores frente al proceso de urbanización de la Ciudad de México.

Liliana López Zamora de la Universidad Paris, Pantheon-Sorbonne presenta “*La dimensión política de la gestión del servicio público del agua en Paris y México, y sus respuestas a los desafíos futuros frente al Cambio Climático*”, la autora analiza la cuestión de los recursos hídricos basada en una hipótesis: la variabilidad de los recursos implica un escenario de alta incertidumbre ya que no se sabe con exactitud cuál será la tendencia de este bien público, por ello analiza la gestión pública del agua en dos aspectos fundamentales: el

aprovisionamiento y el servicio de drenaje y alcantarillado en dos ciudades con condiciones actuales diferentes; la abundancia del recurso en Paris y la escasez del agua en la Ciudad de México, considerando que el cambio climático iguala las condiciones de las zonas urbanas colocándolas en una situación de vulnerabilidad en el aprovisionamiento del recurso.

Tahalia Elena Olivera Fujiwara de la Maestría en Gobierno y Asuntos Públicos del Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM presenta el documento “*Energía y Medio Ambiente*”, éste documento hace una revisión de las demandas sociales de energía, tanto en el mundo desarrollado, como el que está en desarrollo. El documento hace una crítica a la idea de comodidad de la vida moderna (bienestar) a la que aspira un, cada vez mayor, número de personas.

Para la toma de las decisiones de carácter público adecuadas en materia de protección al ambiente, se requiere de la aplicación de diversas acciones, tanto tecnológicas, como político-administrativas y legales. Dichas acciones deben poseer un determinado programa integral de seguimiento, elaborado con base en los resultados de la evaluación rigurosa de la situación e impacto ambiental, con la finalidad de revelar la complejidad de la problemática, que por ende incluye, un diagnóstico sistémico del desarrollo histórico del proceso de deterioro ambiental, a través de la adaptación de indicadores ambientales confiables y representativos. Este es la idea central del documento intitulado “*Marco legal aplicable en el proceso de evaluación de impacto ambiental de obras y actividades desarrolladas en el Distrito Federal*”, y que es de la autoría de Rosa Aurora Osorio Orozco.

En el documento “*El capital sinérgico en el proceso de desarrollo endógeno territorial*” se muestran los resultados de un estudio exploratorio comparativo en tres comunidades de México: la primera en San Pedro Nexapa, Estado de México; en el cual se muestra que aun con un amplio potencial local, pero ante la ausencia de algunos capitales, el desarrollo se difumina. En la segunda comunidad en Tlalnepantla, Morelos; se sostiene que ante la existencia, acumulación y fermentación de capitales mediante un capital sinérgico se permitiría el desarrollo endógeno sostenible y; finalmente para San Nicolás de los Ranchos, Puebla se muestra el hecho de que existan y se potencialicen diversos capitales (no todos) pero no su sinergia, pues ante



la ausencia del capital sinérgico, el desarrollo se encuentra inerte. Se trata de ver como los potenciales en cada una de las localidades pueden ser exponenciados o reducidos en función de su grado de interconexión. Este documento es de la autoría de Anthony Pérez Balcázar.

En “*Desarrollo endógeno, territorio e individuo. Un desafío en el paradigma de la complejidad*” se menciona que ante la actual complejidad de nuestra sociedad pos-moderna, donde se experimentan elementos que cambian progresivamente las estructuras territoriales (políticos, sociales, culturales, económicos y educativos) ocasionando; divergencia y fragmentación de las unidades territorial, pobreza, desempleo y aumento de la propia complejidad, surge la necesidad de considerar mecanismos subjetivos e intangibles en cada uno de los elementos del territorio (los seres humanos) que posibiliten un proceso de desarrollo endógeno adaptado prácticamente a la complejidad global. El documento es de la coautoría de Anthony Pérez Balcázar y Lizeth J. Salazar Paredes

Esteban Pérez Canales, Ana María García López, y Bertha Guadalupe Pérez Rocha de la Universidad Juárez del Estado de Durango presentan el documento titulado “El capital social, en la solución al problema del Cambio Climático”, los autores señalan un par de hechos indiscutibles: desde 1979 se ha planteado al cambio climático como un hecho potencialmente y, segundo, que el Panel Intergubernamental de Cambio Climático ha reconocido un alto componente antropogénico en el tema del cambio climático actual. Por ello, si lo que ha provocado el problema es un ser humano promedio, entonces el capital social puede ser una forma de contrarrestar y al final resolverlo.

En el siguiente lugar Moisés Salinas Zúñiga presenta el documento “*Desastre: Cambio Climático ¿Educación ambiental un proceso de solución, o la inclusión del concepto medio ambiente? como justificación en el desastre del paraje Chichicarpa, en la comunidad San Nicolás Totolapan Magdalena Contreras D.F. (2012).*” En dicho documento se busca comprender la relación convivencia humana con la naturaleza. Se trata ante todo de entender lo que significa la vulnerabilidad y como el cambio climático puede derivar en un desastre, teniendo como ejemplo el paraje Chichicarpa.

“*Percepciones del cambio en la variabilidad climática en dos comunidades Zoques de Chiapas, México*” es el documento presentado por María

Silvia Sánchez Cortés y Elena Lazos Chavero. La singularidad e importancia de este documento es que presenta como las comunidades zoques perciben el clima ya que éste es fundamental para el desarrollo de sus actividades agrícolas. El contenido heurístico del documento, se centra en un hecho: una vida humana no cubre periodos largos de tiempo para visualizar los cambios en el clima de un lugar, pero la persona si puede ser testigo y a lo largo de su vida, experimentar en una microrregión la variabilidad climática y dar cuenta de ello.

Virginia Sánchez Cruz, Gumersindo Vera Hernández y Gisela González Albarrán del IPN-ESCOM, presentan “*La importancia del medio ambiente en el mapa curricular. Aspectos Sociales (Comunicación, Educación, Identidad y Territorio)*”. La idea del documento es estudiar la relación que hay entre el medio ambiente y el mapa curricular y en donde éste último se comprende como un instrumento que ayuda en la agrupación y ordenamiento de los contenidos de las unidades de aprendizaje.

Carlos Ernesto Simonelli Salimbene, profesor de Ciencia Política y Administración Urbana en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México presenta el documento “*Análisis organizacional: racionalidad en organizaciones ambientales y educación*”. Éste se basa en los resultados de una investigación que se ubicó en algunas organizaciones públicas ambientalistas del Distrito Federal (Centros de Educación Ambiental) que brindan orientación y comunicación a la población en la gestión del riesgo medioambiental. El encuadre conceptual parte del supuesto de que los riesgos sociales, políticos, económicos, ambientales e industriales son parte del desarrollo de la sociedad moderna y que las acciones humanas generan un riesgo específico para su propia existencia, a lo que Beck denomina “Sociedad de riesgo”. En síntesis, es la sociedad la que, por medio de sus acciones, y sin poder predecir todas sus consecuencias, crea sus propios riesgos.

El grupo de investigación comandado por Felipe R. Vázquez Palacios contribuye a estas memorias con el documento “*La percepción del Cambio Climático en adultos mayores, el caso de Veracruz*”. En este documento se presentan los resultados de un estudio interdisciplinario, cuyo objetivo principal es dar a conocer la percepción de la población de 60 años y más en el estado de Veracruz con relación al Cambio Climático y sus efectos sobre el bienestar y la salud. Asimismo, se tipifica a los adultos



mayores en relación a su percepción del Cambio Climático y su relación con la salud, ello con la intención de ubicar los futuros problemas relacionados con el crecimiento exponencial de la población anciana del estado de Veracruz bajo un contexto de cambios en las oscilaciones térmicas.

Aportaciones regionales



**II Congreso Nacional en Investigación en Cambio Climático.
Sede Oficial del Sureste. Mérida, Yucatán
17 al 19 de octubre de 2012
Hotel Fiesta Americana, Mérida, Yucatán, México.**

Dr. Víctor Vidal Martínez¹, Ricardo Torres Lara², Víctor Miranda Soberanis², Jennifer D. Ruíz Ramírez², Jorge Herrera Silveira¹, Leopoldina Aguirre Macedo¹, Daniel Pech Pool³, Pricila Sosa Ferreira⁴, Lilly Gama Campillo⁵, Emma Alonzo Marrufo⁶

¹ CINVESTAV-IPN Mérida; ² Universidad de Quintana Roo; ³ Universidad Autónoma de Campeche, ⁴ Universidad del Caribe; ⁵ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; ⁶ Yaax Beh, A.C.

CONCLUSIONES

1.- El Golfo de México es una región de gran conectividad ecosistémica que presenta una problemática ambiental, económica y social en donde los factores antrópicos han sido importantes. Se requiere una colaboración regional con una perspectiva holística, multidisciplinaria y desde todos los sectores: académico, gubernamental, productivo sociedad civil; trabajando para:

- Reducir contaminación y acceso de nutrientes al mar en especial
- Restaurar ecosistemas marinos y costeros
- Recuperar recursos marinos sobreexplotados
- Generar un procesos adaptativos en cuanto a pesquerías sobre-explotadas
- Mejorar la gobernanza regional
- Lograr que los investigadores pongan sus datos de largo plazo a disposición para analizarlos en conjunto
- Generar monitoreo permanente en la zona costero-marina de variables ambientales y biológicas clave
- Mejorar las condiciones de vida de la población costera con una visión de reducción de la vulnerabilidad al cambio climático

Esto permitirá lograr la condición de salud de la región, abarcando ecosistemas, comunidades y economía.

2.- La vulnerabilidad de una comunidad está asociada a aspectos políticos, económicos sociales, educativos y no solamente al nivel de pobreza. La atención a estos aspectos permitirá reducir la vulnerabilidad, es decir, dar a la comunidad mayor capacidad de recuperación ante eventos que la afectan.

3.- Es necesaria la inclusión de la comunidad y la autogestión para la efectividad del desarrollo de estrategias ante el cambio climático.

4.- El turismo es una actividad económica importante para el Sureste de México, por lo que es necesario incluirla en los análisis y mediciones relativas al cambio climático, y así avanzar en la mitigación de las emisiones y en la adaptación de los destinos. El turismo involucra otras actividades, como el transporte, que representa más del 40% de la generación de emisiones del primero. Se requiere estudiar las vinculaciones de esta naturaleza.

5.- La actividad extractiva de hidrocarburos por parte de PEMEX esta mejorando en términos de la eficiencia de sus procesos. Sin embargo, también se hizo énfasis en que hay otras actividades como la de los quemadores en



las que es necesario cuidar el mantenimiento. Al igual es importante resaltar el apoyo económico de PEMEX a proyectos productivos y para ello es importante llevar un registro.

6.- Hay otras actividades alternativas como el cultivo de pepino de mar, algas, peces, *Thevetia*, etc. que pueden ser parte de los procesos adaptativos de las poblaciones costeras del sureste de México.

7.- Es necesario considerar el efecto del cambio climático sobre nuestra infraestructura física (puentes, muelles, casas, etc.) y generar nuevos materiales que permitan enfrentar el deterioro a que esta sujeta.

8.- Las comunidades requieren ser incorporadas para la toma de decisiones que les competen, especialmente en el tema de cambio climático y sobre todo en la educación ambiental. Esto asegura que se apropien de los programas y se responsabilicen sobre sus metas, en lugar de rechazarlas o ignorarlas.

9.- Existen tecnologías de celdas de hidrógeno a nivel experimental, cuyas capacidades están cerca del nivel comercial. El investigador que presentó este tema sugiere que su institución esta interesada en apoyarlo en la generación de esta tecnología a nivel piloto comercial.

10.- Se cuenta además con el material para hacer las celdas solares y la investigación que ha llevado a generar el celdas de 14%. La estela de luz podría ser el dinero suficiente para poner una fábrica de celdas solares (50 millones de euros).

11.- En Yucatán ya contamos con un inventario de gases efecto invernadero. Se planteó la necesidad de actualizarlo y claramente esto tiene que ver con implementar un programa de monitoreo permanente.

12.- De la *Thevetia peruviana* se planteó que se puede obtener biodiesel, jabon y alimento para animales. Faltan agrónomos para llevar su producción a nivel piloto comercial. Sin embargo, se está estudiando el ciclo de vida de la planta en el INIFAP para mejorar su producción.

13.- Se concluyó que existen evidencias y modelaciones que sugieren un efecto negativo del cambio climático sobre diferentes especies animales y vegetales incluyendo al hombre en el sureste de México.

14.- A pesar de que hubo menciones a la salud humana, el programa del Congreso tuvo una limitada participación de ponentes en este tema específico.

15.- Se concluyó en la pertinencia de llevar a cabo foros de discusión sobre la implementación de un programa de monitoreo permanente de la zona costero-marina y de un inventario de gases efecto invernadero en el sureste de México.

16.- Se propuso llevar a cabo un foro de integración de los distintos actores sociales afectados por el cambio climático con respeto a todas las voces.

17.- Se propuso llevar a cabo un foro sobre vivienda sustentable considerando el potencial efecto del cambio climático en la zona costera marina (y en el interior de la Península, incluyendo a Tabasco y Chiapas también).



Panel de expertos en cambio climático
Sede Regional Mazatlán Sinaloa, México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

COLABORADORES EN ESTE DOCUMENTO:

Marcos Merino Ibarra (interpretación)
Dra. Rosalba Alonso Rodríguez (Secretaria)
Dra. Ana Carolina Ruiz (traducción)
Dr. Alberto Abreu Grobois (interpretación).

Panelistas en orden alfabético

Saul Alvarez Borrego, CICESE
Julio Adalberto Cabanillas Romero CESASIN, A.C., México
Marianne Fish WWF, Canadá
Claude Hillaire-Marcel UQAM, Canadá
Gabriela Mantilla Morales IMTA, México
Federico Páez Osuna ICML, UNAM, México

COMENTARIOS INICIALES (5 min c/u)

- Gabriela Mantilla- Es prioritario atender problemas de desigualdad antes de pedirle a la población que asimile el concepto de cambio climático y sus consecuencias.
- Saúl Álvarez-El cambio climático ha existido siempre, es necesario definir si se trata de variabilidad o impactos reales del cambio climático. El control demográfico es clave en la regulación del uso de recursos y de los impactos del cambio climático sobre la población.



- Julio Cabanillas: Es necesario uniformizar las definiciones y los conceptos en torno al cambio climático, distinguir que es y que no es cambio climático o saber si se trata de procesos evolutivos naturales.
- Federico Páez- es importante tratar en esta temática de cambio global, el tema de la vulnerabilidad en las prácticas agrícolas, deben modernizarse, tecnificarse y hacerse más eficiente en la producción y optimización del uso del agua. Se requiere trabajar en un atlas de riesgos en el Estado de Sinaloa.
- Marianne Fish: se observan con claridad los impactos del cambio climático en los ecosistemas terrestres y marinos con implicaciones sobre varios sectores como pesquerías, agricultura, salud, disponibilidad de agua. Para el manejo de los recursos naturales, la clave es partir del hecho de que varios sectores están siendo impactados y que hay una gran necesidad de colaboración intersectorial, necesitamos compartir la información y difundirla, necesitamos coordinar respuestas al cambio climático en una mayor medida.
- Claude Hillaire: Referirse al término “cambio global” es una manera fácil y pacífica de cubrir al cambio climático. Ahora sabemos que estamos cambiando de un sistema Tierra dirigido naturalmente a un sistema Tierra dirigido antrópicamente. No se sabe hasta dónde el clima presente puede llegar, pero necesitamos encontrar soluciones. En este sentido, la tarea de los científicos es producir una ciencia robusta, dejar de preocuparse de buscar y ocuparse de encontrar. Necesitamos encontrar predicciones robustas sobre cómo están cambiando los sistemas y necesitamos encontrar soluciones. Es muy fácil culpar a la industria por el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera y el calentamiento global. Sin embargo, no podemos ignorar que en un planeta, cuya población se ha incrementado de 2.5 a 7 mil millones de personas entre 1950 y 2012, la demanda de producción de alimentos, servicios y confort se ha incrementado también y por lo tanto, la industria no es la única responsable del calentamiento global, sino que en buena medida, los responsables somos todos. Muy difícilmente se verá un decremento en los niveles de emisión de gases invernadero en las próximas décadas, así que los científicos estamos invitados, no sólo buscar la información, sino a apoyarla con estadísticas muy robustas. Ahora todos somos responsables.

SESIÓN DE PREGUNTAS Y RESPUESTAS:

(30 minutos)

Ing. Sergio Escutia Zúñiga, ¿cuál es la huella en Sinaloa por la acuicultura?

Respuesta Julio Cabanillas: no se conoce pero es necesaria la intensificación ocupando menor área.

Pregunta del público: ¿Existe un plan de acción y leyes para reducción de emisiones?.

Respuesta: ¿Qué se está haciendo para generar el inventario de emisiones? Los temas de moda son el hacinamiento de población, disponibilidad de agua, uso de aire acondicionado, la conservación de recursos naturales. Cómo enfrentar la escasez de agua es uno de los puntos prioritarios en materia de cambio climático.

Comentario: Existen las leyes, falta implementarlas.



Comentario Ángel García Contreras: Los científicos dicen “creo”, pero el término científico debería ser ¿creer o saber?, es importante que trascienda el conocimiento y que lo difundan a la sociedad.

Comentario: es necesario un intermediario entre funcionarios de gobierno y los científicos. Se debe trabajar en el fortalecimiento de las relaciones entre científicos y políticos.

Pregunta: ¿Nos interesa qué va a pasar en 2080?. Hay urgencia de resolver los problemas actuales. Quizás no nos interese en este momento lo que va a pasar en 70 años, nos interesa cómo viviremos los siguientes 2, 5 o 10 años.

Pregunta: pensar en adaptaciones al cambio climático, sobre-producción del trigo, fortalecimiento de relación gobierno-academia. Se aprueban 540,000 ha. se siembran 700,000 ha. por razones políticas, este año la capacidad de las presas llegó al 40%, sin embargo fueron aprobadas la mayor cantidad de tierra fuera de los criterios autorizados por la normatividad por razones políticas.

Respuesta: Se requiere disciplina para la observación y aplicación de criterios en temas de desechos sólidos, contaminación, cambio climático. Sinaloa produce una gran parte de alimento para México, tiene la mayor capacidad de producción de alimentos en el país. ¿Qué pasará con esta producción con el efecto de invernadero?

Pregunta: ¿Hay soluciones verticales? Propuesta: crear organizaciones horizontales. ¿Cómo puede fluir la información de la academia a la gente y a los tomadores de decisiones?

Respuesta: es necesaria una revolución encabezada por los jóvenes. Una revolución basada en planteamientos bien estudiados a largo plazo.

Respuesta: es necesario integrar al trabajo interdisciplinario las ciencias sociales. Hay incapacidad de los grupos técnicos para transmitir la información a las comunidades étnicas. La aplicación de la técnica debe observar la cultura de la comunidad porque es posible que la intención sea ayudar y en realidad puede estar transgrediendo las costumbres de los pueblos por la falta de sensibilidad a los temas sociales.

Respuesta: Las responsabilidades sociales y la aplicación de recursos públicos es vertical. Debe resaltarse el binomio academia-gobierno. Es necesario partir de una estandarización y homologación de conceptos en torno al cambio global. Propuesta de realización de foros a puerta cerrada de tomadores de decisiones: políticos, sector productivo y científicos para ponerse de acuerdo en que debe hacerse para la reducción del cambio climático.

Respuesta: Reducir la distancia entre academia y usuarios, los científicos deben buscar oportunidades para lograr la comunicación por diferentes medios y estrategias para que la información llegue a la gente.

Respuesta: en la toma de decisiones siempre están el sector académico, los productores y los políticos, pero falta la presencia de la gente del pueblo, que diga que piensa y que quiere.



Pregunta: Los estudios del IPCC 2006 se realizaron en otros países, con otra realidad cultural y social y diferentes condiciones climáticas pero la metodología se aplica en todos los sectores. ¿Es necesario que los estudios sean locales y nacionales de acuerdo a nuestra realidad?

Pregunta a Saúl Álvarez: ¿cuál es la situación del balance de nutrientes en el Golfo de California

Respuesta de Saúl Álvarez: Con respecto a la credibilidad de los científicos, hace poco tiempo, colaboradores de Stanford evaluaron el fuerte impacto del Río Yaqui asociado a actividades agrícolas en la producción de fitoplancton en el Golfo de California y lo publicaron en Nature, posteriormente se hizo una aclaración el impacto es local hacia las lagunas costeras.

COMENTARIOS FINALES

(3 minutos c/u)

Gabriela Mantilla-uno de los fines de la humanidad es la preservación de la especie, es prioritario aplicar medidas para subsistencia humana. Se busca bienestar, equidad pero hay marginalidad y diferencias entre clases sociales. Tenemos 57 millones de pobres, tenemos desperdicio de alimentos para mantener precios del mercado. La gente paga el precio que sea necesario para comprar un refresco en lugar de agua potable. Hay problemas graves de obesidad, gripes, etc. Requerimos de comida, educación, salud versus la conservación de especies. No hay un manejo adecuado de los recursos naturales. Las inundaciones son un problema grave en el país y se deben a la falta de planeación.

Saúl Álvarez- es peligroso culpar de todo lo que sucede al cambio climático, se habla de la cuña salina la cual se debe a la sobre-explotación de los acuíferos y otros problemas ambientales que en su mayoría, se deben al mal manejo de los recursos. Errores políticos que inciden en el mal uso del recurso agua, la cuota de agua destinada al campo es de 82%. Las poblaciones de Tijuana y Mexicali consumen el 22% del agua destinada a agricultura, es un error que se debe corregir, el riego por aspersión a temperaturas del aire de evaporación por lo que el agua no alcanza a llegar al suelo.

Marianne Fish- quiero resaltar el tema de la comunicación, en el desarrollo de mi actividad dentro e una ONG (WWF), trato con la academia y con instancias gubernamentales como usuario final. La brecha entre la investigación y los usuarios finales es muy grande. Necesitamos como científicos, tomar una mayor responsabilidad en la comunicación de nuestras investigaciones, esta tarea es particularmente difícil, sobre todo si no tenemos entrenamiento pero considero que debemos buscar las oportunidades para recibir ese tipo de entrenamiento. Se puede hablar a través de comunicadores profesionales pero es importante involucrar a los usuarios finales para mejorar el entendimiento de sus necesidades. También necesitamos saber en qué formato necesitan la comunicación... impreso en papel?. En formato electrónico? Por medio de la radio?, o quieren sentarse a charlar del tema tomando un café?. Debemos buscar las vías de comunicación adecuadas para transmitir la información a la gente.

Federico Páez: Variabilidad o cambio climático?. En el campo hay mayor demanda de alimentos y de agua y debemos ser más eficientes en el uso de agua y energía.



Julio Cabanillas: Debemos esperar a que la ciencia deje de dudar?. Propongo que se hagan programas de difusión con el fin de ponerse de acuerdo en los puntos de partida del tema de cambio global. Propuesta: realizar un foro específicamente para homologar conceptos. Que se realice un programa de concientización. Se usa el pretexto de no tener cosas claras para no actuar. El Sector académico y el Sector Productivo deben trabajar en la elaboración planes de manejo por sectores sobre el impacto de los efectos de cambio climático sin condicionar el financiamiento gubernamental, pero sí de las partes involucradas.

Claude Hillaire: Es importante que los científicos se comuniquen mejor con los tomadores de decisiones y la sociedad... pero tendríamos que empezar por resolver la falta de credibilidad de los científicos. Por un lado, muchos científicos en el mundo, apoyados en la libertad de cátedra, se han sentido con el derecho de decir lo que sea sin tener pruebas contundentes de sus aseveraciones; y por otro lado, han realizado campañas de desprestigio sobre sus compañeros cuyas observaciones no coinciden con sus propias conclusiones. Esto ha mermado la confianza y el respeto hacia los científicos por parte de la población en general; y por tanto, ahora tenemos que responder por nuestros actos, por nuestra manera de concebir nuestro trabajo científico. La población en general, debemos responsabilizarnos legal y moralmente por el costo ambiental de nuestras actividades. En un mundo que se dirige por la economía y las tendencias financieras, la palabra clave es "pagar". No podemos pretender seguir siendo inocentes, no podemos volver a las condiciones "ideales" del siglo 20. Si usamos más agua, más energía y producimos más GEI, debemos pagar por ello. Tenemos la obligación de responder por nuestros actos. Los problemas globales necesitan soluciones globales. Muchos de los problemas que se han discutido en el CC son comunes a países en Medio Oriente, donde hay problemas de disponibilidad de agua dulce. En esa zona se tienen los mismos problemas que ustedes tienen aquí, así que una posible forma de afrontarlos es internacionalizar las soluciones y pensar en más financiamiento internacional. Si existen dificultades para realizar estudios locales porque se tienen administradores con poco interés en lo que están haciendo y por lo tanto, existen dificultades para encontrar financiamiento, la recomendación es buscar fondos internacionales, que pueden ser una fuente de financiamiento independiente de la presión del sistema local, y al mismo tiempo asegurar la cooperación entre grupos.

Marianne Fish: Sabemos que las cosas están cambiando y no queremos solamente enfrentar esos cambios, sino que queremos seguir prosperando a través de ellos por lo que necesitamos empezar por aceptarlos. Es muy difícil para la gente aceptar el cambio, la gente quiere mantener su estilo de vida, si eso significa renunciar a las cosas que ellos quieren, o cambiar la forma de hacer las cosas en su vida diaria, es más difícil actuar. En términos de manejo y conservación, debemos realmente ir hacia la idea de la preservación porque las cosas no van a seguir siendo como son ni como fueron. Necesitamos aceptar el cambio y avanzar hacia una gestión más flexible. Por otro lado, en cuanto al mensaje de la ciencia, necesitamos hacer un mejor trabajo para conseguir acercar la ciencia a la población en un formato que sea comprensible y pueda ser usada. Y en cuanto al mensaje que damos como científicos, hablando en términos de "creencia", en muchos casos, cuando se habla de la adaptación al clima, no es necesario hablar de "cambio climático" ni de "calentamiento global". Da mejores resultados hablar en término de impactos que hablar del cambio global. La gente entiende si se le habla de la sequía o las inundaciones, de las cosas que les afectan o que les pueden afectar. Reiterando el punto de asumir la responsabilidad personal por el cambio climático y saber que mi huella de carbono contribuye al cambio global. Puedo usar mucho el auto o hacer muchos vuelos por mi trabajo pero intentar hacer otras actividades para compensar el uso de combustibles como compartir auto, caminar, usar bicicleta siempre que sea posible, comprar alimentos locales, abrigarse en lugar de subir la temperatura de la calefacción. Siempre podemos hacer cosas para disminuir el uso de combustibles, sé que todo el mundo puede modificar en mayor o menor medida su estilo de vida a nivel personal para contribuir a la reducción de emisiones GEI.



RESUMEN:

Los temas que más preocuparon a los participantes del panel y al auditorio fueron la credibilidad de los científicos ante la sociedad, la necesidad del fortalecimiento de la comunicación entre academia y sociedad, la necesidad e interacción entre academia, sector productivo y tomadores de decisiones, la necesidad de usar un lenguaje comprensible por la población, la responsabilidad y los costos que debemos pagar de manera individual y colectiva por nuestras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la necesidad de la observación de normas que deben aplicarse a la sociedad.

PROPUESTAS:

Mejorar la difusión de los impactos del cambio global para que la gente tome conciencia de que sus acciones individuales son importantes en la reducción de GEI.

Realizar foros a puerta cerrada entre tomadores de decisiones, académicos y sector privado para implementar soluciones a los impactos y planear nuestro futuro como sociedad.

Buscar los medios de comunicación adecuados para concientizar a la población sobre los impactos del cambio global y acercar la ciencia para su comprensión y su uso.

16 de noviembre de 2012.

Sección I

Ciencia básica:

Modelos y modelación



Los modelos biofísico-económicos: una respuesta a la necesidad de una evaluación integral de la seguridad alimentaria.

Jorge Alejandro Adame Garza¹, Cesar Arturo Hernández Barraza, Jorge Loredó Osti y David Gilberto López Cantú.

¹ Profesor Investigador del Grupo Disciplinar de Agronegocios de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Autónoma de Tamaulipas
jadame@uat.edu.mx

Resumen

En el año 2050, la población mundial se incrementará un 50% llegando a más de 9 mil millones de habitantes, por lo que la producción de alimentos deberá incrementarse un 70%. El consumo diario de calorías crecerá un 13%, situándose en 3,130 kcal/persona. Las dietas se modificarán producto de una población mayoritariamente urbana, por lo que la producción de cereales deberá crecer 1 billón de toneladas mientras que la de carne en más de 200 millones de toneladas. La actividad agrícola se verá seriamente amenazada por el cambio climático, a la que es altamente vulnerable por consumir cerca del 69% del agua dulce. La mayor frecuencia de eventos meteorológicos extremos, ocasionará trastornos en la producción, incrementando los precios de los alimentos. A partir de la Cumbre Mundial sobre Alimentación de 1996, se han diseñado métodos de seguimiento a la seguridad alimentaria, los cuales se han centrado en el análisis del componente disponibilidad, por lo que se requieren modelos integrales para su evaluación. El Sistema de Modelación de los Impactos del Cambio Climático en la Agricultura (MOSAICC, por sus siglas en inglés), representa una solución a esta problemática, al estar constituido por modelos que atienden a la disponibilidad y estabilidad de la seguridad alimentaria. Para incorporar las dimensiones de accesibilidad y utilización, se propone aprovechar su interfase para adicionarle la información generada por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición y la Medición Multidimensional de la Pobreza.

Palabras clave: población, cambio climático, seguridad alimentaria y modelos integrales de evaluación.

Introducción

En los próximos cuarenta años, la población mundial se incrementará un 50%, llegando a más de 9 mil millones de habitantes en el año 2050 (Davis *et al.*, 2008). Para hacer frente a este incremento en la población, la producción de alimentos deberá incrementarse en un 70% (Von Braun, 2007).

De acuerdo a FAO (2008), los cambios en los estilos de vida, originados por una población mayoritariamente urbana modificarán las dietas, las cuales serán ricas en carnes, productos lácteos y alimentos procesados. El promedio diario de consumo de calorías por persona, se incrementará a 3,130 kcal/persona en el año 2050, superando a las 2,770 kcal/persona registradas en el 2005.

Bruinsma (2009), estimó que la producción de cereales deberá crecer cerca de 1 billón de toneladas, alcanzando los 3 billones de toneladas en el 2050. La producción de carne, en más de 200 millones de toneladas, para alcanzar un total de 470 millones en ese año.

El 90% del incremento de la producción agrícola, deberá ser el resultado de mayores rendimientos y de un incremento en la intensidad de los cultivos, mientras que el 10% restante deberá provenir de la expansión de las tierras cultivables. El rendimiento medio de los cereales podría alcanzar en el 2050 los 4.3 ton/ha, superando los 3.2 ton/ha actuales (Alexandratos, 2009).

De acuerdo a la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (2008), (UNISDR, por sus siglas en inglés), el cambio climático afectará no sólo el crecimiento de las plantas, los animales y el ciclo de los nutrientes, sino que también impactará a las carreteras, la infraestructura de almacenamiento y comercialización, bienes de producción, redes de



electricidad y a la salud humana, amenazando la estabilidad de los sistemas alimentarios.

La agricultura de riego, cubre una quinta parte de las tierras cultivables en el mundo y genera casi el 50% de la producción agrícola, y en particular el 60% de la producción de cereales. La rápida propagación del riego, ha ayudado a que la producción de alimentos se mantenga al ritmo de crecimiento de la población mundial; sin embargo, esta actividad es altamente vulnerable al cambio climático, ya que utiliza aproximadamente el 69% del consumo de agua dulce (Fisher., *et al.*, 2007).

El Instituto Internacional de Investigación en Políticas Alimenticias (2010), (IFPRI, por sus siglas en inglés), ha expresado que los cambios en la temperatura y en la distribución de la precipitación, crearán las condiciones para el surgimiento de nuevas plagas y enfermedades, lo cual tendrá efectos directos sobre los rendimientos de los cultivos, así como sobre la cantidad, calidad y el precio de los alimentos.

Al incrementarse la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, también serán más frecuentes las crisis en la producción, lo que contribuirá a que los precios sean más volátiles (Bloem *et al.*, 2010).

El Grupo Consultivo Internacional de Investigación en Agricultura (2009), (CGIAR, por sus siglas en inglés), señala que el aumento probable en el precio del arroz será del 31.2%, el del maíz de un 100.7% y el del trigo de un 90%.

De acuerdo a Margulis *et al.* (2010), contar con información precisa sobre la situación actual, así como de las perspectivas en la producción de alimentos, permitiría una mejor estimación de los precios futuros y un funcionamiento más eficiente de los mercados.

Por el contrario, la falta de información sobre las variables fundamentales del mercado, reduce su eficiencia y acentúa las fluctuaciones en los precios, lo cual afecta la seguridad alimentaria y genera inestabilidad social.

Antecedentes

La creación en 1975, del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, originó que se multiplicaran los análisis de las causas del hambre y se estableciera

una noción más moderna de seguridad alimentaria (Vercueil, 2000).

Los sistemas de estadísticas y las cuentas nacionales, registraron entonces una demanda creciente de información, sobre todo para la planificación y el seguimiento económico. Agregar que, sin embargo, la información generada resultaba poco útil para el seguimiento de la seguridad alimentaria ya que presentaba demoras en su publicación; las coberturas con frecuencia eran incompatibles, por lo que no era posible comparar la información obtenida por sistemas distintos.

Posteriormente, el ajuste estructural y las tendencias hacia la privatización, modificaron las economías de los países en desarrollo, lo cual ocasionó cambios importantes para la seguridad alimentaria y su seguimiento. Los sistemas existentes, se reorientaron entonces hacia una mejor distribución de las ayudas y al seguimiento de su distribución.

Destaca que en noviembre de 1996, todos los participantes en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, aceptaron la necesidad de reducir el número de personas desnutridas, lo cual exigía la concertación entre los distintos responsables de la seguridad alimentaria, así como su descentralización, por lo que nuevamente se originaron cambios en la estructura de los sistemas de seguimiento.

Asimismo, el Plan de Acción de la misma Cumbre Mundial sobre la Alimentación, recomendó que se establecieran sistemas de información y cartografía sobre la seguridad alimentaria y la vulnerabilidad, a nivel mundial y nacional, con el fin de unir esfuerzos en torno al objetivo de la Cumbre de reducir la desnutrición y lograr alimentos para todos.

Señala que algunos ejemplos de este tipo de sistemas, son: Estadísticas sobre Seguridad Alimentaria, Perfiles de Nutrición por País, Sistema Mundial de Información y Alerta y La Cartografía de la Pobreza.

Por otra parte, Delobel (2011) menciona que la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés), en colaboración con institutos de investigación europeos especializados, desarrolló un sistema integrado de software que actualmente se encuentra en su etapa de pruebas.



Asimismo, que este sistema, identificado con el nombre de MOSAICC, permite que sean llevados a cabo estudios integrales de los impactos del cambio climático en la agricultura.

Agrega, que MOSAICC permite que se realicen simulaciones en forma secuencial de todos los procesos que inciden en la producción agrícola, tales como los procesos climatológicos, hidrológicos, de desarrollo de los cultivos, así como del impacto económico que éstos generan.

Justificación

FAO (1996), durante la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, propuso la siguiente definición de Seguridad Alimentaria: "Existe seguridad alimentaria, cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos, para satisfacer sus necesidades y preferencias alimenticias, para una vida activa y sana".

Posterior a dicha reunión, aparecieron los primeros métodos que buscaban medir la seguridad alimentaria, dentro de los cuales se encontraban: el método de la FAO para estimar la prevalencia de la desnutrición, las encuestas de gastos en hogares para evaluar la inseguridad alimentaria, el método de estudio de ingesta de alimentos individuales, las medidas del estado nutricional con datos antropométricos y las medidas cualitativas de la inseguridad alimentaria y el hambre.

En general, en estos métodos se observaban las siguientes deficiencias: tomaban en cuenta sólo la ingesta de energía, sin considerar a los micronutrientes; altos costos de recolección y proceso de datos; presentaban errores sistemáticos y aleatorios; consideraban muestras muy pequeñas, por lo que su utilidad era cuestionable y no identificaban individualmente a las personas con deficiencia alimentaria.

Cabe mencionar, que actualmente los modelos existentes a nivel mundial sobre el cambio climático y la seguridad alimentaria, se han centrado principalmente en evaluar los impactos sobre la disponibilidad de alimentos y en menor medida sobre el acceso a los alimentos, sin cuantificar los efectos sobre la estabilidad del sistema alimentario; es decir, su vulnerabilidad.

Ello significa que dichos modelos no consideran los efectos originados por los cambios en las condiciones socioeconómicas de la población;

tampoco incorporan los impactos potenciales por la prevalencia de enfermedades transmitidas por alimentos, o la interacción entre la nutrición y la salud.

De manera general, los sistemas de información existentes a este respecto, poseen las siguientes limitaciones: parten del análisis a nivel país, por los que las simplificaciones y generalizaciones los hacen poco aplicables; sólo cubren algunos de los aspectos requeridos para la determinación del grado de seguridad alimentaria; los resultados que presentan, consisten en análisis estadísticos históricos; es decir, no están orientados hacia la prevención.

Por lo antes expuesto, es necesario el incremento de las capacidades para llevar a cabo un seguimiento sistemático del estado de los cultivos, así como diseñar mecanismos para elaborar pronósticos de la producción con mayor certeza, que consideren datos sobre el crecimiento de los cultivos y la información meteorológica, para transformarlos en expectativas sobre el rendimiento y la producción. Lo anterior, como punto de partida para llevar a cabo análisis sistemáticos del resto de los componentes de la seguridad alimentaria.

Cabe mencionar que los modelos integrales, que consideran los aspectos biofísicos, tecnológicos, de mercado y socioeconómicos, necesarios para simular los sistemas de seguridad alimentaria, se encuentran actualmente en un estado de desarrollo incipiente

Objetivos

Objetivo general

Seleccionar, adaptar y aplicar modelos biofísico-económicos, con el fin de generar información integral sobre el estado actual y futuro de la seguridad alimentaria, así como los medios para realizar su análisis, en los niveles estatal, regional y nacional.

Objetivos específicos

- Establecer al sistema FAO-MOSAICC como eje de la modelación de los aspectos climáticos, hidrológicos, del desarrollo de los cultivos y macroeconómicos, que gobiernan la disponibilidad y estabilidad de la seguridad alimentaria.



- Aprovechar la interfase del sistema FAO-MOSAICC para incorporar las dimensiones de accesibilidad y utilización de la seguridad alimentaria, mediante la adición de la información generada por el Sistema Nacional de Información de Mercados, por la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud y la Medición Multidimensional de la Pobreza.
- Establecer un vínculo entre los niveles micro y macro, en el análisis de la seguridad alimentaria.

Metodología

Para dar seguimiento a la seguridad alimentaria en el Estado, se propone aplicar un sistema integrado de software, el cual fue desarrollado por la FAO en colaboración con institutos de investigación europeos especializados.

Este sistema, identificado con el nombre de MOSAICC, se compone de modelos mediante los cuales se realizan simulaciones en forma secuencial, de todos los procesos que inciden en la producción agrícola, tales como procesos climatológicos, hidrológicos, de desarrollo de los cultivos, así como del impacto económico que éstos generan. Cada uno de estos modelos cuenta con las siguientes características:

Climatología

Dentro del componente clima, el sistema se basa en los escenarios futuros de baja resolución producidos por los modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés), los cuales son mencionados en los Reportes de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), aplicando posteriormente métodos estadísticos de reducción de escala, para adaptar dichos escenarios a una escala regional o local. Bajo estos principios, el Grupo de Meteorología Santander de la Universidad de Cantabria en España, desarrolló una herramienta para llevar a cabo la reducción de escala estadística, incluyéndola en el portal para el Acceso de Datos y Reducción de Escala (DAD, por sus siglas en inglés).

Interpolación

El sistema contiene también la herramienta AURELHY, para incluir el impacto del relieve en la hidrometeorología. Esta posee un método de interpolación para datos meteorológicos e hidrológicos, que toma en cuenta la topografía de los terrenos.

Hidrología

Las Herramientas Espaciales denominadas STREAM, comprenden un modelo hidrológico basado en un Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) de precipitación-escurrimiento. El objetivo de STREAM, es modelar la hidrología de las cuencas en una forma simplificada y analizar los procesos que afectan la disponibilidad de agua en las mismas.

Cultivos

FAO-MOSAICC, contiene dos modelos para obtener las proyecciones de los rendimientos de los cultivos. El primero de éstos, WABAL, está diseñado para simular el balance hídrico en el suelo, requiriendo como datos de entrada la precipitación y evapotranspiración de referencia, la fecha de inicio y duración de la estación de crecimiento, la capacidad del suelo para almacenar agua, así como la duración de cada una de las etapas del desarrollo de los cultivos.

Los resultados que se obtienen, consisten en valores para las variables correspondientes al balance hídrico del cultivo, tales como evapotranspiración actual, exceso y déficit de agua, así como el índice de satisfacción del agua para la estación de crecimiento y para cada una de las diferentes etapas de desarrollo.

La complejidad de las respuestas de los cultivos ante el déficit de agua, han conducido al uso de funciones de producción empíricas como la opción más práctica para estimar los rendimientos. Por ello el segundo modelo, AQUACROP, consiste en un enfoque empírico el cual fue propuesto por Doorenbos y Kassam (1979).

La siguiente ecuación, es la parte principal del modelo AQUACROP

$$B = WP * \sum Ta$$

En donde Ta es la transpiración del cultivo en milímetros y WP es el parámetro de productividad del agua (kilogramo de biomasa x m² y por milímetro de agua acumulada, transpirada en el periodo de tiempo dentro del cual se produce la biomasa).

Modelos dinámicos computacionales de equilibrio general

A partir de 1985, los modelos Dinámicos Computacionales de Equilibrio General (DCGE, por



sus siglas en inglés), se generalizaron como una herramienta para realizar análisis económicos.

Las especificaciones de los DCGE siguen el modelo tradicional neoclásico – estructuralista presentado por Dervis *et al.* (1982). La modelación se realiza a través del lenguaje Sistema General de Modelación Algebraica (GAMS, por sus siglas en inglés), e incluye bases de datos y una Matriz de Contabilidad Social (SAM, por sus siglas en inglés).

La SAM representa la economía de una nación, y consiste en una matriz cuadrada en la que cada cuenta está representada por un renglón y una columna; la base de datos del país en el cual será aplicado el modelo, puede incorporar el grado de desagregación deseado en actividades, productos, empresas y hogares.

Los efectos del cambio climático en la producción agrícola, se incluyen en el modelo económico de la siguiente manera: los cambios proyectados en los rendimientos, ya sea por medio de la aplicación del modelo WABAL o del modelo AQUACROP, se transfieren al modelo económico como impactos exógenos en el parámetro de cambio en la función de producción.

Asimismo, los cambios en la disponibilidad de agua para riego proyectados por el modelo STREAM, son transferidos a través de un decremento exógeno en la dotación de agua.

Los indicadores económicos típicos, tales como el producto interno bruto, empleo, inversiones y precios, se proyectan hacia el futuro, empleando los mismos escenarios climáticos que fueron utilizados para realizar las proyecciones de los cultivos. También es posible simular los efectos económicos de aquellas políticas, que se propongan para contrarrestar los efectos del cambio climático en la agricultura.

Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Es un servicio de la Secretaría de Economía que tiene el propósito de ofrecer información sobre el comportamiento de los precios al por mayor de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros que se comercializan en los mercados nacionales e internacionales.

Los mercados agrícolas, contienen información de precios mínimos, máximos y frecuentemente al mayoreo de alrededor de 40 frutas y 40 hortalizas

de consumo generalizado, que se comercializan en 44 mercados mayoristas y medio mayoristas. Los mercados pecuarios, disponen de información nacional sobre precios al por mayor de ganado en pie, carne en canal, principales subproductos, así como de volúmenes de ingreso, sacrificio de animales para abasto y orígenes del ganado, considerando bovinos, porcinos, caprinos, huevo, pollo e insumos.

Los mercados pesqueros disponen de información nacional acerca de precios de mayoreo y menudeo de pescados y mariscos, de las zonas representativas de comercialización y principales centros de distribución del país. Asimismo, se ofrecen precios de mayoreo y menudeo de las distintas marcas de atún y sardina enlatados, que se comercializan en las principales centrales de abasto y distintos tipos de establecimientos en diversas ciudades del país. Destaca el mercado de La Nueva Vega, por ser el principal centro distribuidor de estos productos en el país.

Mercados Internacionales. La disponibilidad y periodicidad de la información, se establece de acuerdo al calendario de la fuente, que es el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés).

Encuesta nacional de salud y nutrición (ENSANUT).

Es una encuesta multitemática, probabilística, nacional pero con representatividad estatal y por estratos urbano y rural, así como con una sobremuestra en los hogares con mayores carencias en el país.

Para la determinación del tamaño de muestra de la ENSANUT 2011 – 2012, se consideró que la menor proporción de importancia (prevalencia mínima de interés) que debería estimarse con precisión era del 8.1%. Además, considerando que los estimadores estatales obtenidos por la encuesta deberían tener un error relativo máximo de 25%, un intervalo de confianza de 95%, una tasa de no respuesta de 20% y un efecto de diseño de 1.7, se determinó un tamaño de muestra de al menos 1,719 viviendas por estado, usando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 (1 - P) def}{r^2 P TR}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra
P= Proporción a estimar



$Z_{\infty/2}^2$ = Cuantil de una distribución normal asociado con nivel de confianza deseado.

r= Error relativo máximo que se está dispuesto a aceptar.

deff= Efecto de diseño, que es la pérdida o ganancia en la eficiencia de diseño, por tratarse de un diseño complejo.

TR= Tasa de respuesta esperada.

De acuerdo con las estimaciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), hay en promedio 1.01 hogares por vivienda en México, con una media nacional de 4 integrantes por cada uno de ellos. De esta forma, se espera identificar 55,558 hogares, constituidos por 222,232 personas.

Medición multidimensional de la pobreza.

La inseguridad alimentaria se determina a partir de una distinción entre los hogares con población menor a 18 años y los hogares sin población menor de 18 años. Para el total de hogares donde no habitan menores de 18 años de edad, se identifican aquéllos en los que algún adulto, por falta de dinero o recursos, al menos: no tuvo una alimentación variada, dejó de desayunar, comer o cenar; comió menos de lo que debería comer; se quedaron sin comida; sintió hambre pero no comió; o hizo sólo una comida o dejó de comer durante todo el día. En el caso del total de hogares donde habitan menores de 18 años de edad, se identifican aquéllos en los que por falta de dinero o recursos, tanto las personas mayores como las menores de 18 años: no tuvieron una alimentación variada; comieron menos de lo necesario; se les disminuyeron las cantidades servidas en la comida; sintieron hambre pero no comieron; o hicieron una comida o dejaron de comer durante todo el día.

De acuerdo al número de respuestas afirmativas o negativas, se define el grado de seguridad alimentaria, bajo las siguientes categorías:

Severo: los hogares sólo con adultos que contestan afirmativamente de 5 a 6 preguntas; los hogares con menores de edad que responden de 8 a 12 preguntas de la escala.

Moderado: los hogares sólo con adultos que responden afirmativamente de 3 a 4 preguntas de la escala. Para los hogares con menores de 18 años, se consideran aquéllos que contestan afirmativamente de 4 a 7 preguntas de la escala.

Leve: los hogares conformados sólo por mayores de 18 años que contestan afirmativamente de 1 a 2

preguntas de la escala. En el caso de los hogares con menores de edad, se consideran a aquéllos que contestan afirmativamente de 1 a 3 preguntas de la escala.

Seguridad alimentaria: Los hogares constituidos sólo por adultos y los hogares con menores de edad que no responden de manera afirmativa a ninguna de las preguntas de la escala.

Resultados.

El cambio climático altera las condiciones económicas generales que determinan el poder adquisitivo de los consumidores, y por consiguiente su acceso a los alimentos. Por ello, el incremento en la producción, no es suficiente para lograr la seguridad alimentaria.

El cambio climático afecta entonces las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria: **disponibilidad, accesibilidad, estabilidad y utilización.**

El análisis de la seguridad alimentaria, implica la realización de estudios de carácter multidisciplinario, ya que incluye desde aspectos biofísicos hasta socioeconómicos.

Para llevar a cabo el seguimiento de la seguridad alimentaria, se requiere la inclusión de modelos que cubran todos los aspectos antes mencionados, para conformar sistemas de información integrales y sean aplicables en los niveles estatal, regional y nacional.

Los sistemas de información existentes a este respecto, en general, poseen de las siguientes limitaciones: parten del análisis a nivel país, por lo que las simplificaciones y generalizaciones los hacen poco aplicables; sólo cubren algunos de los aspectos requeridos para la determinación del grado de seguridad alimentaria; los resultados que presentan, consisten en análisis estadísticos históricos; es decir, no están orientados hacia la prevención.

El sistema FAO-MOSAICC, es un sistema integral, actualmente de los más completos para evaluar la seguridad alimentaria, ya que incluye la aplicación de modelos biofísicos y económicos.

Conclusiones

La inclusión de modelos biofísico – económicos, en sistemas de información integrales, constituyen un elemento estratégico para identificar y dar seguimiento al grado de inseguridad alimentaria existente; ya sea crónica, cíclica, o transitoria, en un



estado, región o país. A partir de su aplicación, es posible localizar zona y grupos vulnerables, para posteriormente proponer los planes y programas pertinentes, así como las estrategias para su implementación.

El sistema que se propone para su implementación en Tamaulipas, es el sistema integral FAO-MOSAICC, que al ser un sistema de simulación, permite la generación de escenarios futuros para cada uno de sus componentes: Climatología, Crecimiento de los Cultivos, Hidrología y Macroeconomía.

Para lograr que cubra todos los aspectos requeridos para la determinación de la seguridad alimentaria, se propone la adición al mismo del Sistema Nacional de Información de Mercados, de los resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud, aplicada por la Secretaría de Salud y la Medición Multidimensional de la Pobreza, realizada por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).

Para la implementación de este sistema, se requiere el establecimiento de Comités de Seguridad Alimentaria a nivel municipal y estatal, los cuales deberán estar integrados por los titulares de las dependencias participantes, así como por representantes de las organizaciones de productores y de la sociedad civil.

Para garantizar la aportación de la información y la continuidad del sistema, deberán constituirse Grupos Técnicos Multidisciplinarios de Seguimiento a la Seguridad Alimentaria, también en cada uno de los niveles.

Fuentes de consulta

1. Alexandratos, N. 2009. World Food and Agriculture to 2030/2050: Highlights and Views from mind-2009, in Proc. FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. FAO, Rome.
2. Bloem M. W. Semba R. D. and Kraemer K. (2010) Castel Gandolfo Workshop: An Introduction to the Impact of the Climate Change, the Economic Crisis, and the Increase in the Food Price of Malnutrition. *Journal of Nutrition* 140: 132S-135S, 2010.
3. Bruinsma, J. 2009. The Resource Outlook to 2050. By How Much do Land, Water Use and Crop Yields Need to Increase by 2050? Paper Presented at the FAO Expert Meeting

- on How to Feed the World in 2050, 24-26 June 2009, Rome, FAO.
4. CGIAR .2009. Climate, Agriculture and Food Security: A Strategy for Change. CGIAR.
5. Davies, M. et al. 2008. Climate Change Adaptation, Disaster Risk Reduction and Social Protection: Complementary Roles in Agriculture and Rural Growth. Institute of Development Studies, Brighton: UK
6. Delobel, Francois.2011.Workshop on FAO-MOSAICC, 17-18 February 2011, FAO HQ: Rome.
7. Dervis, K., de Melo, J. and Robinson, S. 1982. General Equilibrium Models for Development Policy. London: Cambridge University
8. Doorenbos, J. and Kassam A.H. 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, FAO, Rome, Italy, pp. 193
9. FAO.1996. Cumbre Mundial sobre Alimentación. Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción de la Cumbre Mundial. FAO: Roma
10. FAO.2008. A Inter-Departmental Working Group on Climate Change and Food Security. A Framework Document. FAO: Rome, pp. 93.
11. Fischer, G. 2009. World food and agriculture to 2030/2050: how do climate change and bioenergy alter the long- term outlook for food, agriculture and resource availability?" in Proc. FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050.
12. Fischer, G. et al. 2007. "Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirements: Effects of Mitigation, 1990–2080." *Technological Forecasting and Social Change* 74 (7): 1083–1107.
13. IFPRI.2010. Food Security Farming and Climate Change to 2050. Washington, DC, pp. 140.
14. Margulis, S. et al. 2010. Cost to Developing Countries of Adapting to Climate Change: New methods and Estimates. Washington, D.C.: World Bank.
15. Moorhead Anne. 2009. Climate, Agriculture and Food Security, a Strategy for Change. pp. 56.
16. UNISDR.2008. Climate Change and Disaster Risk Reduction: Briefing Note 01. Geneva: UNISDR.
17. Vercueil, Jacques. 2000. Manual para el Diseño e Implementación de un Sistema de



Información para la Seguridad Alimentaria y la Alerta Temprana. ESA, FAO: Roma.

18. Von Braun, J. 2007. The World Food Situation: New Driving Forces and Required Actions. Washington, DC. IFPRI.



Modelación de la disponibilidad del agua en la cuenca del río los hules considerando el impacto del cambio climático.

Lizbeth Álvarez Guillermo y Juana Treviño Trujillo

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Resumen

La simulación climática actualmente es una herramienta útil para obtener un panorama del impacto, la adaptabilidad y la vulnerabilidad ante cambios futuros realizados a diferentes escalas.

Lo que concierne al presente trabajo se modela la disponibilidad del agua en la cuenca del Río los hules, considerando los efectos del cambio climático. Se muestra el impacto en la región, se descubre una parte vulnerable y se expone al público para encontrar acciones de adaptabilidad. La cuenca es ocupada principalmente por los municipios de: Xochicoatlán, Calnali, Yahualica, Huazalingo, Atlapexco y Huejutla.

Para la modelación climática se uso el programa MAGICC-SCENGEN donde se obtuvieron cambios de aumento en la temperatura y disminución en la precipitación, y para la modelación de la disponibilidad de agua se aplicó WEAP (Water Evaluation And Planning System). Se aplicaron tres modelos en dos escenarios (A2 Y B2). Según los resultados en Magicc, el cambio posible más alentador es el del modelo GFDLCM21-A2 y el más adverso UKHADCM3-B2. En Weap sucede lo mismo, se analizan los escenarios intermedios donde se observa en el promedio mensual del periodo un aumento de gasto en el río Hules con respecto al escenario de referencia.

Se proyecta disponibilidad del recurso agua para la demanda de las poblaciones en la cuenca, en referencia a la calidad del agua la mayoría de las localidades no cuenta con tratamientos para la red de alcantarillado y se vierte directamente al margen del río. Resulta irrelevante la idea de aumento del volumen mensual en el río los Hules.

Introducción

En los últimos años se han realizado estudios de simulación climática para obtener un panorama de los impactos, la adaptabilidad y la vulnerabilidad ante los futuros cambios.

En México, las Naciones Unidas trabajan mediante proyectos de colaboración técnica que se llevan a cabo en una acción conjunta tanto con el gobierno federal y los gobiernos locales, como también con la academia, el ámbito empresarial y la sociedad civil del país.

En 2004 el IMTA llevó a cabo el “Diagnostico socio-hídrico participativo y elaboración de plan de acción para la optimización del uso y manejo del agua en la región de la huasteca en el estado de Hidalgo”¹, en donde menciona la problemática actual del agua en la región: “La problemática del agua en la región gira entorno a la escasez progresiva del recurso y su contaminación en los últimos años. Con relación a la escasez del agua, los habitantes sufren por el creciente desabasto, sobre todo en los últimos años, durante los cuales los efectos del periodo de sequía se han acentuado.”

Ubicación geográfica.

El estado de Hidalgo se localiza al centro del país, representa el 1.1% de la superficie del país. (INEGI, 2000). La Huasteca hidalguense se sitúa al noreste del estado de Hidalgo (Figura 1) donde se encuentra el río los Hules, con las coordenadas 20°46' y 21°08' de latitud norte, 98°23' y 98°40' de longitud oeste.

¹ Los resultados del Diagnostico, se encuentran publicados en el libro “Entre la abundancia y la escasez: paradoja hídrica en la Huasteca hidalguense”.



Colinda al sur-suroeste con la región natural de la Sierra Alta, al este con el estado de Veracruz y al norte con los estados de Veracruz y San Luis Potosí.² Para el presente trabajo se consideran a los municipios: Atlapexco, Calnali, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Xochicoatlán y Yahualica. Que tienen aportaciones al río los Hules.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Escenario socioeconómico

Para estudiar a la Huasteca Hidalguense, Denisse Soares la divide en 3 partes:

Parte Alta; **Huazalingo, Calnali** y Tlanchinol.

Parte Media; Huautla, Xochiatipan, **Yahualica y Atlapexco**.

Parte Baja; **Huejutla de Reyes**, Jaltocan y San Felipe Orizatlán.

“La región es eminentemente rural, con una concentración poblacional en la ciudad de Huejutla de Reyes. Considerando los tres municipios ubicados en la parte baja de la cuenca, ahí se concentra el 53% de la población de la Huasteca Hidalguense. La parte media registra el 27% de los habitantes y la alta el 20%”³

“Uno de los graves problemas de la Huasteca es la carencia de la infraestructura que permita cosechar y almacenar la elevada cantidad de lluvia que se precipita en la región. En la época de sequía, la escasez de agua es severa, provocando un impacto negativo no solo en el abasto de agua a nivel

² Según la división de Regiones Naturales del estado de Hidalgo.

³ Pág. 20 del Libro “Entre la abundancia y la escasez: Paradoja hídrica en la Huasteca hidalguense”

doméstico, si no también agrícola, acarreado pérdidas significativas en la producción agropecuaria.”⁴

Lo que corresponde al agua potable ninguno de los municipios cubre al 100% la distribución, solo unos pocos se acercan al 50% de cobertura.⁵ En la región destacan dos actividades, la agrícola y la pecuaria. La agricultura que se practica es de temporal, teniendo mayor importancia el cultivo del maíz. La actividad ganadera es mayormente extensiva (pastoreo). Hay otras explotaciones pecuarias en la región de menor importancia.

Escenario hídrico

La cuenca del río Moctezuma se localiza dentro de la región hidrológica No. 26, ocupando la subcuenca denominada con la letra **D** de esta región.⁶ Está limitada por las cuencas hidrográficas: al sur con del río Balsas, al oriente con las del río Tuxpan, Cazonas y Tecolutla, al poniente con la del río Lerma y al norte con las de los ríos Tempoal y Panuco.⁷

Los ríos que cruzan a la Huasteca son: Los Hules, San Pedro y Calabozos. Se describe la cuenca del río los Hules acuerdo al “Estudio de la calidad del agua en la cuenca del Río Moctezuma”, realizado por la Secretaría de Ecología del INE:

Cuenca río Los Hules. Nace en la sierra Madre Oriental, a la altura del poblado de Molango en el estado de Hidalgo, su rumbo generalmente es noroeste. La cuenca de este río es ocupada por los municipios de: Xochicoatlán, Calnali, Yahualica, Huazalingo, Atlapexco y Huejutla, todos pertenecientes al estado de Hidalgo. Solo existe una estación climatológica en esta cuenca, ubicada en el municipio de Huejutla con el número 13011 de identificación

⁴ Pág. 34 del Libro “Entre la abundancia y la escasez: Paradoja hídrica en la Huasteca hidalguense”

⁵ En el primer capítulo del Libro “Entre la abundancia y la escasez: Paradoja hídrica en la Huasteca hidalguense”

⁶ Según cartas hidrológicas de aguas superficiales “CD. VALLES F14-8” Y “PACHUCA F14-11” del INEGI.

⁷ INE, Estudio de la calidad del agua en la cuenca del río Moctezuma. 1987



El clima predominante en la Huasteca es el cálido-húmedo en sus diferentes graduaciones. En la parte suroccidental del Carzo Huasteco predomina un clima menos caluroso, denominado semicálido húmedo, con lluvias todo el año.⁸ Temperatura media anual es de 24.02°C y la precipitación pluvial anual es de 1461.90 mm

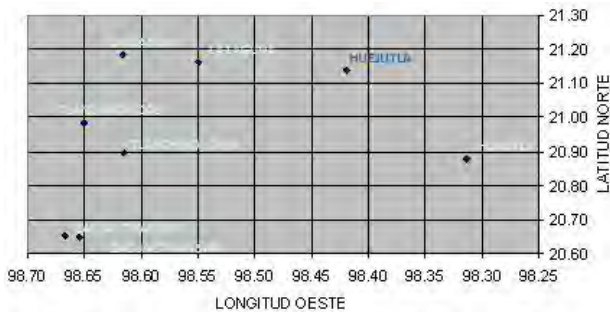
Composición general del suelo existente en la cuenca Los Hules: acrisol, feozem, litosol, luvisol, regosol, remozima y vertisol

Modelación del impacto climático

Para la modelación del impacto climático se uso el programa Magicc_Scengen, documentado por Wigley (2008).

Es necesario conocer las coordenadas de la estación meteorológica de referencia, para ubicarla en los resultados del programa. (Gráfica 1)

Gráfica 1. Ubicación de estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Meteorológico Nacional

Datos ingresados al programa Magicc_Scengen fueron los siguientes:

- Selección de dos escenarios de emisiones: escenario político B2-MES y escenario de referencia A2MES.9
- Establecimiento de parámetros para el modelo (se usaron los predeterminados por el programa): modelo del ciclo del carbono medio, realimentaciones dentro del ciclo del

⁸ Lucio Gutierrez Herrera, et. al., “La configuración Regional de la Huasteca”

⁹ Los escenarios seleccionados son los recomendados para México por los expertos en el tema y por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

carbono abierto, forzando al aerosol medio, sensibilidad 2.6 °C, circulación termina variable, difusión 2.3 cm²/s, deshielo medio, modelo usuario.

- Parámetros de salida: año de referencia 1990, primer año 1990, último año 2100, intervalos 5.
- Correr el modelo.
- Se entra a SCENGEN para definir los parámetros: se analiza el cambio, modelos usados (cada modelo se corrió para cada año) “GFDLCM21, MPIECH-5 y UKHADCM3”, variables temperatura y precipitación, periodo anual, año desde el 2010 al 2060 (corrida por año).
- Se realizaron las corridas necesarias y se agruparon los resultados.

Con los resultados obtenidos y las temperaturas promedio de referencia se calculó la temperatura y precipitación para el periodo establecido de acuerdo a cada modelo y escenario.

Se determinó la zona climática de la cuenca y los cambios presentados, por medio de la relación P/T (precipitación/temperatura) ó IL (Índice de Lang). Se interpreta de la siguiente manera, Urbano (1995):

De acuerdo con los resultados la cuenca del Río Los Hules se halla en una zona húmeda de bosques ralos, en el 2010 en todos los modelos y escenarios se encuentran en la zona húmeda de estepa y sabana.

Para determinar el tipo de año (muy húmedo, húmedo, normal, seco y muy seco) e ingresar al modelo WEAP, se calculó la anomalía de cada año en base a la precipitación del periodo 2010-2060, tomando en cuenta que el año 2010 es un “año normal”, se estableció el siguiente criterio:

- Una disminución del 60% de la anomalía de la precipitación: Año muy seco.
- Una variación del 60.1% al 80% de la anomalía de la precipitación: Año seco.
- Una variación del 80.1% al 120% de la anomalía de la precipitación: Año normal.
- Una variación del 120.1% al 140% de la anomalía de la precipitación: Año húmedo.
- Un aumento mayor al 140% de la anomalía de la precipitación: Año muy húmedo.



Para los primeros quince años se mantiene una condición "Normal" y los últimos 18 años se tienen años "Muy seco".

Modelación de la disponibilidad del agua

Identificar los centros de demanda de agua:

Centros de demanda municipal:

- Población en el censo del 2005 (INEGI).
- Censo de población 2010 (INEGI).
- Índice de crecimiento de población (ICP 2000-2005).
- Proyección de población 2011-2030 (CONAPO)¹⁰.
- Dotación m³ /hab/año (de acuerdo al reglamento de construcción del D.F.)¹¹
- Variación mensual dotación.

Estudio hidrológico:

- Área de la cuenca.
- Cartas hidrológicas de aguas superficiales "Cd. Valles F14-8" y "Pachuca F14-11" del INEGI (1:50,000).
- Tipos de suelo (% del área de la cuenca).
- Usos de suelo (% del área de la cuenca).
- Pendiente del cauce principal.
- Cálculo de los coeficientes de escurrimiento (método del SCS)¹².
- Cálculo de los volúmenes de escurrimiento (método del SCS).
- Precipitación efectiva mensual¹³.
- Porcentaje de la precipitación efectiva.
- Evaporación mensual.

Construcción del modelo WEAP:

- Insertar mapa con extensión SHP (ARCVIEW shape)¹⁴
- Dibujar el esquema de la cuenca. Figura 2. Río: Los Hules.
Acuíferos: Atlapexco-candelaria.

Centros de demanda: Atlapexco, Canali, Huazalingo, Huejutla de reyes, Xochicoatlan, Yahualica.

Conexiones de transferencia y flujos de retorno.

- Insertar corridas:

Año base: 2010 NORMAL

- 1) Escenario base SIN cambio climático. Periodo: 2011-2060
- 2) Escenario A2, modelo GFDLCM21, periodo: 2011-2060
- 3) Escenario A2, modelo MPIECH-5, periodo: 2011-2060
- 4) Escenario A2, modelo UKHADCM3, periodo: 2011-2060
- 5) Escenario B2, modelo GFDLCM21, periodo: 2011-2060
- 6) Escenario B2, modelo MPIECH-5, periodo: 2011-2060
- 7) Escenario B2, modelo UKHADCM3, periodo: 2011-2060

Figura 2. Esquema final en WEAP, Río Los Hules



Se ingresaron datos a los *centros de demanda*; población, dotación anual del consumo por persona, porcentaje de la variación mensual de la demanda.

Hidrológicos: Definir valor para cada tipo de año, secuencia de años (tipo de año húmedo-seco) para cada escenario según la anomalía de la precipitación.

¹⁰ Proyecciones municipales 2005 al 2050 de CONAPO
¹¹ Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas. Reglamento de Construcción del Distrito Federal.
¹² Notas del curso de Ingeniería de Recursos Hidráulicos
¹³ Normales climatológicas de la estación 13011, Servicio Meteorológico Nacional
¹⁴ El mapa de la Cuenca del río los Hules fue obtenido del Simulador de flujos de cuencas hidrográficas (INEGI-SIATL)



Recursos y abastecimiento: Escurrimiento para el río los Hules en cada modelo y escenario, y los datos del acuífero Atlapexco-Candelaria. Para obtener el escurrimiento (V_e =Velocidad de escurrimiento) de cada cuenca, se necesitó conocer el coeficiente de escurrimiento (C_e) dado en %, el área (A_c) en km², la precipitación mensual (P_m) en mm (precipitación que resulto de la modelación en MAGICC) y los segundos que tiene un mes (t).

Usando la siguiente fórmula:

$$V_e = \frac{P_m * C_e * A_c}{t}$$

Estos datos se ingresaron en archivo de texto separado por comas.

Resultados

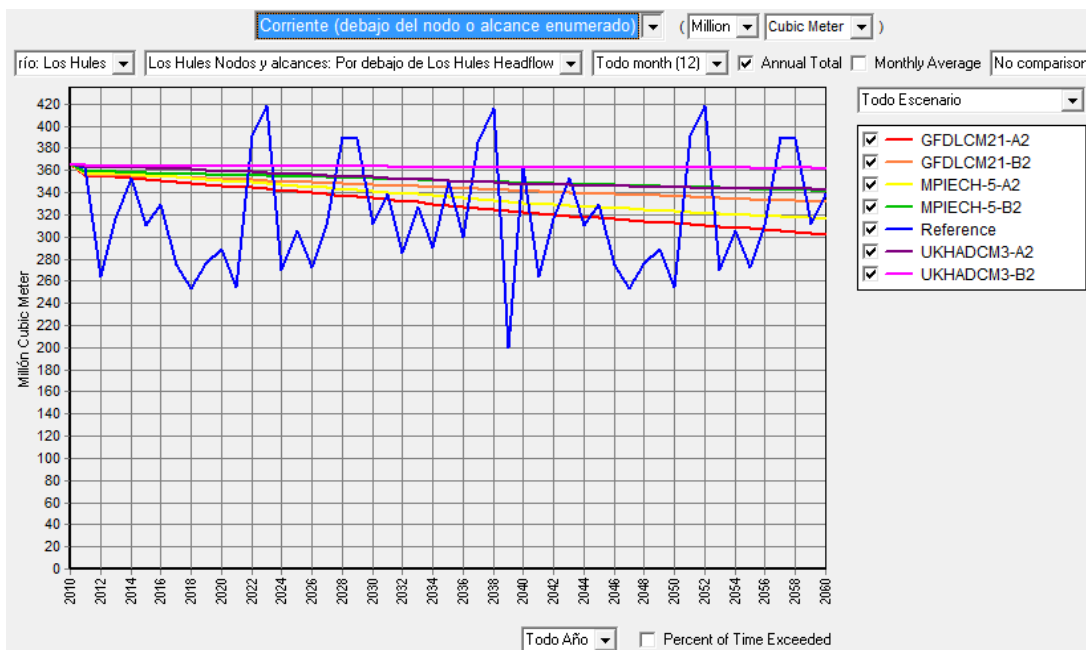
Los resultados se resumen en los siguientes gráficos, en donde se observa los cambios de flujo del río los Hules en diferentes perspectivas. En el gráfico 2, el gasto proyectado del escenario de referencia oscila a lo largo del periodo. En los escenarios con cambio climático se observa una disminución del gasto en diferente proporción para cada escenario, con una misma tendencia.

El escenario alentador es el UKHADCM3-B2 el cual muestra una ligera disminución, por el contrario el GFDLCM21-A2 muestra un mayor descenso de gasto.(Gráfica 2)

En el gráfico 3, se observa cómo se mueve el gasto del Río los Hules respecto al escenario de referencia, en algunos años se puede llegar a sentir con mayor impacto. Se observa en las Gráficas 4 y 5 el aumento del gasto con respecto al escenario de referencia, contrariamente a lo que se proyecta en el periodo 2010-2060. El mayor aumento de gasto con respecto a la línea de referencia es en el mes Julio con unos 13 millones de m³ y la mayor disminución en el mes de Agosto de -8.5 millones de m³.

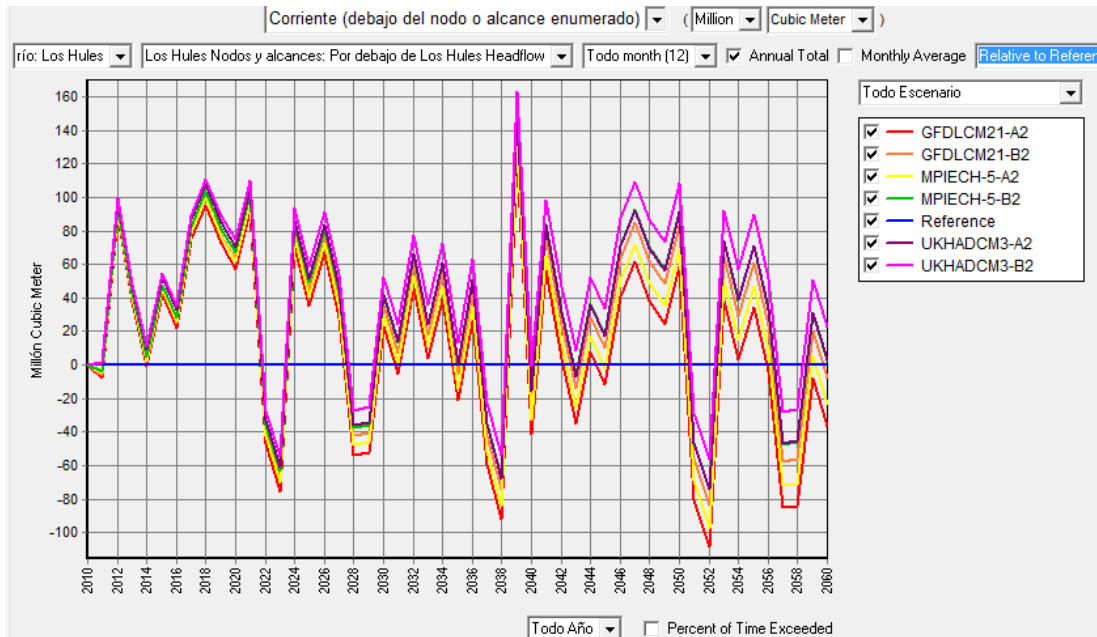
La demanda hecha por los municipios de la cuenca del Río se ve satisfecha en el periodo proyectado en todos los escenarios, exceptuado por el escenario de referencia. (Gráfica 6) en el Gráfica 7 nos muestran que se puede confiar en el sistema, el único escenario en el que existe variaciones y no alcanza el cien por ciento de confiabilidad, es por que presenta cuatro momentos en el periodo donde no alcanza a cubrir las demandas de los municipios, proyectando situaciones críticas para los habitantes.

Gráfico 2. Gasto del río los Hules en los siete escenarios.

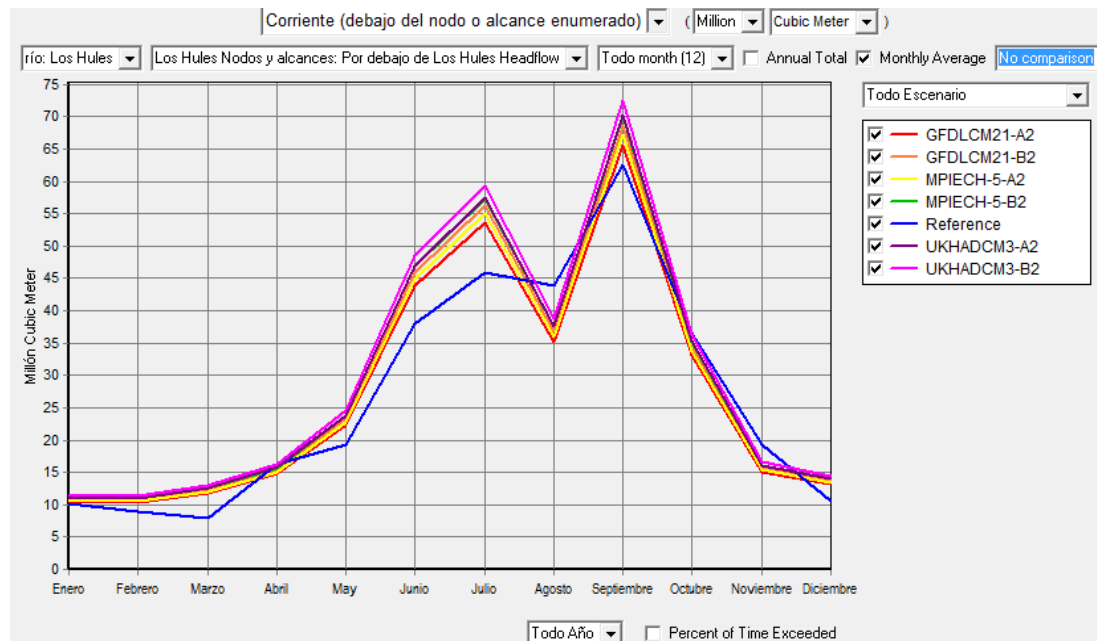




Gráfica 3. Gasto del Río los Hules en los diferentes escenarios con respecto al escenario de referencia.

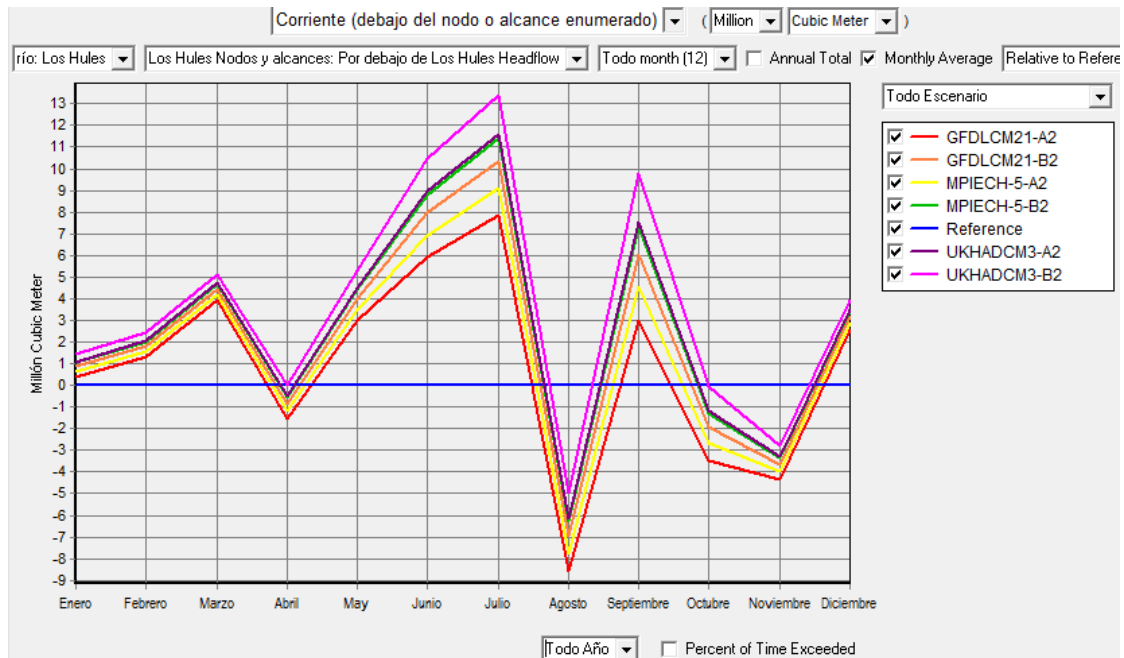


Gráfica 4. Gasto promedio mensual del Río los Hules en los diferentes escenarios.

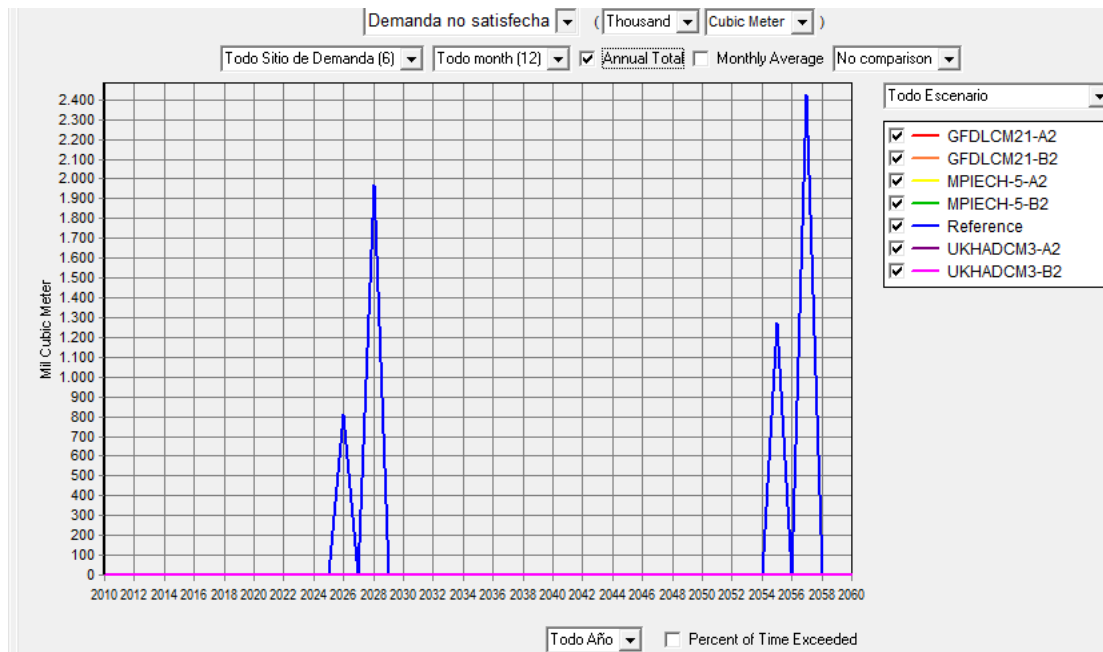




Gráfica 5. Gasto promedio mensual del Río los Hules con respecto al escenario de referencia.

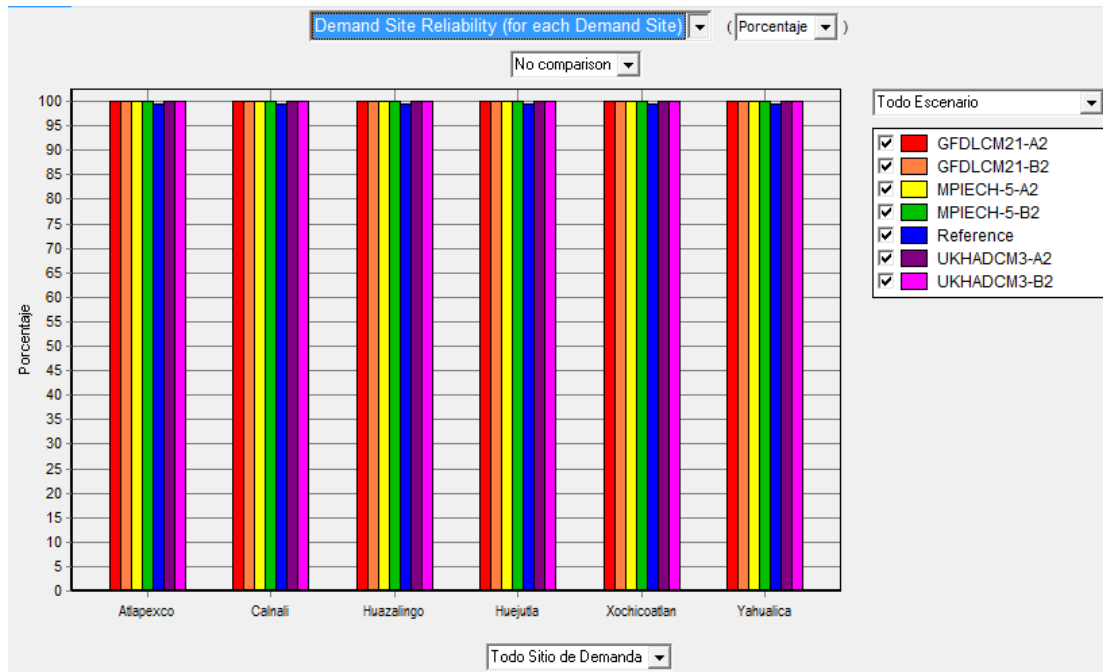


Gráfica 6. Demanda no satisfecha por el Río los Hules.





Gráfica 7. Confiabilidad en el sistema de los sitios de demanda



Conclusiones

En general se proyecta disponibilidad del recurso agua para la demanda de las poblaciones en la cuenca.

Para lograr una modelación de mayor presión, es necesario ingresar la mayor cantidad de variables posibles. Algunas de las variables que no se ingresaron al modelo son: demanda por distritos de riego (actualmente no existen), demanda industrial y calidad del agua.

Y en referencia a la calidad del agua en la región la mayoría de las localidades no cuenta con tratamientos para la red de alcantarillado y se vierte directamente al margen del río. Resulta irrelevante la idea de aumento del volumen mensual en el río los Hules.

Fuentes de consulta

1. ONU/WWAP (Naciones Unidas/Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). 2003. 1er Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida. París, Nueva York y Oxford. UNESCO (Organización de las

- Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y Berghahn Books.
2. Página oficial del Estado de Hidalgo. "División de Regiones Naturales del estado de Hidalgo" www.hidalgo.gob.mx
3. Enciclopedia de los Municipios de México <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/enciclomuni/index.html>
4. Soares, Denise. Entre la abundancia y la escasez: paradoja hídrica en la huasteca hidalguense / Denise Soares... et al. – Jiutepec, Morelos: IMTA, 2006. 164 pp.
5. Cartas Hidrológicas de Aguas Superficiales "Cd. Valles F14-8" Y "Pachuca F14-11", elaboradas por el INEGI
6. Libros INE, "Estudio de la calidad del agua en la Cuenca del Río Moctezuma". Clasificación AE 002368
7. Página oficial de CNA Servicio Meteorológico Nacional. <http://smn.cna.gob.mx/>
8. Normales de las Estaciones Climatológicas del Estado de Hidalgo Enlace: <http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/cnormales.html>
9. Gutiérrez, Lucio. La configuración Regional de la Huasteca / Lucio Gutiérrez Herrera... et. al. – Instituto Hidalguense de Educación Media Superior y Superior, Gobierno del Estado de Hidalgo, Invierno 1997.



10. Memorias del Sexto Simposium de los consejos de Cuenca del Organismo de Cuenca Golfo Norte, "Cambio Climático: Impacto, Vulnerabilidad y Adaptación". Expositores: Dra. Cecilia Conde y Dr. Gerardo Sánchez. CONAGUA, Consejos de Cuenca, Ingenieros sin Fronteras México, Noviembre 2007.
11. Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM. <http://www.atmosfera.unam.mx/>
12. Magicc-Scengen versión 53: <http://www.cgd.ucar.edu/>
13. Tom M.L. Wigley, 2008, NCAR, Boulder, CO. MAGICC/SCENGEN 5.3: USER MANUAL (version 2)
14. Programa Nacional Hídrico 2007-2012. www.weap21.org.
15. Atlas climatológicos digitales de México. www.atmosfera.unam.mx/uniatmos/atlas
16. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report.
17. Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability
18. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática <http://inegi.gob.mx/>
19. IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) <http://www.ipcc.ch/>
20. "Agua para todos, agua para la vida", Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, UNESCO-WWAP, 2003.
21. LEE, et al. 2005. WEAP. Water Evaluation And Planning System USER GUIDE. Stockholm Environment Institute Tellus Institute 11 Arlington Street Boston, MA 02116-3411 USA. 176pp.
22. Sieber J and D. Purkey., 2007. WEAP. Water Evaluation And Planning System USER GUIDE for WEAP21. Stockholm Environment Institute. U.S. Center. 219pp.
23. Weap Tutorial, febrero 2009. Stockholm Environment Institute. 225pp.
24. Esqueda, Dr. Gerardo Sánchez Torres. Consejos de Cuenca: Cambio climático y políticas de adaptación en los consejos de cuenca en México. Estudio de caso: Comisión de Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí, del Consejo de Cuenca del Río Pánuco."
25. Proyecciones municipales de población 2005 al 2030 www.conapo.gob.mx
26. Normas técnicas complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas. Reglamento de Construcción del Distrito Federal.
27. Notas del curso de Ingeniería de Recursos Hidráulicos impartido por el Dr. Gerardo Sánchez Torres Esqueda, Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", Universidad Autónoma de Tamaulipas. C.U. Tampico-Madero, C.P. 89339 Tampico, Tamaulipas, México. E-mail: gsanchezt@uat.edu.mx
28. Inegi- siatl (simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas) http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#
29. Para la creación de archivos con extensión .CSV ir a "Ayuda WEAP", en el apartado "Data Variables".
30. Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Centro de ciencias de la atmosfera, UNAM. Primera versión. Noviembre 2008.



Seawater-air CO₂ exchange in the Gulf of California

Saúl Álvarez-Borrego

CICESE, Departamento de Ecología Marina

Email: alvarezb@cicese.mx

Abstract. Coastal upwelling systems are known to be CO₂ oversaturated with respect to the atmosphere. The Gulf of California is a coastal upwelling system, and it also has very strong mixing processes in places like the midriff islands region. The main natural fertilization mechanism for the gulf is water exchange with the Pacific Ocean (PO). Surface (0-200 m) gulf nutrient and dissolved inorganic carbon (DIC) poor water flows out to the PO, and deep (200-600 m) nutrient and DIC rich water flows into the gulf. This mechanism produces a net input into the gulf of dissolved constituents which concentrations increase with depth. Values of the vertical component of this water exchange were used to estimate the net input of DIC from the PO into the gulf (DIC_{NET INPUT}). Assuming steady state for nutrients and DIC inside the gulf and that DIC_{NET INPUT} is balanced by new phytoplankton production for the whole gulf (P_{NEW}) and gas exchange with the atmosphere, the result is that the gulf has a CO₂ average out-gassing of $(7.66 \pm 2.65) \times 10^{12}$ grams C year⁻¹. From the pCO_{2w} scarce data for the gulf's waters, it can be inferred that the "winter" coastal upwelling areas of the whole eastern gulf have a total annual CO₂ water-to-air flux of $\sim 5.7 \times 10^{12}$ grams year⁻¹. The midriff islands region has a similar figure ($\sim 6 \times 10^{12}$ grams C year⁻¹ for the whole region); but maximum pCO_{2w} values reported for this region (up to 1200 μ atm) result in the largest CO₂ fluxes per unit area (>150 mmol m⁻² d⁻¹). Also, some CO₂ water-to-air fluxes occur at the center of cyclonic eddies throughout the gulf, and at some reduced "summer" coastal upwelling areas, at the western gulf. There is good agreement between the two methods. The gulf behaves as a source of CO₂ to the atmosphere because the slope of the DIC-NO₃ relationship in subsurface and deep waters of the Gulf of California is larger than Redfield's ratio. When subsurface and relatively deep waters are carried to the euphotic zone by upwelling and/or mixing, after all nitrate is consumed by new

phytoplankton production there is DIC left as an excess and it goes to the atmosphere.

Introduction

The Gulf of California (GC) has three main natural fertilization mechanisms: water exchange with the Pacific Ocean (PO), upwelling, and mixing. Despite the strong evaporative forcing, the Gulf of California gains heat from the atmosphere (Bray 1988; Lavin and Organista 1988). In the GC there is an annual average net surface heat flux into the sea of ~ 118 W m⁻² (Castro *et al.* 1994). This heat has to be exported to the PO somehow; otherwise the gulf's temperature would be increasing (Lavin *et al.* 1997). A large entrance to the GC (>200 km wide, and >2500 m deep) allows for a complex circulation to and from the PO (i.e., Roden 1972), including eddies spanning much of the entrance (Emilsson and Alatorre 1997).

Water exchange between the GC and the PO exhibits spatial and temporal variability, it has a large horizontal component with inflow occurring mostly at the center and eastern side of the gulf's entrance, and outflow mostly at the western side, but sometimes showing alternating cores of flow into and out of the gulf (Roden 1972; Castro *et al.* 2006). Integrated transport across the gulf (T_{INTZ} m² s⁻¹) is the sum of velocities at each depth. When dealing with the average water exchange for a long period (i.e., a year average), most of the inflow at a certain depth is balanced by the outflow; if there is a difference it has to be balanced by flow in the opposite direction at another depth and this constitutes the vertical component of water exchange (VCWE). Notice that it does not imply a vertical component of advection.

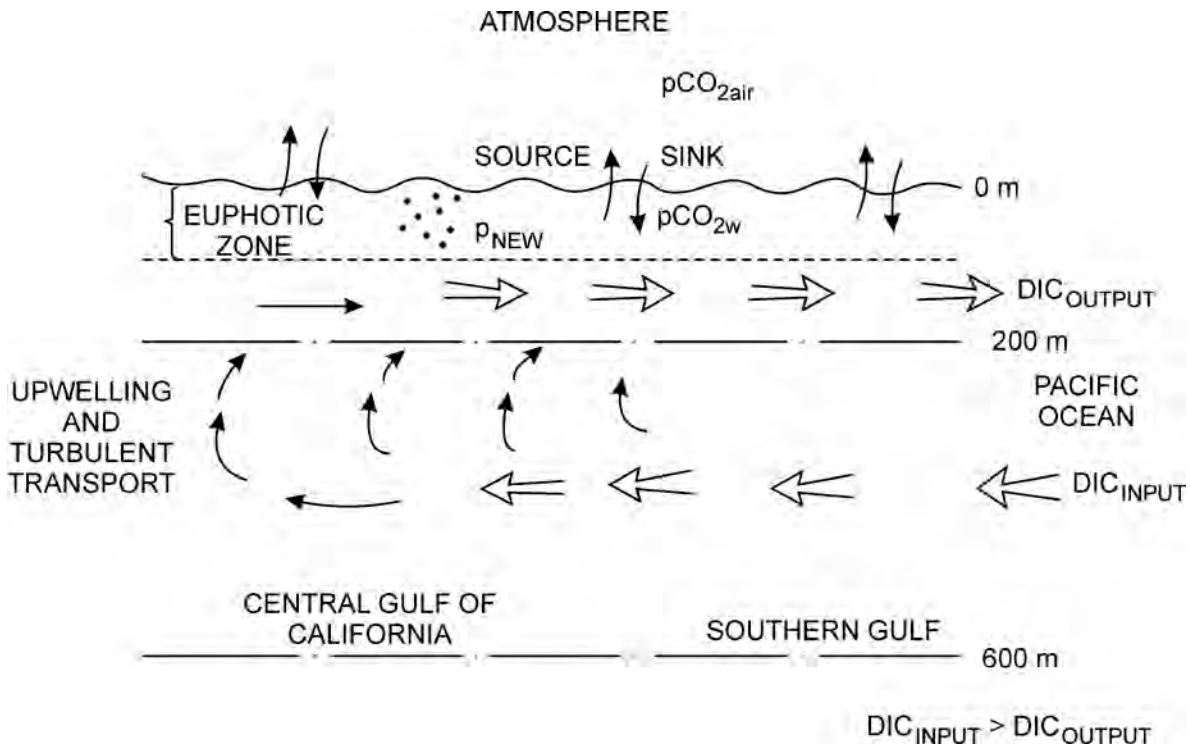
When integrating velocity across the gulf's mouth for each depth the horizontal component of water exchange is eliminated. The VCWE may be defined as the integration of T_{INTZ} with depth, for layers



between depths with zero T_{INTZ} . This VCWE between the GC and the PO mainly consists of less dense, warmer, saltier, and nutrient and dissolved inorganic carbon (DIC) poor surface and near surface water flowing out from the gulf into the PO, and to balance this flow, relatively deep, denser, colder, fresher, and nutrient and DIC rich water flows into the gulf. Marinone (2003) used a three-dimensional model to conclude that heat and salt flow out of the gulf in the top 200 m, and into the gulf at 200-600 m. A restriction for this kind of estimate is that the water flux out has to be equal to the flux into

the gulf, at the entrance to the gulf, because of the conservation of mass principle. Nevertheless, the transport of dissolved nutrients and DIC does not balance at the entrance to the gulf because their concentrations are higher at depth than at the surface. The DIC and nutrients that enter the gulf from the Pacific Ocean at 200-600 m are transported throughout the gulf, and through mixing and upwelling they are input to the euphotic zone to be consumed by new phytoplankton production. Once at the mixed layer, the DIC also participates in gas exchange with the atmosphere (Fig. 1).

Fig. 1. A simplified diagram showing the net input of dissolved inorganic carbon ($DIC_{NET\ INPUT}$) and how it could be compared with new phytoplankton production (P_{NEW}) to infer if the gulf is a sink or source of CO_2 to the atmosphere. $DIC_{NET\ INPUT} = DIC_{INPUT} - DIC_{OUTPUT}$. When $P_{NEW} > DIC_{NET\ INPUT}$ the gulf is a sink of CO_2 ; when $P_{NEW} < DIC_{NET\ INPUT}$ the gulf is a source of CO_2 (from Rodriguez-Ibáñez *et al.* 2013).

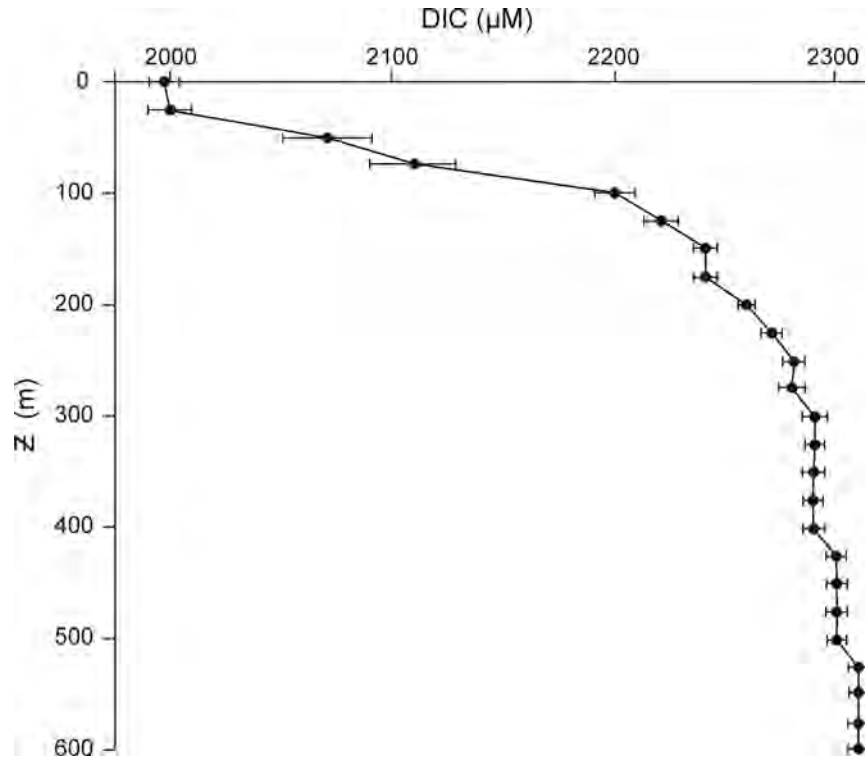


The VCWE between the gulf and the PO has a very important ecological implication because it is a natural fertilization mechanism for the gulf. The VCWE causes net input of DIC and nutrients from the Pacific into the gulf. DIC and nutrient concentrations have very weak horizontal gradients

across the entrance to the gulf, but throughout the gulf they have strong vertical gradients with values increasing with depth (Alvarez-Borrego *et al.* 1978; Gaxiola-Castro *et al.* 1978) (i.e. the DIC average profile for the entrance to the gulf in figure 2).



Fig. 2. Annual average of the vertical distribution of DIC (μM) for the mouth of the Gulf of California. Horizontal bars represent \pm one standard error ($s \text{ n}^{-0.5}$) (from Rodriguez-Ibañez *et al.* 2013).



The objectives of this work are to analyze Rodriguez-Ibañez *et al.*'s (2013) application of results on the VCWE estimates to conclude that the gulf is a source of CO_2 to the atmosphere, and review the scarce data on the DIC system of the GC to infer the possible places for significant water-to-air CO_2 fluxes and their possible magnitudes.

Estimates of the vertical component of water exchange (VCWE)

Recent geostrophic computations and direct measurements of currents confirm that total water exchange at the gulf's entrance is in the order of several Sv (up to $>8 \text{ Sv}$) ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) (Lavín *et al.* 2009). Bray (1988) has produced the only estimate of the VCWE with physical methods, but between the northern and central gulf. She used geostrophic calculations and then integrated transport across the gulf for each depth, and integrating this with depth water flux was $0.40 \pm 0.05 \text{ Sv}$, southward between 0-250 m and northward at 250-500 m. However, her value for T_{INTZ} was not

zero at 500 m, suggesting a significant vertical component of transport below this depth.

Álvarez-Borrego (2012) proposed a new and independent method to estimate VCWE for the entrance to the gulf assuming, as a first approximation, that the concentration of nutrients in the gulf are in steady state, and using the necessary net annual average input of nitrate from the PO to balance new phytoplankton production in the whole gulf and for the whole year (P_{NEW} grams C year^{-1}). Hidalgo-González and Álvarez-Borrego (2004) estimated new phytoplankton production in the gulf using satellite imagery and modeling, and their results were used by Álvarez-Borrego (2012) to deduce an annual average P_{NEW} equal to $(31.04 \pm 1.58) \times 10^{12}$ grams C for the whole gulf. Álvarez-Borrego's (2012) VCWE estimate for the entrance to the gulf is $0.67 \pm 0.10 \text{ Sv}$ (the number after \pm is a standard error = $s \text{ n}^{-0.5}$), going out to the Pacific at 0-200 m depth and into the gulf at 200-600 m.



In a similar manner, Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán (2012) used the necessary net annual average input of dissolved Si from the PO to balance the quantity needed to support the production of biogenic silica particles (opal, mostly diatom frustules and radiolarians) that are preserved in the gulf's sediments to generate another VCWE estimate for the entrance to the gulf. Their result is: $VCWE = 0.23 \pm 0.02$ Sv. Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán (2012) discussed the possibility of other sources of Si, besides the input from the PO into the gulf, with the conclusion that dissolved Si input from rivers and hydrothermal vents might add to only ~3% of the input from the PO. Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán (2012) expressed that the difference between their VCWE value and that of Álvarez-Borrego (2012) (a factor of $2.9 = 0.67/0.23$) suggests that Hidalgo-González and Álvarez-Borrego (2004) might have overestimated new phytoplankton production in the gulf.

New Phytoplankton production in the whole Gulf of California

New production is the fraction of total phytoplankton production supported by the input of nitrate from outside the euphotic zone (Dugdale and Goering 1967), mainly from below the thermocline by vertical eddy diffusion and upwelling. Phytoplankton cells use nutrients recycled within the euphotic zone for regenerated production (P_R).

Total production is equal to the sum of both new and regenerated production ($P_T = P_{NEW} + P_R$). Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán (2012) used their VCWE value to estimate the average net annual input of nitrate from the PO to the GC, and then transformed it to a P_{NEW} value for the whole gulf. The net input of nitrate into the gulf is $(116.6 \pm 40.0)10^9$ moles $year^{-1}$. Redfield *et al.* (1963) proposed a nitrogen to carbon ratio (N:C) for phytoplankton photosynthesis equal to 16:106 when they are expressed in moles, which apply in nutrient rich waters for new phytoplankton production.

Thus, applying Redfield C:N ratio, new phytoplankton production for the whole gulf (P_{NEW}) is $6.625(116.6 \pm 40.0)10^9$ moles C $year^{-1} = (9.27 \pm 0.94)10^{12}$ grams C $year^{-1}$. These authors found that other sources of nitrate besides the PO are negligible when considering new phytoplankton production for the whole gulf. Álvarez-Borrego (2012) used Ahrens *et al.*'s (2008) data to estimate that the total annual inorganic N input from

agricultural runoff to the gulf is no more than ~0.2% of the input from the PO; and he used White *et al.*'s (2007) data on N_2 fixation in the central and southern gulf during summer to estimate that N input from nitrogen fixation supports only ~0.3% of P_{NEW} for the whole gulf.

Comparison of the net input of DIC from the Pacific Ocean with P_{NEW}

The traditional method to estimate water-air CO_2 fluxes is based on differences of the CO_2 partial pressures in the water and in the air. On the basis of the global distribution of ΔpCO_2 values ($\Delta pCO_2 =$ surface water CO_2 partial pressure minus air CO_2 partial pressure = $pCO_{2w} - pCO_{2air}$), a global net ocean uptake flux for anthropogenic CO_2 emissions of 2.0 ± 1.0 PgC yr^{-1} was estimated in a reference year 2000 (one PgC is 10^{15} grams of C in the form of CO_2) (Takahashi *et al.* 2009). However, the coastal ocean has been largely ignored in global carbon budgeting efforts, even if the related flows of carbon and nutrients are disproportionately high in comparison with its surface area (Chen *et al.* 2003). It is interesting to notice that coastal upwelling areas are known to show oversaturation of CO_2 with respect to atmospheric equilibrium because of the input of CO_2 -rich deep waters (Borges 2005; Torres *et al.* 2011).

The wind field over the Gulf of California is essentially monsoonal in nature, from the NW during "winter" and from the SE during "summer". Upwelling occurs off the eastern coast with northwesterly winds ("winter" conditions from December through May), and off the Baja California coast with southeasterly winds ("summer" conditions from July through October), with June and November as transition periods (Roden 1964).

Besides, the northern gulf exhibits spectacular tidal phenomena, and in spite of relatively strong stratification during summer, tidal mixing in the midriff islands region produces a vigorous stirring of the water column down to >500 m depth, with the net effect of carrying colder, nutrient-rich water to the surface (Simpson *et al.* 1994) and creating an ecological situation similar to constant upwelling (Álvarez-Borrego 2002). This also has the effect of making the areas around the midriff islands a strong source of CO_2 to the atmosphere (Zirino *et al.* 1997; Hidalgo-González *et al.* 1997).



Rodríguez-Ibáñez *et al.* (2013) proposed a new method to estimate water-to-air average CO₂ fluxes for the whole Gulf of California. At the moment it is not possible to use the traditional method to produce an accurate water-to-air CO₂ flux estimate for the gulf because data on the DIC system of the gulf, necessary to estimate ΔpCO₂, are very scarce. Rodríguez-Ibáñez *et al.*'s (2013) method is based on comparing the net input of DIC from the PO into the gulf (DIC_{NET INPUT}) with P_{NEW} for the whole gulf. Steady state of DIC profiles throughout the gulf was assumed at the scale of annual averages.

The method only requires an annual average DIC profile for the entrance to the gulf. The gulf was considered as a box open to the Pacific for water and dissolved components exchange, and also it is open to the atmosphere for gas exchange (Fig. 1). In order to achieve steady state, once inside the gulf DIC_{NET INPUT} has to be balanced by consumption by new phytoplankton production and water-air CO₂ exchange:

$$\begin{aligned} \text{DIC}_{\text{NET INPUT}} - P_{\text{NEW}} - \text{CO}_{2\text{EXCHANGE}} &= 0; \\ \text{CO}_{2\text{EXCHANGE}} &= \text{DIC}_{\text{NET INPUT}} - P_{\text{NEW}}. \end{aligned}$$

If CO_{2EXCHANGE} is positive there is an excess of DIC_{NET INPUT} after nitrate has been exhausted by new phytoplankton production, and CO₂ flows from the water to the atmosphere; if CO_{2EXCHANGE} is negative there is a deficit of DIC_{NET INPUT} and CO₂ flows from

the atmosphere to the water (Fig. 1). This occurs regardless of the particular characteristics of DIC profiles in different regions of the gulf.

Rodríguez-Ibáñez *et al.* (2013) used two scenarios: in the first one the VCWE is equal to 0.67 ± 0.10 Sv and P_{NEW} is equal to (31.04 ± 1.58) × 10¹² grams C year⁻¹ (Álvarez-Borrego 2012); in the second scenario the VCWE is equal to 0.23 ± 0.02 Sv and P_{NEW} is equal to (9.26 ± 3.18) × 10¹² grams C year⁻¹ (Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán 2012). The annual average vertical profile of DIC (Fig. 2) is the same for both scenarios. DIC_{NET INPUT} through the entrance to the gulf is calculated as the difference between the transport into the gulf in the deep layer (200-600 m) (DIC_{INPUT}) and the transport out of the gulf in the surface and subsurface water layer (0-200 m) (DIC_{OUTPUT})

The annual average DIC for the mouth of the gulf, for the first 200 m (AADIC₍₀₋₂₀₀₎ moles m⁻³), is 2.100 ± 0.012 moles m⁻³; and the respective weighted average for the 200-600 m layer is 2.294 ± 0.006 moles m⁻³. The average output of DIC from the gulf to the PO in the 0-200 m layer (DIC_{OUTPUT}) was calculated multiplying AADIC₍₀₋₂₀₀₎ by the water transport (10⁶ × VCWE m³ s⁻¹); and similarly for the average input of DIC from the Pacific Ocean into the gulf in the 200-600 m layer (DIC_{INPUT}). Each of the two results was transformed into an annual DIC flux:

$$\begin{aligned} \text{DIC}_{\text{OUTPUT}} \text{ moles year}^{-1} &= (2.100 \pm 0.012 \text{ moles m}^{-3}) \times (10^6 \times \text{VCWE m}^3 \text{ s}^{-1}) \times (86400 \text{ s day}^{-1}) \times (365 \text{ days year}^{-1}) \\ \text{DIC}_{\text{INPUT}} \text{ moles year}^{-1} &= (2.294 \pm 0.006 \text{ moles m}^{-3}) \times (10^6 \times \text{VCWE m}^3 \text{ s}^{-1}) \times (86400 \text{ s day}^{-1}) \times (365 \text{ days year}^{-1}) \end{aligned}$$

Then the surface layer annual export of DIC was subtracted from the deep layer annual input to obtain the net annual input of dissolved inorganic carbon to the gulf: DIC_{NET INPUT} = DIC_{INPUT} - DIC_{OUTPUT} moles year⁻¹ and DIC_{NET INPUT} was compared to P_{NEW} to infer if the gulf acts as a source or sink of CO₂ (Rodríguez-Ibáñez *et al.* 2013).

In the first scenario the average flux of DIC out to the PO in the 0-200 m layer is (2.100 ± 0.012 moles m⁻³) × (670,000 m³ s⁻¹) × (86400 s day⁻¹) × (365 days year⁻¹) = (44.37 ± 0.25) × 10¹² moles year⁻¹. Similarly, the average annual flux of DIC into the gulf in the 200-600 m layer is (48.47 ± 0.13) × 10¹² moles year⁻¹. The difference is DIC_{NET INPUT} = [(48.47 ± 0.13) - (44.37 ± 0.25)] × 10¹² = (4.10 ± 0.38) × 10¹² moles year⁻¹ = (49.20 ± 4.56) × 10¹² grams C year⁻¹. Subtracting

P_{NEW} from DIC_{NET INPUT}: CO_{2EXCHANGE} = [(49.20 ± 4.56) × 10¹² - (31.04 ± 1.58) × 10¹²] grams C year⁻¹ = (18.16 ± 6.14) × 10¹² grams of carbon in the form of CO₂ per year. This is an excess of net dissolved inorganic carbon input with respect to that needed to support P_{NEW} and it has to flow from the gulf to the atmosphere, to achieve steady state (Rodríguez-Ibáñez *et al.* 2013).

In the second scenario DIC_{OUTPUT} is (2.100 ± 0.012 moles m⁻³) × (230,000 m³ s⁻¹) × (86400 s day⁻¹) × (365 days year⁻¹) = (15.23 ± 0.09) × 10¹² moles year⁻¹. Similarly, DIC_{INPUT} in the 200-600 m layer is (16.64 ± 0.04) × 10¹² moles year⁻¹. DIC_{NET INPUT} = [(16.64 ± 0.04) - (15.23 ± 0.09)] × 10¹² = (1.41 ± 0.13) × 10¹² moles year⁻¹ = (16.92 ± 1.56) × 10¹² grams C year⁻¹. Subtracting P_{NEW} from DIC_{NET INPUT}: CO_{2EXCHANGE} =



$[(16.92 \pm 1.56) \times 10^{12} - (9.26 \pm 1.09) \times 10^{12}]$ grams C year⁻¹ = $(7.66 \pm 2.65) \times 10^{12}$ grams C year⁻¹. Again, this is an excess of net DIC input with respect to that needed to support P_{NEW} and it has to flow from the water to the atmosphere (Rodríguez-Ibáñez *et al.* 2013).

Gross estimates of seawater-to-air CO₂ fluxes in the gulf inferred from the scarce pCO_{2w} data

Based on pH and alkalinity values, Hidalgo-González *et al.* (1997) sampled in July of 1990 to generate a set of pCO_{2w} and seawater-air CO₂ flux estimates for the midriff islands region and the area south from it. The calculated CO₂ flux was toward the atmosphere and it was greatest with post-spring tides (up to 23 mmoles m⁻² d⁻¹). Hidalgo-González *et al.* (1997) indicated that “winter” CO₂ flux values toward the atmosphere should be much higher than those for “summer” (summer sea surface temperature range was 27-30 °C) because of less stratified waters and much higher pCO_{2w} in winter than during summer. Maxima pCO_{2w} calculated for the midriff islands region have been 560 μatm for October 1985 (Zirino *et al.* 1997), 446 μatm for July 1990 (Hidalgo-González *et al.* 1997), 560 μatm for September 1996 (Hernández-Ayón *et al.* 2007a), and 1200 μatm for March 2002 (Hernández-Ayón *et al.* 2007b). This indicates that the midriff islands region is an area that acts as a quasi-permanent source of CO₂ to the atmosphere throughout the whole year.

The exchange of CO₂ (F) between the surface seawater and the overlying atmosphere is regulated by $\Delta p\text{CO}_2$, the gas transfer velocity k (cm h⁻¹), and the solubility of CO₂ in seawater (s) (Wong and Chan, 1991): $F = k s \Delta p\text{CO}_2$. To estimate F, Hidalgo-González *et al.* (1997) used the gas transfer velocity values proposed by Liss and Merlivat (1986) as a function of the wind velocity measured on board ship at 10 m above sea level (m s⁻¹).

Also, they used the mean of pCO_{2air} reported for Mauna Loa (19° N), Hawaii (351 μatm), for summer of 1990, to calculate $\Delta p\text{CO}_2$. A new pCO_{2air} value for 2013 (396 μatm), and expressions given by Sarmiento and Gruber (2006), were used to correct Hidalgo-González *et al.*'s (1997) F values, and to obtain very preliminary results on F for this and other regions of the gulf. This method relies on point instantaneous measurements and many data are needed for a proper temporal and spatial coverage of the whole gulf. Thus, for the time being, only a

very gross, first approximation to reality, estimate can be done.

The corrected F values yield an average of 1.5 mmoles m⁻² d⁻¹ for July (the maximum now is 12.2 mmoles m⁻² d⁻¹ and the minimum is -5.5 mmoles m⁻² d⁻¹), that may be taken as representative of the whole midriff islands region. This average value may also be taken as representative of August. If an average pCO_{2w} for September, October, and November is taken as 450 μatm, based on data in Hernández-Ayón *et al.* (2007a) for September, average F for these months is 13.1 mmoles m⁻² d⁻¹. With data from Hernández-Ayón *et al.* (2007b) an average pCO_{2w} of 900 μatm may be taken as representative of “winter” conditions (from December through May), and the average F value for these months is 122 mmoles m⁻² d⁻¹. These values yield an F maximum estimate of 23.2 moles m⁻² year⁻¹, with a total of 6×10^{12} grams C year⁻¹ for the whole midriff islands region. This may be an overestimated F value because the data are scarce and no proper treatment of the sequence of spring and neap tides has been done, with exception of estimates for July and August.

Most of the few available data on the DIC system of the gulf has been sampled from transects through the middle of the gulf (i.e., Gaxiola-Castro *et al.*, 1978; Zirino *et al.*, 1997), with very few data from locations near the two coasts. Nevertheless, from the pCO₂ profiles it may be deduced that waters in the depth range 100-150 m have pCO₂ values of 750-950 μatm. Thus, assuming that upwelled water comes from 100-150 m depth and it covers a surface coastal band of ~20 km (i.e., Atlas, 1973), the “winter” (December through May) Gulf of California upwelling region (eastern coast) has an average pCO_{2w} of 850 μatm during upwelling intensification events.

This would produce an average estimate for the seawater-to-air CO₂ flux of 110 mmoles m⁻² d⁻¹ for “winter”, equal to $(110 \text{ mmoles m}^{-2} \text{ d}^{-1}) \times (180 \text{ days}) = 19.8 \text{ moles m}^{-2}$. Assuming that there is near-equilibrium during “summer”, with $F = 0 \text{ mmoles m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ in this coastal band, the value $F = 19.8 \text{ moles m}^{-2}$ is for the whole year. This “winter” upwelling coastal band extends throughout the whole gulf, with exception of the midriff islands region. Thus, this yields a total F of 5.7×10^{12} grams year⁻¹ for the “winter” coastal upwelling band of the whole gulf. Again, this may be an overestimation of the real F



value because there was no proper consideration of the sequence of intensification and relaxation of upwelling events.

Throughout the whole gulf there are cyclonic and anticyclonic eddies spanning almost from coast to coast, both during “winter” and “summer” (Emilsson and Alatorre 1997; Lavín *et al.*, 1997; Pegau *et al.*, 2002). The assumption may be made that $F = 0$ at anticyclonic eddies. But cyclonic eddies produce some upwelling at their centers bringing DIC oversaturated waters to the surface and causing positive $\Delta p\text{CO}_2$ values, mainly during “winter.” These eddies may reach from the surface to >500 m depth (Lavín M. F., CICESE, Ensenada, personal communication), and raise the thermocline up to >50 m. Thus, these upwelled waters may have a whole range of $p\text{CO}_{2w}$ values, possibly with an average between 400 and 500 μatm , with F “winter” values between near zero and 25 $\text{mmoles m}^{-2} \text{d}^{-1}$ at the center of the eddies. During “summer” the effect of cyclonic eddies is attenuated by strong stratification, but they cause enough phytoplankton biomass gradients to be perceived in ocean color imagery (Pegau *et al.*, 2002). Thus, possibly, “summer” cyclonic eddies cause some low F values, but for a gross estimate they can be considered negligible.

The eddy in the northern gulf is anticyclonic in “winter” (Lavín *et al.* 1997), and cyclonic and anticyclonic eddies alternate in the gulf (i.e., Pegau *et al.*, 2002). Therefore, “winter” cyclonic eddies cover about one half of the central and southern gulf. There has been no characterization of the area at and near the center of cyclonic eddies in the gulf with significant CO_2 fluxes, but for the purpose of the F gross estimate it may be considered as half the area of the whole eddy. Thus, a reasonable guess for F in “winter” cyclonic eddies is 0.74×10^{12} grams of C year^{-1} .

The gross estimate of the water-to-air CO_2 flux for the whole gulf is the sum of the three estimates above: the one for the midriff islands region, the one for the “winter” upwelling region, and the one for the “winter” cyclonic eddies, and it is 12.44×10^{12} grams of C year^{-1} . This gross estimate is larger than the one proposed by Rodriguez-Ibañez *et al.* (2013), $(7.66 \pm 2.65) \times 10^{12}$ grams of carbon per year, but not significantly different.

Furthermore, when relatively deep water (100-600 m) is carried by physical processes to the euphotic

zone, nutrients and DIC are consumed by new primary production, and this happens in parallel with CO_2 out-gassing to the atmosphere. But these two processes occur with different velocities. At first, when the “deep” water arrives at and near the surface, by upwelling and/or mixing, both out-gassing and photosynthesis consume DIC, but out-gassing is relatively fast and, when CO_2 equilibrium is reached between water and atmosphere, there are some nutrients left for photosynthesis to proceed and this causes a further depletion of DIC, and $p\text{CO}_{2w}$ values lower than $p\text{CO}_{2\text{air}}$. Thus, there are negative F values that are very difficult to estimate without enough $p\text{CO}_{2w}$ data.

These negative F values might be common in plumes of upwelled waters away from their origin. Also they might be common in plumes of mixed waters that originate in the midriff islands region and move across the San Pedro Mártir and Guaymas basins, as described by Badán-Dangón *et al.* (1985). A correction should be made to the gross estimate of F for the whole gulf, presented here, to take into consideration these F negative values. This correction might bring this F value based on $\Delta p\text{CO}_2$ to a closer agreement with that of Rodriguez-Ibañez *et al.* (2013).

Discussion

The values deduced by Álvarez-Borrego (2012) and Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán (2012) for the vertical component of water exchange (VCWE) between the Gulf of California and the Pacific Ocean, 0.67 ± 0.10 Sv and 0.23 ± 0.02 Sv, are annual averages. These relatively low values are possibly only ~7% and ~3% of the whole water exchange which has a large horizontal component. It indicates that when considering a particular depth most of the time the inflow from the PO is equal or very similar to the outflow. Thus, most of the exchange between the gulf and the PO consists of the horizontal component, and this occurs significantly from 0 m to >1000 m (i.e., Roden 1972).

Rodriguez-Ibañez *et al.* (2013) performed a sensitivity analysis to assess the effect of changing the total alkalinity profile on $\text{DIC}_{\text{NET INPUT}}$. Also, they run an exercise to see the effect of changing the average CO_2 profile on $\text{DIC}_{\text{NET INPUT}}$, equilibrating the mixed layer waters with the January 2013 NOAA atmospheric average $p\text{CO}_2$ value of 396 ppm. Their results show that the $\text{DIC}_{\text{NET INPUT}}$ value does not vary significantly with changes of the alkalinity



profile; and up to 2013, corrections to the estimates of $\text{DIC}_{\text{NET INPUT}}$ due to the fact that mixed layer waters of the gulf tend to be equilibrated with an increasing atmospheric pCO_2 may be considered negligible. Since their data are from years in the period 1974-1997, they already have the effect of a large fraction of the anthropogenic CO_2 that has been absorbed by this region of the ocean.

The Gulf of California behaves as a source of CO_2 to the atmosphere because the slope of the DIC-nitrate relationship is larger than Redfield's ratio in subsurface and deep waters of the Gulf of California (not illustrated) (Rodríguez-Ibáñez *et al.* 2013). The DIC excess over NO_3 , at depth, is caused by the dissolution of calcium carbonate skeletons (Park 1965); also by denitrification processes associated to the oxygen minimum zone in the eastern Pacific (Thomas 1966), and to differences of preformed DIC (Park 1965). The processes of calcium carbonate dissolution and denitrification occur along the trajectory of the water masses from their origin at high latitudes, and not only at the gulf.

Calcium carbonate dissolution occurs in waters deeper than ~200 m because of under-saturation with respect to both aragonite and calcite in the Gulf of California (Gaxiola-Castro *et al.* 1978) and in the whole northeastern Pacific Ocean (Park 1968); denitrification occurs at 100-800 m depth in the eastern Pacific Ocean because of nitrate reduction by bacteria when dissolved oxygen concentration is very low (Thomas 1966); and since the deeper the water masses the lower their temperature, deep waters had a larger solubility of gases (including CO_2) at their latitude of origin, when they were in contact with the atmosphere, and hence greater preformed DIC than that of shallow waters (Culberson and Pytkowicz 1970).

The choice of two layers, 0-200 m and 200-600 m, is not the only possible one. Marinone (2003) used a three dimensional model to predict the circulation of the gulf, and when integrating the average annual circulation predicted by this model across the gulf's mouth, the VCWE between the gulf and the PO results in four layers: 0-200 m (0.23 Sv outflow), 200-600 m (0.13 Sv inflow), 600-1200 m (0.04 Sv outflow), and 1200-2600 m (0.17 Sv inflow), with flows as point estimates (S. G. Marinone, CICESE, Ensenada, personal communication) (notice that the sum of outflows and inflows are not equal).

However, the annual average net input of dissolved Si with these water inflows and outflows is ~3 times that needed for the production of opal preserved in the sediments of the gulf. On the other hand, there is no physical known mechanism that would transport nutrients from very deep waters, such as those below 1200 m, to the euphotic zone to be used by phytoplankton.

The net nutrient and DIC input to the gulf is not transported to the euphotic zone homogeneously throughout it because there are regional differences of the physical dynamics of the gulf. As Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán (2012) indicated, upwelling along most of the eastern gulf with "winter" conditions, cyclonic eddies in different parts of the gulf, and strong mixing at the midriff islands throughout the whole year (mainly with spring tides and during "winter") are mechanisms that transport deep nutrient and DIC-rich waters to the euphotic zone.

The midriff islands region is the area within the gulf with the highest CO_2 water-to-air fluxes throughout the whole year; it is the area with the largest values of pCO_{2w} , as mentioned above (i.e., Zirino *et al.* 1997). On the other hand, Calvert's (1966) figure 7 shows the opal distribution in surface sediments of the gulf and suggests that Guaymas basin might be the place with highest phytoplankton production. Álvarez-Borrego and Lara-Lara (1991) used ^{14}C data to conclude that highest productivities are found during winter-spring and in the Guaymas Basin (up to $>4 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$). This may be because of strong upwelling events and the horizontal transport of nutrient and DIC rich mixed waters carried from the relatively near midriff islands into this basin (Álvarez-Borrego and Giles-Guzmán 2012).

There are clear evidences that there is a large seasonal variation of phytoplankton biomass in the gulf, with diatoms as an important component, and also a temporal variation of circulation in the gulf, with a strong seasonal component.

There is high phytoplankton biomass and production during winter and spring associated to a general anticyclonic circulation, and low biomass and production during summer and autumn associated to a general cyclonic circulation (Santamaría-Del-Ángel *et al.* 1994a; Hidalgo-González and Álvarez-Borrego 2001, 2004; Kahru *et al.* 2004; Bray 1988; Marinone 2003). In accordance with this, opal fluxes from the



euphotic zone to the sediments are high during winter and spring and low during summer and autumn (Thunell *et al.* 1994). Also, there is interannual variability dominated by El Niño events (Baumgartner and Christensen 1985; Santamaría-Del-Ángel *et al.* 1994b; Hidalgo-González and Álvarez-Borrego 2004; Kahru *et al.* 2004). This indicates that an estimate of $\text{DIC}_{\text{NET INPUT}}$ as an annual average is a first approximation to reality and there are opportunities for future work on its time variability.

Transforming the value of the gulf's CO_2 input to the atmosphere for each of Rodríguez-Ibañez *et al.*'s (2013) scenarios into average values for the whole gulf, in grams $\text{m}^{-2} \text{year}^{-1}$: in the first scenario the average value is 123.5 ± 41.8 grams $\text{m}^{-2} \text{year}^{-1}$; and in the second scenario it is 52.1 ± 18.0 grams $\text{m}^{-2} \text{year}^{-1}$. The average value deduced from the gross estimate based on ΔpCO_2 is 84.6 grams $\text{m}^{-2} \text{year}^{-1}$. The maxima water-to-air annual average CO_2 fluxes of the world's ocean, as reported by Takahashi *et al.* (2009), are between 24 and 108 grams $\text{m}^{-2} \text{year}^{-1}$, in places like the eastern equatorial Pacific Ocean, which has continuous upwelling.

The Gulf of California is almost at equilibrium with the atmosphere during "summer" conditions, with exception of the midriff islands region; and during "winter", upwelling occurs only at the eastern side. Thus, an annual average CO_2 flux per unit area for the whole gulf cannot be larger than the maximum for places like the eastern equatorial Pacific. This indicates that Rodríguez-Ibañez *et al.*'s (2013) second scenario is more acceptable with an average CO_2 output to the atmosphere of $(7.66 \pm 2.65) \times 10^{12}$ grams C year^{-1} for the whole gulf, and that the VCWE value of (0.23 ± 0.02) Sv is closer to reality than (0.67 ± 0.10) Sv. Also, the gross F estimate based on ΔpCO_2 may be considered reasonable.

It may be of interest to compare the Gulf of California with other semi-enclosed seas, like the Mediterranean and Red seas. These latter seas are the primary evaporative basins of the Atlantic and Indian oceans. Fundamental differences between the Gulf of California and the Mediterranean and Red sea may be attributed to a net heat gain from the atmosphere in the former, compared to a net heat loss to the atmosphere in the other two (Bray 1988). The Gibraltar strait, connecting the Mediterranean with the Atlantic, and the strait of Bab-el-Mandeb, connecting the Red sea with the

Indian Ocean, has only 14 and 28 km width, respectively.

The Gulf of California has a large entrance (>200 km wide, and >2500 m deep), and that is another significant difference from the Mediterranean and Red sea. Water exchange between the Mediterranean and the Atlantic, and between the Red Sea and the Indian Ocean, has a surface and near surface flux from the ocean into the sea in both cases, and a flux at depth from the sea to the ocean. This is opposite to what occurs between the Gulf of California and the Pacific Ocean. Therefore, the Mediterranean and Red seas are sinks of CO_2 from the atmosphere. The waters that enter into the Mediterranean and Red Sea are nutrient and DIC poor, and the waters that go out from each of these seas to the ocean, at depth, are relatively nutrient and DIC rich.

References

1. Ahrens, T. D., J. M. Beman, J. A. Harrison, P. K. Jewett, and P. A. Matson. 2008. A synthesis of nitrogen transformations and transfers from land to the sea in the Yaqui Valley agricultural region of northwest Mexico. *Water Resources Research* 44, W00A05, doi:10.1029/2007WR006661.
2. Álvarez-Borrego, S., J. A. Rivera, G. Gaxiola-Castro, M. J. Acosta-Ruiz, and R. A. Schwartzlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 5: 21-36.
3. Álvarez-Borrego, S., and J. R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In J. P. Dauphin, & B. R. T. Simoneit (eds.) *The gulf and peninsular province of the Californias, Memoir 47*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists. pp. 555-567.
4. Álvarez-Borrego, S. 2002. Physical Oceanography. In T. J. Case, M. L. Cody, & E. Ezcurra (eds.) *A New Island Biogeography of the Sea of Cortés*. Oxford: Oxford University Press. pp. 41-59.
5. Álvarez-Borrego, S. 2012. New phytoplankton production as a tool to estimate the vertical component of water exchange between the Gulf of California and the Pacific. *Ciencias Marinas* 38: 89-99.
6. Álvarez-Borrego, S., and A. D. Giles-Guzmán. 2012. Opal in the Gulf of California sediments as a tool to estimate the vertical component of water exchange between the



- gulf and the Pacific. *Botanica Marina* 2: 161-168.
7. Atlas, E. L. 1973. Changes in chemical distributions and relationships during an upwelling event off the Oregon coast. Master of Science Thesis, Oregon State University, Corvallis, 100 p.
 8. Badan-Dangon, A., C. J. Koblinsky, and T. Baumgartner. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanol. Acta* 8: 13-22.
 9. Baumgartner, T. R., and N. Christensen. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research* 43: 825-848.
 10. Borges, A. V. 2005. Do we have enough pieces of the jigsaw to integrate CO₂ fluxes in the coastal ocean? *Estuaries* 28: 3-27.
 11. Bray, N. A. 1988. Thermohaline circulation in the Gulf of California. *Journal Geophysical Research* 93: 4993-5020.
 12. Calvert, S. E. 1966. Accumulation of diatomaceous silica in the sediments of the Gulf of California. *Geological Society of America Bulletin* 77: 569-596.
 13. Castro, R., M. F. Lavín, and P. Ripa. 1994. Seasonal heat balance in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 99: 3249-3261.
 14. Castro, R., R. Durazo, A. Mascarenhas, C. A. Collins, and A. Trasviña. 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion of the Gulf of California. *Deep-Sea Research I* 53: 188-200.
 15. Chen, C.-T. A., K.-K. Liu, and R. MacDonald. 2003. Continental Margin Exchanges. In M. J. R. Fasham (ed.), *Ocean Biogeochemistry: A synthesis of the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS)*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 53-97.
 16. Culbertson, C. H., and R. M. Pytkowicz. 1970. Oxygen-total carbon dioxide correlation in the Eastern Pacific Ocean. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 26: 95-100.
 17. Dugdale, R. C., and J. J. Goering. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology & Oceanography* 12: 196-206.
 18. Emilsson, I., and M. A. Alatorre. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California. En M. F. Lavín (ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Ensenada: Unión Geofísica Mexicana, Monografía 3. pp. 173-182.
 19. Gaxiola-Castro, G., S. Álvarez-Borrego, y R. A. Schwartzlose. 1978. Sistema del bióxido de carbono en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 5: 25-40.
 20. Hernández-Ayón J. M., A. Zirino, F. Delgadillo-Hinojosa, and S. Galindo-Bect. 2007a. Carbono inorgánico disuelto en el Golfo de California en condiciones de verano. En: Hernández de la Torre B, Gaxiola Castro G (Eds.), Carbono en ecosistemas acuáticos de México. INE-SEMARNAT, CICESE, México, DF, pp. 45-57.
 21. Hernández-Ayón, J. M., F. Delgadillo-Hinojosa, T. Camiro-Vargas, and M. López-Mariscal. 2007b. Estudio de las variables del CO₂ en la región de las grandes islas del Golfo de California en condiciones de invierno. En: Hernández de la Torre B, Gaxiola Castro G (Eds.), Carbono en ecosistemas acuáticos de México. INE-SEMARNAT, CICESE, México, DF, pp. 59-73.
 22. Hidalgo-González, R. M., S. Álvarez-Borrego, and A. Zirino. 1997. Mixing in the region of the Midriff Islands of the Gulf of California: Effect on surface pCO₂. *Ciencias Marinas* 23: 317-327.
 23. Hidalgo-González, R. M., and S. Álvarez-Borrego. 2001. Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California. *Oceanologica Acta* 24: 19-28.
 24. Hidalgo-González, R. M., and S. Álvarez-Borrego. 2004. Total and new production in the Gulf of California estimated from ocean color data from the satellite sensor SeaWiFS. *Deep-Sea Research II* 51: 739-752.
 25. Kahru, M., S. G. Marinone, S. E. Lluch-Cota, A. Parés-Sierra, and B. G. Mitchell. 2004. Ocean-color variability in the Gulf of California: scales from days to ENSO. *Deep-Sea Research II* 51: 139-146.
 26. Lavín, M. F., and S. Organista. 1988. Surface heat flux in the northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 93: 14033-14038.



27. Lavín, M. F., E. Beier y A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: escalas estacional e interanual. En M. F. Lavín (ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Ensenada: Unión Geofísica Mexicana, Monografía 3. pp. 141-171.
28. Lavín, M. F., R. Durazo, E. Palacios, M. L. Argote and L. Carrillo. 1997. Lagrangian observations of the circulation in the northern Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography* 27: 2298-2305.
29. Lavín, M. F., R. Castro, E. Beier, V. M. Godínez, A. Amador, and P. Guest. 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern Gulf of California in June 2004 during the North American Monsoon Experiment. *J. Geophys. Res.* 114, C02025, doi:10.1029/2008JC004896.
30. Liss P. S., and L. Merlivat. 1986. Air-sea gas exchange rates: Introduction and synthesis. In: P. Buat Ménard (ed.), *The Role of Air-Sea Exchange in Geochemical Cycling*. D. Riedel, Dordrecht, Holland, pp. 113-127.
31. Marinone, S. G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 108(C10), 3325, doi: 10.1029/2002JC001720.
32. Park, K. 1965. Total carbon dioxide in sea water. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 21: 54-59.
33. Park, K. 1968. The processes contributing to the vertical distribution of apparent pH in the northeastern Pacific Ocean. *Journal of the Oceanographical Society of Korea* 3: 1-7.
34. Pegau, W. S., E. Boss and A. Martínez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. *Geophysical Research Letters* 29: doi: 10.1029/2001GL014076.
35. Redfield, A. C., B. H. Ketchum, and F. A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In M. N. Hill (ed.) *The Sea*, Vol. 2. New York: Interscience. pp. 26-77.
36. Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. In Tj. H. van Andel, & G. G. Shor (eds.) *Marine Geology of the Gulf of California*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists Memoir 3. pp. 30-58.
37. Roden, G. I. 1972. Thermohaline structure and baroclinic flow across the Gulf of California entrance and in the Revilla Gigedo Islands region. *Journal of Physical Oceanography* 2: 177-183.
38. Rodríguez-Ibáñez, R., S. Álvarez-Borrego, S. G. Marinone, and J. R. Lara-Lara. 2013. The Gulf of California is a source of carbon dioxide to the atmosphere. *Ciencias Marinas* (submitted).
39. Santamaría-Del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego, and F. E. Müller-Karger. 1994a. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research* 99: 7411-7421.
40. Santamaría-Del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego, and F. E. Müller-Karger. 1994b. The 1982-1984 El Niño in the Gulf of California as seen in coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research* 99: 7423-7431.
41. Sarmiento, J. L., and N. Gruber. 2006. *Ocean biogeochemical dynamics*. Princeton University Press, Princeton. 526 p.
42. Simpson, J. H., A. J. Souza, and M. F. Lavín. 1994. Tidal mixing in the Gulf of California. In K. J. Beven, P. C. Chatwin, & J. H. Millbank (eds.) *Mixing and Transport in the Environment*. London: John Wiley & Sons. pp. 169-182.
43. Takahashi, T., S. C. Sutherland, R. Wanninkhof, C. Sweeney, R. A. Feely, D. Chipman, B. Hales, G. Friederich, F. Chavez, A. Watson, D. Bakker, U. Schuster, N. Metzl, H. Y. Inoue, M. Ishii, T. Midorikawa, C. Sabine, M. Hoppema, J. Olafsson, T. Amarasson, B. Tilbrook, T. Johannessen, A. Olsen, R. Bellerby, H. DeBaar, Y. Nojiri, C. S. Wong, B. Delille, and N. Bates. 2009. Climatological mean and decadal change in surface ocean pCO₂, and net sea-air CO₂ flux over the global oceans. *Deep-Sea Research II* 56: 554-577.
44. Thomas, W. H. 1966. On denitrification in the northeastern tropical Pacific Ocean. *Deep-Sea Research* 13: 1109-1114.
45. Thunell, R., C. J. Pride, E. Tappa, and F. E. Müller-Karger. 1994. Biogenic silica fluxes and accumulation rates in the Gulf of California. *Geology* 22: 303-306.
46. Torres, R., S. Pantoja, N. Harada, H. E. González, G. Daneri, M. Frangopolos, J. A.



- Rutllant, C. M. Duarte, S. R          , E. Mayol, and M. Fukasawa. 2011. Air-sea CO₂ fluxes along the coast of Chile: From CO₂ outgassing in central northern upwelling waters to CO₂ uptake in southern Patagonian fjords. *J. Geophys. Res.* DOI: 10.1029/2010JC006344.
47. White, A. E., F. G. Prah, R. M. Letelier, and B. N. Popp. 2007. Summer surface waters in the Gulf of California: Prime habitat for biological N₂ fixation. *Glob. Biogeochem. Cyc.* 21: 1-11, GB2017, doi:10.1029/2006GB002779.
48. Wong, C. S. and Y. H. Chan. 1991. Temporal variations in the partial pressure and flux of CO₂ at ocean station P in the subarctic northeast Pacific Ocean. *Tellus*, 43B: 206-223.
49. Zirino, A., J. M. Hern          , R. A. Fuhrmann, S.           , G. Gaxiola-Castro, J. R. Lara-Lara, and R. L. Bernstein. 1997. Estimate of surface pCO₂ in the Gulf of California from underway pH measurements and satellite imagery. *Ciencias Marinas* 23: 1-22.



Tendencias históricas observadas en lluvias y caudales en México: ¿indicaciones de un clima cambiante?

Luis Brito Castillo

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Unidad Sonora, campus Guaymas.
E-mail: lbrito04@cibnor.mx

Resumen

En México, el análisis de tendencias de precipitación y de caudales solo se ha abordado parcialmente debido a la falta de registros históricos suficientes (en espacio y tiempo), las dificultades encontradas al momento de otorgar una interpretación correcta de los cambios, sea por perturbaciones humanas o naturales, y la complejidad de los procesos que externamente forzan la variabilidad hidroclimática. Sustentado en el análisis de registros históricos de 1 161 estaciones climatológicas y 141 estaciones hidrométricas en este trabajo concluimos que entre 1920 y 2008 México ha experimentado un decremento generalizado en las precipitaciones medias acumuladas de todo el año y de verano, siendo las áreas más afectadas las localizadas en la vertiente del Golfo de México y sobre la cuenca alta del río Lerma en el centro de México. Pero también hay varias estaciones en el norte y noroeste de México que muestran incrementos en las lluvias de ambos periodos con altas variaciones sobre las áreas. Los datos no muestran evidencias de cambios en las lluvias de invierno. En la región central, los decrementos generalizados en las tendencias anual y de verano concuerdan con las tendencias observadas en caudales. Sin embargo, también se observa que las estructuras de las tendencias muestran patrones espaciales que no se explican de manera directa.

Introducción

México ha experimentado desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos de gran magnitud en los últimos años. Por ejemplo, Las fuertes lluvias de febrero de 2010 provocaron inundaciones en los estados de Michoacán, México y Distrito Federal; en Julio de ese año el paso del Huracán Alex afectó a los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila, mientras que entre Julio y Septiembre hubo inundaciones y deslaves en Oaxaca, Chiapas y Veracruz. De agosto a Noviembre de 2010 el estado

de Tabasco volvió a inundarse por cuarta ocasión consecutiva en lo que fue la década. La sequía de 2011-2012 ocurrida en el norte de México ha sido catalogada como excepcional, término reservado a condiciones muy severas de falta de lluvia y de humedad en el suelo. No es de extrañar que durante el 2011 se hayan presentado más de 12 000 incendios forestales en todo el país, segunda mayor cifra de los últimos 43 años (CONAFOR, 2012)¹. Si bien es cierto que la mayoría de los incendios forestales han sido provocados por actividades humanas (ver por ejemplo Bitrán et al., 2001), las condiciones meteorológicas en sus desviaciones extremas respecto del normal han contribuido a acrecentar sus efectos. El principal problema por resolver es entender si las condiciones meteorológicas extremas se están incrementando, y si esto es así, saber interpretar correctamente sus causas. Se ha argumentado que el calentamiento global ha penetrado en los océanos del planeta (Barnett et al., 2005) incrementando la temperatura superficial del agua (TSA) en unos 0.5°C desde el siglo diecinueve (Houghton et al., 2001). Al incrementarse la TSA se incrementa también el vapor de agua en la troposfera baja y es de esperarse que ocurran perturbaciones en el ciclo global del agua. Son estas perturbaciones las que pueden inducir a cambios sostenidos en el tiempo provocando tendencias de larga duración (cambios monótonos muy duraderos). La mayoría de los estudios que existen en México sobre tendencias se han enfocado en analizar la temperatura superficial del aire mientras que los análisis de tendencias en lluvias y caudales solo se han abordado parcialmente. Las principales causas de esta escasez de estudios residen en la falta de datos

¹ En 1998, año también muy seco en México (Douglas, 1999), ocurrieron más de 14 000 incendios forestales, cifra que no ha sido superada ni antes ni después de 1998 en que se cuenta con de registros.



suficientemente largos (en espacio y tiempo), las dificultades encontradas en otorgar una interpretación correcta de los cambios observados, principalmente los asociados a causas humanas como la derivación de agua para irrigación y el control de las corrientes superficiales para generación de energía eléctrica, y la complejidad de los procesos que externamente forzan la variabilidad hidroclimática (como los cambios naturales y de variabilidad interna de larga duración, tales como la Oscilación Decenal del Pacífico y la Oscilación Multidecenal del Atlántico). En México los análisis de tendencias en la temperatura superficial del aire han revelado la existencia tanto de calentamientos como de enfriamientos (Brito-Castillo et al., 2009; Englehart y Douglas, 2004; Gutiérrez-Ruacho et al., 2010; Pavía et al., 2009; Weiss y Overpeck, 2005), cuyas causas se han asociado parcialmente a los cambios en el uso del suelo y en la cobertura vegetal (Englehart y Douglas, 2004), y cambios en los patrones de flujo atmosférico de escala planetaria (Brito-Castillo, et al., 2009). Por lo tanto, los cambios observados en la temperatura superficial del aire en México en ocasiones son coherentes con la hipótesis del calentamiento global y en otras ocasiones no lo son. En este trabajo, se analizan las tendencias observadas en lluvias y caudales en México para el período 1920-2008, a partir de un ajuste de tendencia lineal por el método de mínimos cuadrados a un total de 1 161 series de precipitación, de estaciones climatológicas (Quintas, 2000) y 141 series de caudal, de estaciones de aforo (BANDAS, 1997), distribuidas en todo el país (Figura 1). Todas las series contienen más de 40 años de observaciones. Las áreas del país con poca cobertura de estaciones de aforo se localizan en las penínsulas de Baja California y Yucatán, el noroeste de Sonora y el Altiplano Mexicano (AM) (Figura 1b), donde las observaciones de caudal son pocas o inexistentes. Las áreas de captación de las cuencas aforadas varían desde muy grandes (124,000 km²), hasta muy pequeñas (25 km²), con una media de 14,500 km².

En el caso de la cobertura de estaciones climatológicas, hay pocos datos en algunas porciones del centro de la península de Baja California, el desierto de Altar en el noroeste de Sonora y zonas montañosas de elevación media en el centro de México (cerca de los 22° de latitud).

Metodología

A partir de los datos diarios de observaciones de cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas, se calcularon los acumulados de precipitación anual (de mayo a abril) y los acumulados estacionales, de verano (de mayo a octubre), e invierno (de noviembre a abril).

Para los registros de caudales, se estimaron las medias de caudal anual y estacional para los mismos meses que las series de precipitación. Las magnitudes medias de caudal, estimadas a partir de las 141 estaciones de aforo, resultaron 295 m³×s⁻¹; 374 m³×s⁻¹ y 59.1 m³×s⁻¹, para las medias anual, de verano e invierno, respectivamente. En todas las series un año se consideró válido si al menos estuvo disponible el 85% de los registros diarios (esto es >310 registros diarios para las series de todo el año; >156 para las series de verano y >153 para las series de invierno). De otro modo el año se consideró dato faltante. En todas las series se llevó a cabo un control de calidad para eliminar los datos dudosos, es decir, con errores ocasionados durante el proceso de captura, que fueron evidentes al mostrar desviaciones extremas con respecto a la media de toda la serie sin réplicas en los datos provenientes de estaciones circunvecinas.

Ajuste de tendencia lineal

La cuantificación de las tendencias observadas en las series de precipitación y caudal se consideró como el cambio de precipitación y de caudal por año mediante el ajuste de los datos de una pendiente lineal, utilizando el método de mínimos cuadrados, con los años (T) en calidad de valores independientes, y los datos de las series (Y) en cada año, como los valores dependientes. El mejor ajuste lineal de los datos se obtiene mediante el análisis de regresión lineal:

$$Y_{est} = a + bT, \quad (1)$$

$$b = \frac{[\sum\{(T_i - T_{med})(Y_i - Y_{med})\}]}{[\sum\{(T_i - T_{med})^2\}]}, \quad (2)$$

donde \sum , es la sumatoria de $i = 1 \dots n$; los subíndices "est" y "med" son el estimado de Y (que puede ser la variable precipitación o caudal), mediante la línea de regresión ajustada, y la media respectivamente, y b es la pendiente de la línea ajustada (es decir, el valor de la tendencia).

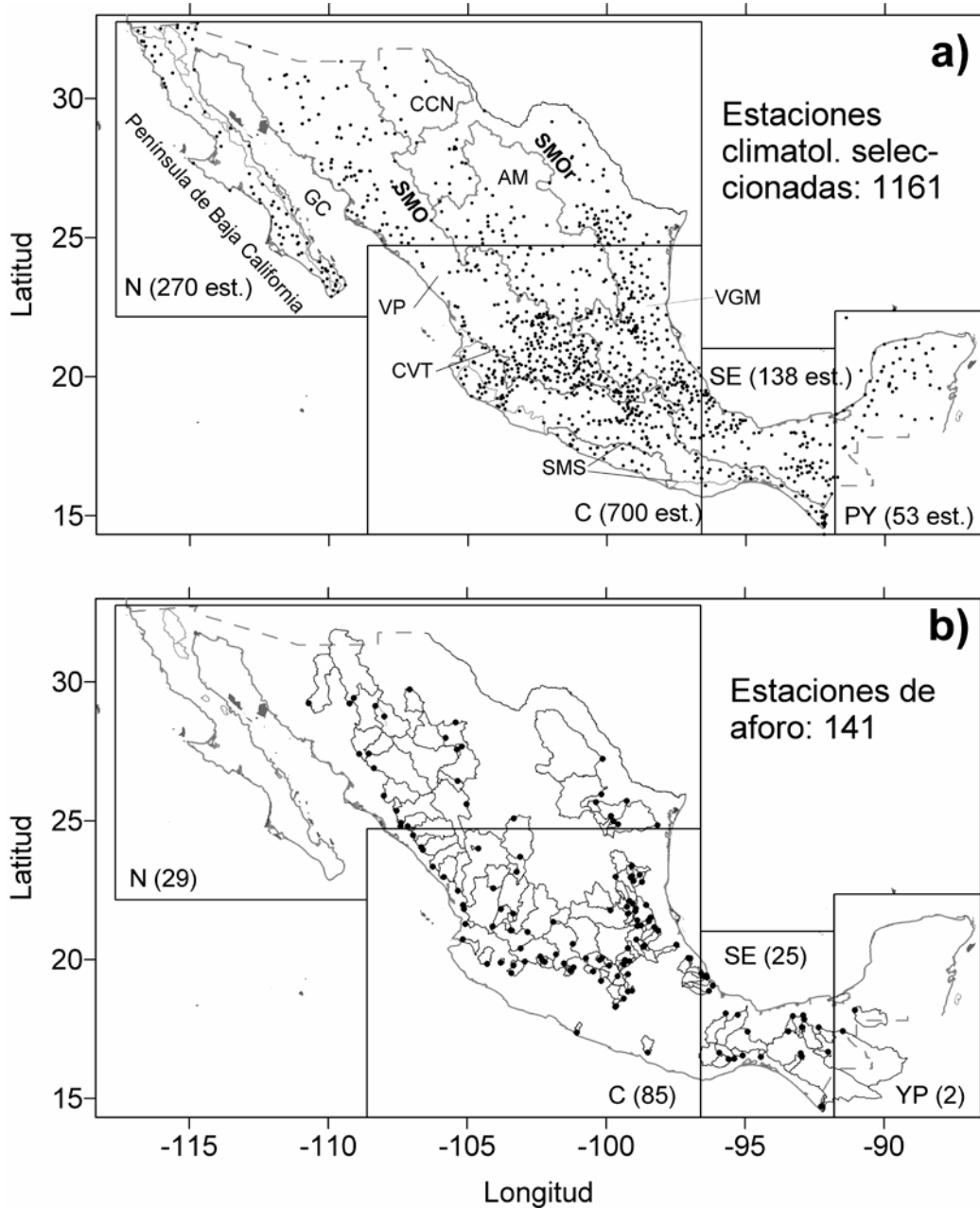


Figura 1. Distribución espacial de 1 161 estaciones climatológicas (a) y 141 estaciones de aforo (b) con registros de más de 40 años. Los mapas están divididos en dominios: N = norte; C = Centro; SE = Sureste y PY = Península de Yucatán. La densidad de estaciones en cada dominio se muestra entre paréntesis. Las líneas en (a) dividen al país en las principales vertientes: VP = Vertiente del Pacífico; VGM = Vertiente del Golfo de México; CCN = Cuencas cerradas del norte; AM = Altiplano Mexicano; y principales barreras montañosas: SMO = Sierra Madre Occidental; SMO_r = Sierra Madre Oriental; CVT = Cinturón Volcánico Transversal y SMS = Sierra Madre del Sur. Los polígonos en (b) muestran las cuencas aforadas en cada punto identificado.



Los valores estimados a partir de un ajuste de tendencia lineal son sensibles a los valores de inicio y fin de la serie. Esto es más un problema para las muestras pequeñas (para las tendencias observadas en períodos cortos). Por este motivo, fue necesario considerar solo las series con más de cuarenta años de registros

Una forma de evaluar el ajuste lineal a los datos es mediante el valor medio del cuadrado de los residuales (es decir, las desviaciones respecto de la línea de regresión) o la desviación estándar de los valores estimados de (1), o su cuadrado, la varianza de la distribución de b [$\text{Var}(b)$]. Entre más pequeño es este valor, mejor será el ajuste:

$$\text{Var}(b) = (\text{SE})^2 = \text{EMC} / [\sum\{(T_i - T_{\text{med}})^2\}] \quad (3)$$

$$\text{EMC} = [\sum\{(Y_i - Y_{\text{est}})^2\}] / (n - 2) \quad (4)$$

Donde EMC, es el error medio cuadrático y SE es el error estándar de la pendiente.

Para decidir si las tendencias observadas hacia el incremento o hacia el decremento son indicaciones de alguna causa subyacente, o bien son meras fluctuaciones de cambios aleatorios, en este trabajo se emplearon dos métodos, (1) los intervalos de confianza: $b \pm 2\text{SE}$ y (2) pruebas de significancia. El intervalo $b \pm 2\text{SE}$ resulta una buena aproximación para representar el 95% del intervalo de confianza y se emplea como un error de magnitud fijo. Si $-2\text{SE} < b < 2\text{SE}$, significa que el 95% del intervalo de confianza incluye el valor de tendencia igual a cero y la hipótesis nula de que “no hay tendencia en los datos o $b = 0$ ” resulta cierta; de otro modo (es decir si $b > 2\text{SE}$ o $b < -2\text{SE}$), decimos que la hipótesis nula no puede ser cierta y debemos aceptar la hipótesis alternativa, es decir “los datos muestran una tendencia real, externamente forzada, hacia el incremento o hacia el decremento”.

El segundo método consiste en intentar decidir si una tendencia observada en los datos que es significativamente diferente de cero resulta suficientemente diferente de cero de tal modo que no podría haber ocurrido de manera aleatoria, o bien que la probabilidad (conocida como nivel- α) de que haya ocurrido de manera aleatoria es muy pequeña. Si la hipótesis nula se rechaza, entonces se dice que la tendencia observada es “estadísticamente significativa” para cierto nivel de confianza. En este trabajo, el nivel de confianza empleado para rechazar la hipótesis nula es nivel alfa = 0.05. Si la

probabilidad de que la hipótesis nula es pequeña (es decir nivel- $\alpha < 0.05$), entonces la hipótesis nula no puede ser cierta. Una probabilidad baja significa que la tendencia observada es muy inusual y por lo tanto es un “resultado significativo”. La prueba de significancia empleada en este trabajo es prueba de “dos colas”, lo cual significa que estamos interesados solamente en decidir si la tendencia es significativamente diferente de cero sin especificar si la tendencia es hacia el incremento (tendencia positiva) o hacia el decremento (tendencia negativa).

La significancia de una tendencia y su intervalo de confianza depende del error estándar del estimado. La ecuación (3) resulta solo correcta si los valores individuales de la serie no están correlacionados. La dependencia entre los valores de la serie se denomina “autocorrelación temporal” o “correlación serial”. Cuando los datos están autocorrelacionados, muchos estadísticos se comportan como si el tamaño de la muestra fuera menor al número de datos en la serie, n , por lo que es necesario determinar “el tamaño efectivo de la muestra” (n_{ef}). En este trabajo, n_{ef} se estimó mediante la ecuación: $n_{\text{ef}} = n(1-r_1) / (1+r_1)$

Donde r_1 es el primer desfase del coeficiente de autocorrelación calculado para la serie de tiempo de los residuales respecto de la línea de regresión.

Si r_1 es estadísticamente significativo (es decir nivel- α de r_1 es < 0.5), entonces en la ecuación (4), se usa n_{ef} en lugar de n . De la ecuación (4) se puede ver que si n_{ef} es mucho más pequeño que n , entonces el error estándar del valor estimado por la línea de regresión puede resultar mucho más grande de lo que uno podría esperar. Esto significa que algunos resultados pueden mostrar una tendencia significativa si se ignora la autocorrelación, cuando en realidad la tendencia es no significativa si se toma en cuenta la autocorrelación.

Dominios

Como una forma de simplificar el análisis de las posibles estructuras regionales de las tendencias observadas en precipitación y caudales, el país se dividió en componentes espaciales por medio de polígonos de diferentes tamaños (Figura 1), denominados “dominios” (N, C, SE, y PY). La densidad de estaciones en cada dominio se muestra



en la Figura 1. El dominio C posee la mayor densidad de estaciones (700 estaciones climatológicas y 85 estaciones de aforo), mientras que el dominio N, con la mayor área cubierta, posee la menor densidad (270 y 29). Las condiciones climáticas son diferentes en cada dominio, con un gradiente que varía desde climas áridos y semiáridos sobre el dominio N; climas sub-húmedos en el dominio C, excepto sobre el Altiplano Mexicano y en las zonas montañosas de mediana-a-alta elevación en el sureste del dominio C, donde dominan los climas semiáridos y húmedos, respectivamente. Climas húmedos en el dominio SE y climas sub-húmedos en el dominio PY (García, 2004). Los valores medios anuales y estacionales para el período 1920-2008 en cada dominio muestran la variabilidad estacional en cada dominio y entre dominios (Tabla 1). Como se observa en la Tabla 1, el dominio árido y semiárido N (media anual = 402 mm), contrasta con el dominio húmedo SE (1 716 mm). La mayor contribución de invierno al acumulado anual entre los dominios se observa en el dominio N (22%) seguido de los dominios PY (21%); SE (16%) y C (12%). Estos resultados son coherentes con lo que se conoce sobre la mayor afectación provocada por la intrusión de frentes fríos productores de precipitación sobre los dominios N, SE y PY. En la Figura 2 se puede apreciar que cada dominio se caracteriza por una alta variabilidad anual y estacional que se sobrepone a una variabilidad de larga duración. La longitud y magnitud de los períodos húmedos y secos de larga duración (medidos en décadas) han sido diferentes entre los dominios, aunque como se observa algunos períodos se traslapan. Por ejemplo, ver los períodos secos prolongados de 1940-55 y 1996-presente de precipitación anual acumulada en los dominios C y N (el período más antiguo duró más tiempo en el dominio N hasta 1960, mientras que el período más reciente comenzó más temprano en el dominio C en 1980) (Figs. 2a y b); el período húmedo moderado de 1960-1980, entre los períodos secos mencionados, y el período húmedo más antiguo que concluyó en 1940 en ambos dominios, son evidencia de que los períodos húmedos y secos pueden afectar más de la mitad del país al mismo tiempo, afectando no solo la precipitación media acumulada anual sino también los acumulados

medios estacionales (Figs. 2e, f, i y j). Estas fluctuaciones anual y estacional de larga duración en los dominios N y C están relacionadas con los cambios en la Oscilación Decenal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés), de fase fría a cálida del PDO a mediados de los 1970's y de fase cálida a temporalmente fría del PDO al final de los 1990s (Pavía et al., 2006). Más aún, en la porción noroccidental del dominio N se sabe que la precipitación de invierno se encuentra en fase con el PDO (Brito-Castillo et al., 2003; Pavía et al., 2006). Stahle et al. (2009) propone que la sequía más reciente que afectó a los dominios N y C (Figuras 2a, b, e, f, i y j), está asociada con una tendencia decreciente en la precipitación proyectada para las regiones debida al calentamiento global causado por actividades humanas.

El comportamiento de larga duración observado en los dominios SE y PY muestra una estructura distinta. En ambos dominios los períodos húmedos y secos de precipitación anual y estacional (ver Figs. 2c, d, g, h, k y l), parecen durar más, característica que es desfavorable para México toda vez que la precipitación en ambos dominios es muy alta (ver tabla 1) y sus efectos sobre la economía nacional puede ser muy grande. En el dominio SE, por ejemplo, el período seco más antiguo que comenzó en 1926 duró casi tres décadas (hasta los 1950s), y es evidente en la precipitación media acumulada anual (Fig. 2c) y de verano (Fig. 2g). En la precipitación media acumulada de invierno (Fig. 2k), este período antiguo concluyó algunos años antes (mediados de los 1940s). El período seco fue seguido por un período húmedo muy prolongado que tuvo lugar desde los 1950s hasta el presente (Fig. 2c, g, k), con un período cercano al normal a finales de los 1980s-principios de los 1990s. Comparando la variabilidad de larga duración entre los dominios N y SE (Figs. 2a, c, e, g, i y k), emerge un patrón aparentemente opuesto (es decir las sequías en el dominio N generalmente coinciden con condiciones anómalamente húmedas en el dominio SE y viceversa), que se sugiere estar relacionado con las condiciones tropicales de la temperatura superficial del mar (Matías y Magaña, 2010).



Tabla 1. Precipitación media acumulada anual y estacional (en mm) para el período 1921-2008 en cada uno de los dominios, estimada a partir de los datos de estaciones climatológicas posicionadas en cada dominio (ver Figura 2). Entre paréntesis se muestra la proporción de precipitación estacional con respecto al acumulado anual. N = norte; C = Centro; SE = Sureste y PY = Península de Yucatán.

	N	C	SE	PY
Anual	402	899	1716	1220
Verano	311 (78)	791 (88)	1446 (84)	955 (79)
Invierno	89 (22)	109 (12)	288 (16)	257 (21)

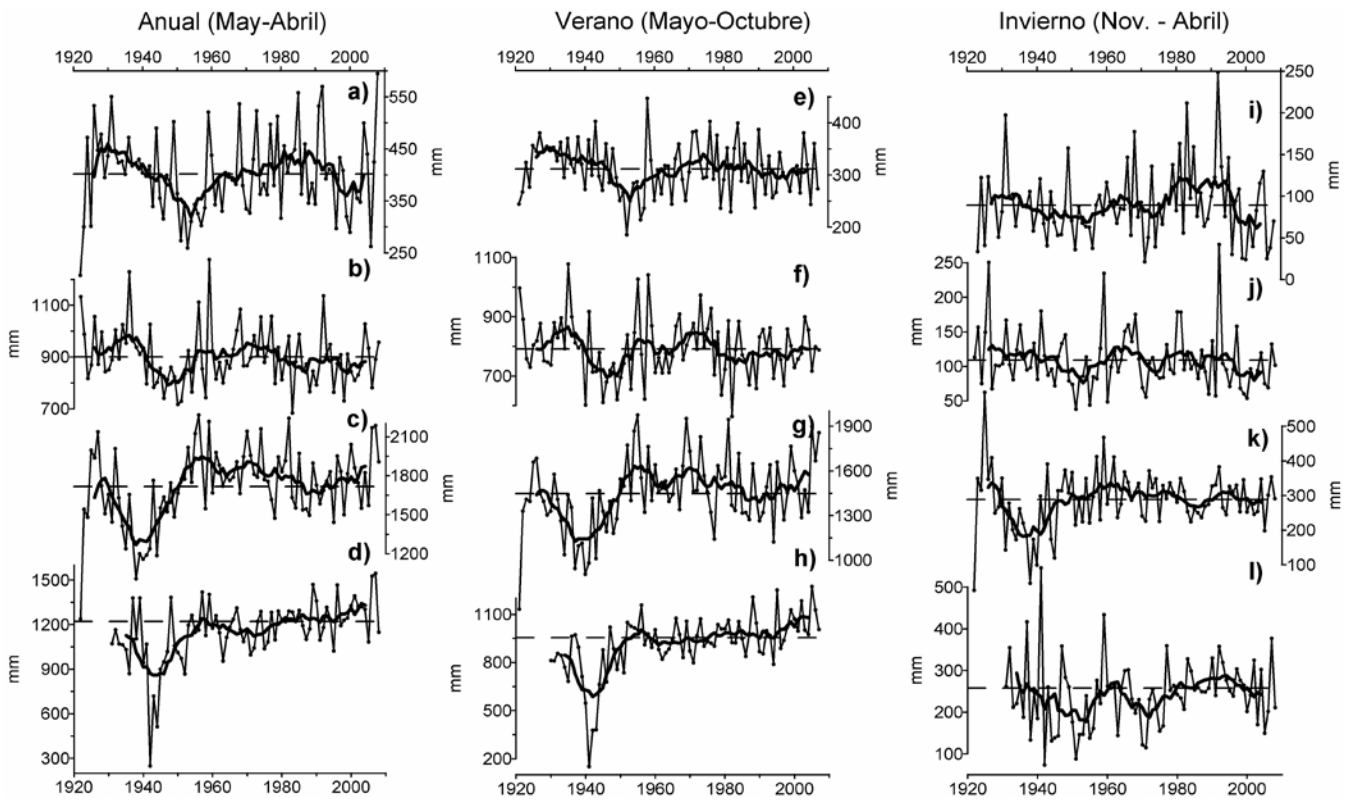


Figura 2. Precipitación media acumulada anual (Mayo-Abril) (series de la izquierda a-d); de verano (Mayo-Oct) (series del centro e-h) y de invierno (Nov.-Abril) (series de la derecha; i-l), estimada a partir del conjunto de estaciones climatológicas localizadas en los dominios N (a, e, i); C (b, f, j); SE (c, g, k) y PY (d, h, l). Las líneas gruesas son promedios móviles de 9 años y las líneas horizontales son las medias de todo el período para cada variable. Los ejes Y, son variables para distinguir la variabilidad individual de las series.



Resultados y Discusión

Tendencias en precipitación y caudales

En este trabajo, identificamos primero las tendencias observadas en precipitación, y después corroboramos si corresponden con las tendencias observadas en caudales, en estaciones localizadas en la misma región, a fin de evaluar su consistencia espacial. Este procedimiento ayuda a evitar, en cierta forma, interpretaciones erróneas, particularmente en las series de caudal las cuales podrían estar afectadas por los desvíos de agua para irrigación, su almacenamiento en presas (cuando la estación de aforo se localiza aguas abajo de la estructura), o por el excesivo bombeo de agua subterránea que resultan en una tendencia decreciente de los caudales implicando que el factor causante es principalmente de origen humano y probablemente con efectos muy localizados, es decir, no regionales.

La Figura 3 muestra los resultados obtenidos. A lo largo de todo el país, el número de estaciones que muestran tendencias decrecientes es mayor que las que muestran tendencias hacia el incremento. Esto resulta en tendencias medias generalizadas anual y de verano hacia el decremento. En el caso de invierno, la incertidumbre estadística en la tendencia media, basada en el 95% de intervalos de confianza, incluye el valor de la tendencia igual a cero ($-0.30 \pm 0.54 \text{ mm} \times \text{yr}^{-1}$). El reducido número de estaciones que muestran tendencias significativas en invierno y su elevada y desigual dispersión sobre los dominios (por ejemplo N, SE y PY), son factores que resultan en un error mayor de la tendencia media estimada, por lo tanto la magnitud del error estándar de las tendencias, derivadas de las estaciones climatológicas que muestran tendencias estadísticamente significativas en la precipitación acumulada de invierno es muy grande, indicando que con la información disponible no existe suficiente evidencia para concluir que hay una tendencia media generalizada en invierno hacia el decremento en México. Esta conclusión es igualmente válida para los dominios N, SE y PY, para las tendencias medias de invierno, y para los dominios SE y PY, para las tendencias medias anual y de verano. En todos estos casos, el error estándar de las tendencias excede la magnitud media de sus respectivas tendencias.

Una situación diferente ocurre sobre los dominios N y C, en los que la incertidumbre estadística (o error

estándar de la pendiente), de la media anual y de verano, y en el dominio C para la tendencia media de invierno, es menor a la magnitud media de la tendencia. En estos casos, se concluye que las tendencias medias anual y de verano son hacia un incremento en la precipitación en el dominio N, y por el contrario, hacia la disminución de la precipitación en el dominio C, que además incluye la tendencia media de precipitación de invierno. Por lo tanto se distinguen algunos patrones regionales coherentes para los acumulados de precipitación anual y de verano en el dominio N, como la tendencia hacia el incremento en las zonas elevadas del noreste de México (que se verifica por la línea de la vertiente en los límites de la Sierra Madre Oriental), y sobre las elevaciones medias-a-altas del noroeste de México, incluyendo la Península de Baja California; una tendencia hacia la disminución de la precipitación en el dominio C, con un número mayor de estaciones que muestran tendencias hacia el decremento sobre las elevaciones medias-a-altas de la vertiente del Golfo de México en comparación con las de la vertiente del Pacífico (con excepción de la precipitación de invierno, donde no se observa incremento de la precipitación en ambos lados de la vertiente), y sobre la cuenca del río Lerma-Santiago en el centro de México; tendencia hacia el incremento de la precipitación media estacional y hacia la disminución de la precipitación media anual en la mitad occidental del dominio PY; y finalmente, tendencia hacia la disminución de las precipitaciones medias acumuladas anual y de verano, y hacia el incremento en la precipitación media acumulada de invierno en el dominio SE. En el dominio SE además, hay varias estaciones localizadas cerca de la vertiente que muestran tendencia hacia el incremento de las precipitaciones medias acumuladas anual y estacional.

En el caso del análisis de tendencias en caudales, el número de estaciones que muestran tendencias significativas es mayor en las medias de invierno que en las medias, anual y de verano. Tendencias hacia el incremento en los caudales son más comunes en invierno, mientras que tendencias hacia la disminución de caudales son más comunes en verano.

En la Figura 4, se muestra la distribución de las cuencas aforadas que tienen tendencias significativas hacia el incremento y hacia la



disminución de los caudales medios, anual y estacional.

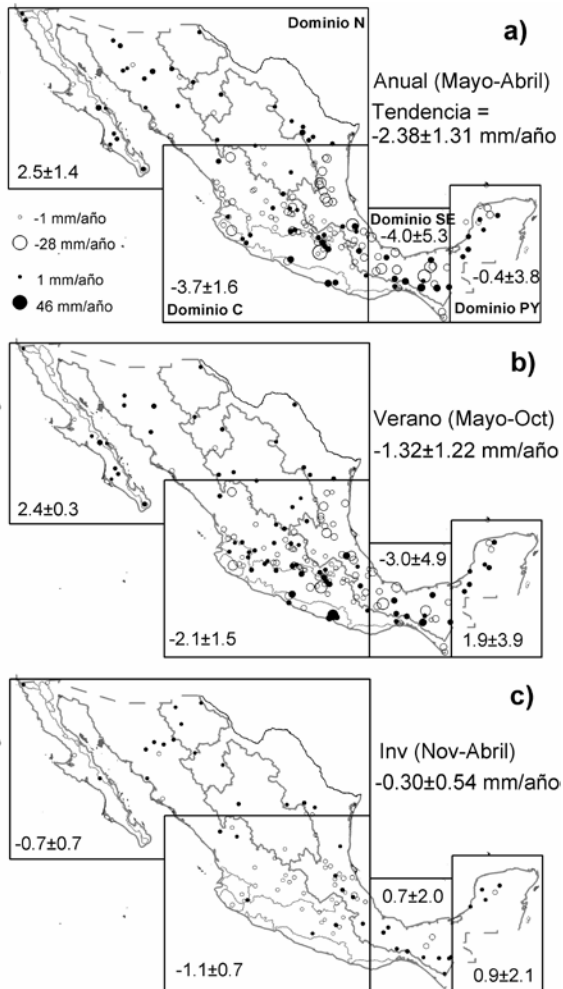


Figura 3. Mapas de distribución de estaciones climatológicas que muestran tendencias estadísticamente significativas de precipitación media acumulada anual (a), de verano (b) e invierno (c) en México. Los puntos indican la ubicación de las estaciones con tendencias hacia el incremento mientras que los círculos, aquellas que muestran tendencias hacia la disminución. Los puntos y los círculos al interior de los mapas son proporcionales a la magnitud de las tendencias mostradas en el ángulo inferior izquierdo de (a). Las tendencias medias, derivadas a partir del total de estaciones localizadas en México, se muestran afuera de los mapas, mientras que las tendencias medias, derivadas de las estaciones localizadas en cada dominio se muestran el interior del dominio (en $\text{mm} \times \text{año}^{-1}$). Los valores \pm definen los intervalos de confianza de las tendencias al 95%. Las líneas al interior de los

mapas muestran las vertientes del Pacífico, hacia la izquierda y del Golfo de México, hacia la derecha.

En el dominio C se observa un número mayor de cuencas aforadas que muestran tendencias hacia la disminución de caudales medios comparado con los otros dominios, particularmente aquellas en la cuenca del río Lerma-Santiago en el centro del país. Este resultado es consistente con las tendencias observadas hacia la disminución de precipitación acumulada, anual y estacional en el dominio C (Fig. 3), indicando que las tendencias generalizadas hacia la disminución de precipitación anual y estacional en el dominio C han resultado en disminuciones de caudal, principalmente en las cuencas aforadas de la vertiente del Pacífico. Algunas cuencas aforadas pequeñas circunvecinas a la cuenca del río Lerma-Santiago muestran tendencias de caudales medios, anual y estacional hacia el incremento. Aunque en el dominio C también hay estaciones climatológicas que muestran tendencias de precipitación acumulada, anual y de verano hacia el incremento (Figs. 3a y b), su posición no necesariamente coincide con la posición de las cuencas aforadas. Más aún, el caudal medio de invierno en algunas cuencas muestra tendencias hacia el incremento (Fig. 4c), en tanto que no hay estaciones climatológicas que muestren tendencias significativas similares sobre las cuencas (Fig. 3c).

Estos resultados sugieren que las tendencias significativas hacia el incremento, anual y estacional en la precipitación y en los caudales del dominio C, puede ser un reflejo de la influencia de factores locales y no regionales. Adicionalmente, también es posible que haya influido la diferencia en el número de series analizadas (1 161 de precipitación vs. 141 de caudales). La insuficiencia de series de caudal y una razón muy grande de series de precipitación en relación a las series de caudal pueden causar algunos errores en los análisis. En el noroeste de México, en el dominio N, hay cuencas aforadas muy grandes que muestran tendencias hacia el decremento y hacia el incremento de caudales medios, anual y estacional, que no reflejan un patrón regional obvio (Fig. 4). Aunque la Fig. 3 muestra que en el dominio N la mayoría de estaciones climatológicas muestran tendencias hacia el incremento de precipitación acumulada, anual y estacional, las tendencias hacia la disminución del caudal medio en esas áreas no son



consistentes con este patrón. Desafortunadamente, sobre las cuencas aforadas donde son evidentes las tendencias hacia la disminución de caudales en el noroeste de México no encontramos estaciones climatológicas con registros suficientemente largos para corroborar estos resultados. Esto imposibilita la comparación y verificación de la consistencia en ambas variables.

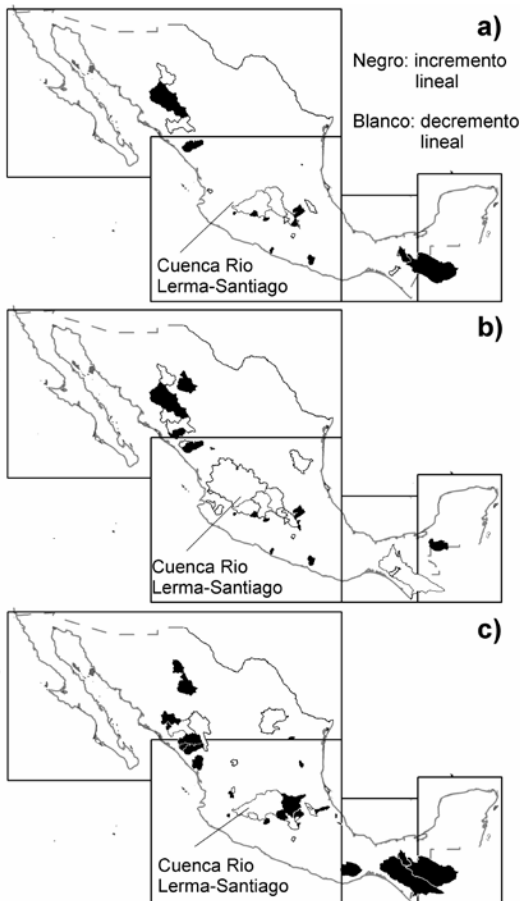


Figura 4. Mapas que muestran la distribución de las cuencas aforadas que tienen tendencias significativas hacia el incremento (polígonos negros) y hacia la disminución (polígonos blancos), de caudales medios anuales (a), medios de verano (b) y medios de invierno (c).

Conclusiones

Los cambios regionales en precipitación y caudal en México se traducen en tendencias significativas hacia el incremento y hacia la disminución. Mientras que hay diferencias aisladas en la ocurrencia de

tendencias en ambas variables en grandes extensiones, se pueden identificar algunos patrones regionales coherentes como la tendencia hacia la disminución de precipitación en el dominio C y la tendencia hacia el incremento de la precipitación en el dominio N. En el dominio C las tendencias identificadas hacia la disminución son consistentes con las tendencias observadas en los caudales. Particularmente en la cuenca del río Lerma-Santiago que ha sido afectada por diversas actividades humanas, desde la desecación de las lagunas del Lerma que daban origen al río, la explotación de los acuíferos y el control de la corriente por grandes obras de almacenamiento y regulación, factores que han contribuido a una disminución considerable del escurrimiento superficial al interior de la cuenca. Esta disminución a su vez ha provocado una reducción en la evaporación que probablemente ha forzado la disminución de la precipitación en un proceso de retroalimentación positiva al interior de la cuenca. Sin embargo también se observan estaciones climatológicas fuera de los límites de la cuenca del río Lerma en el centro de México que muestran tendencias significativas hacia la disminución. Por lo tanto, la disminución generalizada de la precipitación en el dominio C es un cambio real no atribuible a causas aleatorias o de forzamientos locales. Algunas cuencas aforadas en el noroeste de México también muestran tendencias hacia la disminución de los caudales medios que no son consistentes con las tendencias generalizadas hacia el incremento de las precipitaciones en el dominio N; desafortunadamente, no existen estaciones con registros suficientemente largos al interior de las cuencas, principalmente en las zonas montañosas. Esto imposibilita hacer una comparación entre los cambios ocurridos en caudales y precipitación en el noroeste de México².

Para finalizar, se enlistan algunos temas de interés que requieren ser investigados a detalle en el contexto del cambio climático

1. Disminución de la incertidumbre en los modelos de circulación general que garantizan una mayor discusión sobre las tendencias regionales

² Más detalles de este trabajo se puede consultar en Brito-Castillo, 2012



2. Adquirir un mayor conocimiento de los procesos de retroalimentación que garanticen un mejor entendimiento de los cambios que son atribuibles a actividades humanas y de aquellos atribuibles a la variabilidad natural
3. Estudio de los precursores de cambio, principalmente los que modulan la variabilidad natural que dan origen a eventos extremos, para poder incrementar la certidumbre en los pronósticos.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT J50757-F), el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC (PC 0.3) y la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos de CONACYT (REDESClim).

Fuentes de consulta

1. BANDAS (Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales). (1997). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Período 1997-2004, CD-rom data base, Morelos, México. Available from: <<http://www.imta.gob.mx>>
2. Barnett, T.P., Pierce, D.W., AchutaRao, K.M., Gleckler, P.J., Santer, B.D., Gregory, J.M. & Washington, W.M. (2005). Penetration of human-induced warming into the world's oceans. *Science*, Vol. 309, pp. 284-287.
3. Bitrán B. D., M. Jiménez Espinosa, H. Eslava Morales, M.A. Salas Salinas, M.T. Vázquez Conde, L.G. Matías Ramírez, K.S. Camacho Quintana, L.A. Colsa, 2001. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2000*. Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, Talleres gráficos de México, D.F., pp. 99, ISBN: 970-628-592-X.
4. Brito-Castillo, L., Douglas, A.V., Leyva-Contreras, A. & Lluch-Belda, D. (2003). The effect of large-scale circulation on precipitation and streamflow in the Gulf of California continental watershed. *International Journal of Climatology*, Vol. 23, No. 7, (June 2003), pp. 751-768, ISSN: 1097-0088
5. Brito-Castillo, L., Díaz, C.S.C. & Ulloa-Herrera, R.S. (2009). Observed tendencies in maximum and minimum temperatures in Zacatecas, Mexico and possible causes. *International Journal of Climatology*, Vol. 29, No. 2, (February 2009), pp. 211-221, ISSN: 1097-0088
6. Brito-Castillo L., 2012. Regional Pattern of Trends in Long-Term Precipitation and Stream Flow Observations: Singularities in a Changing Climate in Mexico. In *Greenhouse gases-Emission, Measurement and Management*: Guoxiang Liu (ed.), INTECH open access Publisher, Croatia, p. 387-412. ISBN: 978-953-51-0323-3. doi: 10.5772/32804.
7. CONAFOR, 2012. Sistema Nacional de Información Forestal. Comisión Nacional Forestal. *Reportes semanales de resultados de incendios forestales*. La información se puede descargar de forma gratuita en: <http://www.conafor.gob.mx/portal/> (octubre, 2012)
8. Douglas A.V., P.J. Enlehart, 1999. The historic 1997-98 drought in Mexico. In *Proceedings of the Twenty-Third Annual Climate Diagnostic and Prediction Workshop*, NOAA, Miami Florida, pp 26-29.
9. Enlehart, Ph.J. & Douglas, A.V. (2004). Characterizing regional-scale variations in monthly and seasonal surface air temperature over Mexico. *International Journal of Climatology*, Vol. 24, No. 15, (December 2004), pp. 1897-1090, ISSN: 1097-0088
10. Garcia, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones climáticas de México)*. 5ta edición, Instituto de Geografía, UNAM, ISBN: 970-32-1010-4, México, D.F.
11. Gutierrez-Ruacho, O.G., Brito-Castillo, L., Díaz, C.S.C. & Watts Ch. (2010). Trends in rainfall and extreme temperatures in Northwestern Mexico. *Climate Research*, Vol. 42, No. 2, (July 2010), pp. 133-142, ISSN: 1616-1572
12. Matías, M. & Magaña, V. (2010). Regional aspects of prolonged meteorological droughts over Mexico and Central America.



- Journal of Climate*, Vol. 23, No. 5 (March 2010), pp. 1175-1188, ISSN 0894-8755
13. Pavia, E.G., Graef, F. & Reyes, J. (2006). PDO-ENSO effects in the climate of Mexico. *Journal of Climate*, Vol. 19, pp. 6433-6438, doi:10.1175/JCL14045.1, ISSN 0894-8755
 14. Pavia, E.G., Graef F. & Reyes, J. (2009). Annual and seasonal surface air temperature trends in Mexico. *International Journal of Climatology*, Vol. 29, No. 9, (July 2009), pp. 1324-1329, ISSN: 1097-0088
 15. Quintas, I. (2000). ERIC III. In: *Documentación de la base de datos climatológica y del programa extractor (ERIC II: Documentation of the climatologic database and data extraction program)*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 54 pp.
 16. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, ISBN: 9780521014953, Cambridge, U.K.
 17. Stahle, D.W., Cook, E.R., Villanueva-Diaz, J., Fye, F.K, Burnette, D.J., Griffin, R.D., Acuña-Soto, R., Seager, R. & Heim, Jr., R.R. (2009). Early 21st-century drought in Mexico, *Eos Translational*, AGU, Vol. 90, No. 11, pp. 89-100, doi:10.1029/2009EO110001
 18. Weiss, J.L. & Overpeck, J.T. (2005). Is the Sonoran Desert losing its cool?. *Global Change Biology*, Vol. 11, No. 12, (December 2005), pp. 2065-2077., ISSN: 1365-2486



34 años (1979-2012) de registros de Florecimientos Algales Nocivos (FAN)

Roberto Cortés Altamirano* y Rosalba Alonso Rodríguez**.

*Laboratorio de Plancton, **Laboratorio de Biotoxinas Marinas de la Unidad Académica Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

Introducción

Los florecimientos algales son eventos de alta productividad natural, forman parte del ciclo anual del fitoplancton, se presentan en primavera, verano u otoño, dependiendo de la latitud e indican un aumento del número y de la biomasa fitoplanctónica en respuesta a factores ambientales como son: la temperatura, la radiación solar, los nutrientes, algunos cofactores de crecimiento como metales o algunos compuestos orgánicos. Los florecimientos algales generalmente son benéficos y activan la cadena alimenticia en los cuerpos acuáticos, en algunas zonas son perceptibles a simple vista por el cambio de color que provocan en el agua, motivo por el cual se les conoce como “mareas rojas”, pero algunos son formados por especies que provocan daños a otros organismos, ya sea por alta biomasa o por producir toxinas, y en estos casos estos forman parte de los Florecimientos Algales Nocivos (FAN) o Harmful Algal Bloom (HAB). Las especies conocidas como formadoras de FAN son a la fecha 109, en su mayoría son dinoflagelados (66%) aunque, de acuerdo a Moestrup et al (2009), entre ellas se encuentran también diatomeas (17.4%), fitoflagelados (8.2%), rafidofíceas (6.4%) y dictiocofíceas (1.8%). En la dinámica de los FAN asociados a la producción de formas de resistencia o quistes, Steidinger (1983) se consideran cuatro etapas: 1) la iniciación, 2) el crecimiento, 3) la concentración y 4) la dispersión. De estas, la única que puede detectarse a simple vista y por lo tanto, ser evaluada por sus discoloraciones, es la etapa de crecimiento.

En la bahía de Mazatlán se han realizado observaciones diarias para detectar la presencia de estos cambios de color y paralelamente se lleva a cabo un monitoreo de agua de algunas variables de calidad de agua y de la composición del fitoplancton. Estos registros de FAN iniciaron en 1979 cuando ocurrió una intoxicación por PSP al consumir almejas contaminadas por *Gymnodinium catenatum* (Mee et al., 1986). A partir de entonces se puso en marcha un programa de monitoreo por la

Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo objetivo es evaluar los florecimientos microalgales nocivos, el cual está vigente hasta la actualidad. El programa contempla el registro de la observación de días de discoloraciones (dd), su composición taxonómica, frecuencia, permanencia y toxicidad. Se realiza la identificación de la especie formadora, además se estima su abundancia y dominancia dentro de la comunidad fitoplanctónica y se registra si causó efectos adversos sobre otros organismos. Estos elementos son útiles para conocer el desarrollo del evento, saber si se presenta la especie formadora en alguna época del año en particular, valorar si hay alguna tendencia de su presencia a largo plazo en el área de estudio, etc. Como resultado de estas observaciones, se cuenta con una base de datos que comprende un período de más de tres décadas y es el punto de partida para detectar cambios a nivel global sobre la composición de especies, introducción de nuevos registros de especies formadoras de discoloraciones en respuesta a cambios hidroclimáticos o de disponibilidad de nutrientes como principales factores que promueven el desarrollo de fitoplancton nocivo y su expansión global (Tabla 1).

Materiales y Métodos

Área de estudio y descripción.

La bahía de Mazatlán se encuentra localizada al sur del estado de Sinaloa. Su límite occidental es la isobata de los 15m, la longitud de la costa es de 13.5 km., incluye el estero Urías con 16 km² de superficie y un desarrollo litoral de 23 km, su anchura fluctúa de 0.1 a 1.13 km y abarca un área de 24.8 km², excluyendo la ocupada por las islas (Fig.1). Las principales actividades económicas de Mazatlán son la pesca de camarón y el turismo.

La topografía de la costa de Mazatlán rodeada de pequeños cerros hace factible la buena observación de las discoloraciones en toda la bahía, y las observaciones realizadas por la UNAM fueron además complementadas por los pescadores de varias cooperativas y de otros colegas de otras



instituciones educativas pesqueras (Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa; Centro Regional de Investigación Pesquera CRIP; SEMARNAP y productores agremiados al Comité de Sanidad Acuícola de Sinaloa CESASIN A.C., entre otros), que permitieron reconocer un área donde se observan las discoloraciones con mayor frecuencia, posiblemente influenciadas por un emisor submarino (asteriscos en Fig.1).

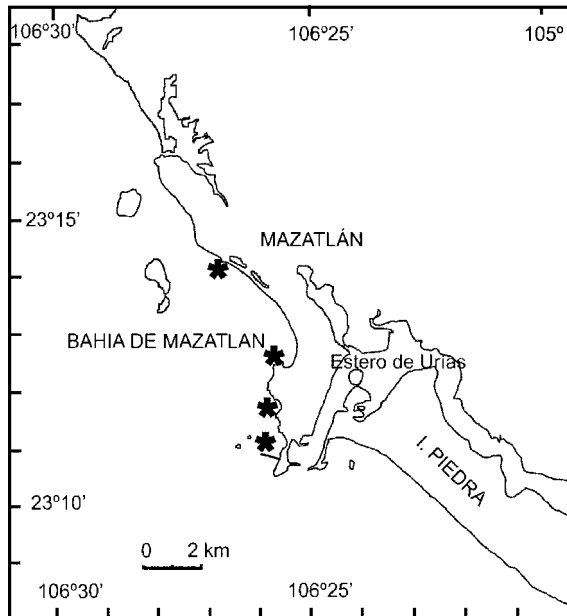


Fig. 1. *Sitios principales de observaciones de las discoloraciones.

2.2. Procedimientos en el campo y sitios de observación.

Las observaciones de las discoloraciones fueron registradas desde 1979 a la fecha, de acuerdo a los criterios de evaluación de mareas rojas (FAN) de Cortés *et al.* (1998), se asumió convencionalmente que el tiempo de una semana de no discoloraciones, correspondían a dos eventos distintos. Sin embargo, al presentarse dos especies en un mismo evento, se consideran ambas como co-dominantes. Al inicio de este estudio (primera década las observaciones fueron más continuas y exhaustivas debido a que no se conocía la época de mayor incidencia, en lo subsiguiente, las observaciones se afinaron en tiempo y en área, sin dejar de cubrir todos los meses de cada año, pero fundamentalmente se concentraron en el invierno-primavera, principalmente entre marzo y abril; y en el verano-otoño, principalmente entre octubre y noviembre. Por otro lado, tampoco se conocía el tiempo de duración de un evento FAN, lo que afectaba la planeación presupuestaria y salidas para las

colectas, por ello los primeros años las campañas de muestreo eran en el momento cuando se veían discoloraciones y a partir de 1996 se realizaron algunos ciclos de muestreos con periodicidad mensual o quincenal (1995-1996, 2000, 2003, 2005-a la fecha) analizando fitoplancton y temperatura inicialmente, progresivamente más variables. Cuando había posibilidades de salir a colectar, estas se realizaban en lo más denso de la mancha y se obtenían muestras superficiales. En este trabajo, se presentan los resultados de la observación de días de discoloraciones en tres décadas, considerando la identificación de las especies formadoras, frecuencia, permanencia y su relación con variables ambientales. La identificación específica y su posible toxicidad se basó en literatura general: Manuales de las Conferencias UNESCO (1978, 1995, 1998, 2003), Fukuyo (1990, 2003, 2005), Cortés (ed.) (1998), Thomas (ed.), 1998, Okolodkov y Gárate-Lizárraga (2006), Licea *et al.* (1995), Moreno *et al.* (1996) y literatura especializada para el género o especie.

Resultados

Datos estadísticos

En la Tabla 1 se presenta el concentrado de los registros de días de discoloraciones (dd) de los eventos FAN, durante 34 años, de 1980 a 2012, se incluye el primer registro de 1979 publicado por Mee *et al.* (1986). Estos registros se llevaron a cabo mediante observaciones diarias de cambio de color del mar, se recolectaron muestras siempre que hubo oportunidad para determinar la especie formadora y su abundancia.

Frecuencia anual

El total de días de discoloraciones (dd) durante los 34 años indica una gran variación anual, que va de 0 hasta un máximo de 132 dd. Anteriores esfuerzos se han realizado para caracterizar estos florecimientos fitoplanctónicos en secuencias de años (Cortés y Núñez 1992, Cortés y Licea, 2004). Un análisis actual de la frecuencia de las discoloraciones muestra 5 tendencias: I. Ausencia o inhibición II. Exacerbación súbita III. Estabilidad IV. Disminución V. Aumento. La gráfica de la figura 2 muestra que aparentemente había un patrón, donde se presentaba una ausencia total de dd cada 7 u 8 años (tendencia I), durante las dos primeras décadas, y esto coincidía con fuertes eventos de “El Niño”, estas ausencias o inhibiciones duraban de uno o dos años. Sin embargo, este patrón ya no se presentó en los años siguientes y se esperaba otro periodo de ausencia para el 2000-01, pero al contrario fue el año en que hubo el máximo de dd y



tampoco hubo ausencia durante 2008-09, esto sugiere que el patrón de las FAN ha cambiado radicalmente de una década a la siguiente. En consecuencia, las demás tendencias (II a V) en las primeras décadas; 1980-83 la tendencia IV duró 3 años, 1988-91 tendencia III duro 4 años y en 1985 la

tendencia II fue la única en casi dos décadas. Por el contrario, la década de los 2000, se distingue por cambios rápidos de 2 a 3 años, donde dominan las tendencias V y IV, que son elevaciones y caídas cada vez más pronunciadas e irregulares con respecto al tiempo.

Tabla 1. Concentrado de días con discoloración y número de eventos FAN (1979-2012).

INICIO DE REGISTRO			PRIMERA DÉCADA			SEGUNDA DÉCADA			TERCERA DÉCADA			CUARTA DÉCADA		
AÑOS	DIAS	FAN	AÑOS	DIAS	FAN	AÑOS	DIAS	FAN	AÑOS	DIAS	FAN	AÑOS	DIAS	FAN
1970	ND	ND	1980	28	5	1990	26	6	2000	132	4	2010	22	5
1971	ND	ND	1981	13	5	1991	23	7	2001	85	8	2011	70	5
1972	ND	ND	1982	6	5	1992	0	0	2002	21	3	2012	86	12
1973	ND	ND	1983	0	0	1993	0	0	2003	99	8	2013	ND	ND
1974	ND	ND	1984	2	2	1994	37	6	2004	60	14	2014	ND	ND
1975	ND	ND	1985	72	5	1995	14	4	2005	25	8	2015	ND	ND
1976	ND	ND	1986	5	4	1996	31	9	2006	82	11	2016	ND	ND
1977	ND	ND	1987	7	3	1997	75	11	2007	18	8	2017	ND	ND
1978	ND	ND	1988	22	4	1998	10	3	2008	51	9	2018	ND	ND
1979	17	1	1989	25	5	1999	45	10	2009	32	5	2019	ND	ND
1	17	1	10	180	38	10	261	56	10	605	78	3	178	22

ND: no determinado

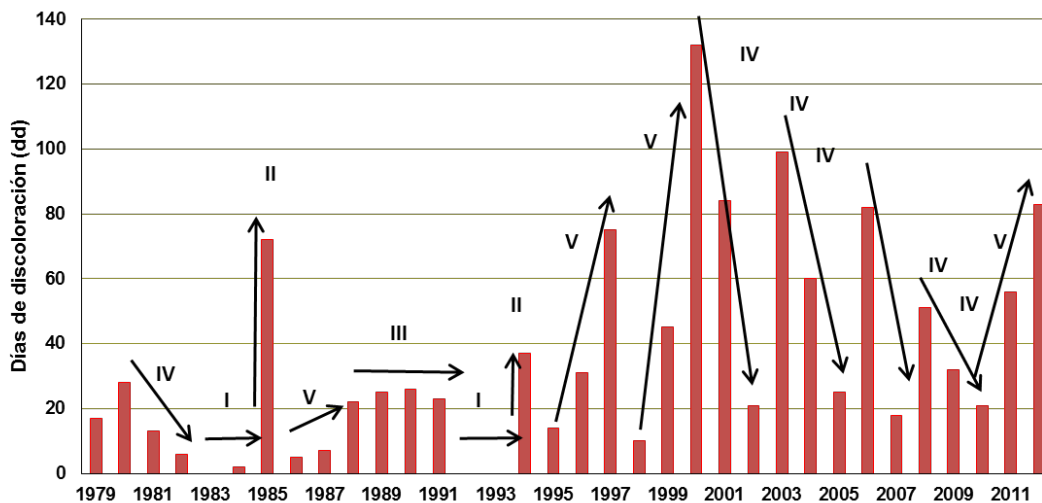


Fig. 2 Tendencias de la ocurrencia de discoloraciones en la bahía de Mazatlán (1979-2012). I Ausencia o inhibición, II Exacerbación súbita, III Estabilización, IV Disminución, V Aumento.

Los resultados, considerando décadas indican un gradual aumento en los dd, es decir, de 1980-89 se contabilizaron 180 dd en 38 eventos de 1990-99 fue de 261 dd en 56 eventos y de 2000-2009 fueron 605 dd en 78 eventos. Tomando en consideración los días de discoloraciones observados de los 80's para la siguiente década habían aumentado 1.45

veces pero para la década del 2000's este aumento llegó a ser de 3.36 veces.

Distribución mensual o estacional

Considerando la información de la tabla 1, donde se concentran 1,242 dd provenientes de 196 eventos FAN obtenidos en 34 años, dichos datos fueron



arreglados mensualmente, de esta forma se aprecia la distribución estacional por décadas (Fig.3 a,b y c) y además la integración de todos los datos, es decir de los 34 años (Fig.3 d).

Aunque a estas latitudes la diferenciación estacional no es muy definida, en el mar la abundancia de dd FAN, se manifiestan formándose dos curvas a lo largo del año, una a principios de primavera la más grande y la otra en el otoño más pequeña, con una carencia o disminución en el verano, esto sugiere un patrón similar a lo que ocurre en mares templados (Bonet, 1975). Sin embargo, este patrón está bien definido en la primera década 1980-89, pero en la

segunda y tercera década este patrón tiende a perderse, por el aumento de dd de FAN durante el verano y por lo tanto en la integración de todos los años este patrón ya no es visible. También se aprecia un desplazamiento en tiempo en la segunda curva, hacia los meses de octubre y noviembre, desde la segunda década a la tercera, se confirma que la incidencia de las FAN es mayor durante los meses de marzo y abril.

Por otro lado, el promedio de dd en cada década, con 18 dd en la primera, 26 dd en la segunda y 60 dd en la tercera, indican un aumento gradual conforme transcurre el tiempo.

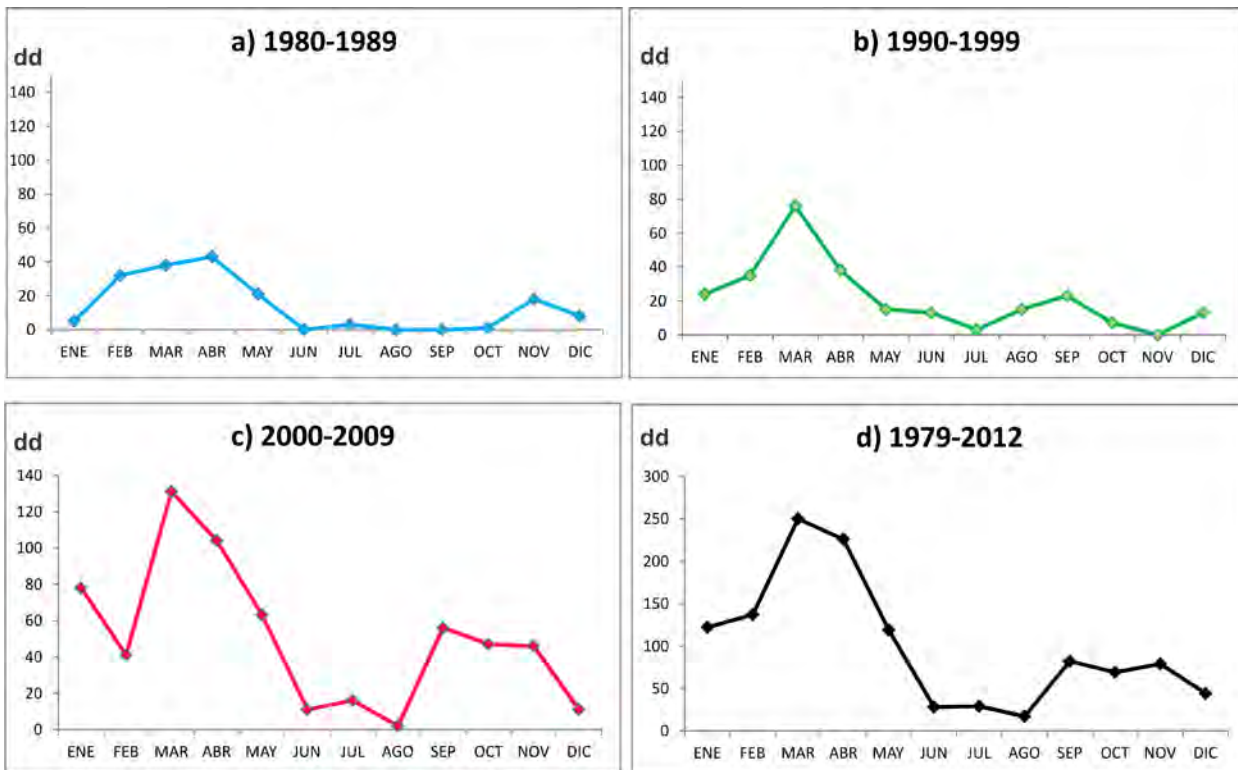


Fig. 3. Distribución mensual del número de discoloraciones (dd) por década (a, b y c) y d) el total de los 34 años registrados en la bahía de Mazatlán (1979-2012).

Permanencia de FAN

Para los fines de este estudio, un evento FAN en la bahía lo definimos cuando se observa discoloración por un lapso de tiempo ininterrumpido medido en días. Por otra parte, definimos como permanencia el número de días de duración de un FAN. Si

agrupamos los FAN de acuerdo a su permanencia, convencionalmente se definen 5 grupos: de 1-2 días, 3-6 días, 7-14 días, 15-30 y finalmente las mayores de un mes. La permanencia de los FAN en los años 80's estuvo en el rango de 1 a 2 días con 24 eventos, un evento de 17 dd y 1 mayor a 30 días



(56 dd) (Figura 4). En la década siguiente 90's, el primer rango se mantuvo normal pero los siguientes rangos fueron de 2 a 3.7 veces mayores a la década pasada pero con excepción del rango mayor que fue de cero. La década de los 2000 es muy diferente ya que, con la excepción de los eventos de 3 a 6 días, se observa en todos los rangos un aumento sustancial, particularmente importante para el rango de mayor permanencia, que se elevó a 3.67 veces

en comparación a lo de los 80's, cuestión que confirma un aumento extraordinario de la permanencia de los FAN, esto se corroboró mediante una prueba de Friedman para datos pareados con el fin de comparar la permanencia de los eventos de discoloraciones entre las tres décadas, cuyo resultado es que existen diferencias significativas entre la década de 1980-1989 con respecto a la de 2000-2009 ($\chi^2=0.5$, $p=0.021$).

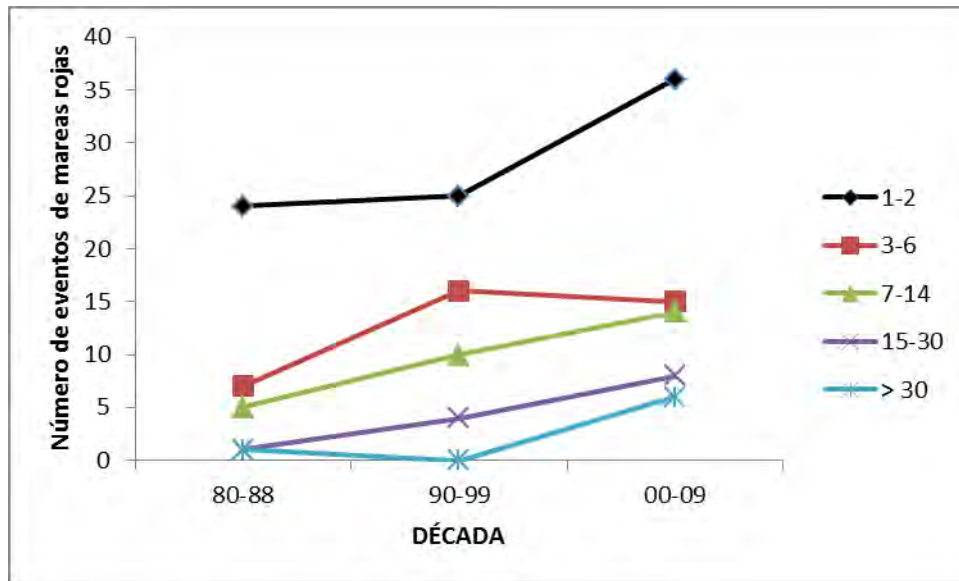


Fig. 4. Número de eventos de mareas rojas e intervalos de permanencia (días).

ENSO y FAN

El efecto del fenómeno de El Niño/La Niña o ENSO (*El Niño/La Niña Southern Oscillation*) sobre el fitoplancton es transferido a su vez al resto de la cadena alimenticia. Este efecto de El Niño provoca un empobrecimiento en la concentración de nutrientes y por lo tanto del fitoplancton, la profundización de la termoclina y la no disponibilidad de nutrientes en la capa de mezcla son factores que en la mayoría de los casos limita la formación de florecimientos algales de la mayoría de las especies de microalgas, sin embargo estas condiciones de escasez de nutrientes permite el florecimiento de especies con estrategias para fijación de nitrógeno como el caso de algunos géneros de cianobacterias. Por otra parte, el efecto de La Niña, está acompañada de los registros de mayor frecuencia de florecimientos algales observados por lo que se considera como un promotor de FAN. De acuerdo a

la prueba de correlación de Spearman, existe correlación negativa ($r=-0.487$, $\chi^2=0.05$, $P=0.004$) entre el índice ENSO multivariado (Multivariate ENSO Index: MEI) y el número de días de discoloración observados, lo cual confirma la inhibición de los FAN durante los períodos de máxima influencia de El Niño, reflejado en los años 1983-84 y 1992-93 (Fig. 2 y Fig. 5). Existen algunos registros anuales en los que esta condición no se cumple (círculos azules), se trata de eventos en donde los efectos de El Niño no fueron suficientes para inhibir la producción de discoloraciones y otras variables las promovieron, entre ellas está la época en la cual El Niño ejerce el efecto inhibitorio la cual puede no corresponder con la época de mayor presencia de ciertas especies formadoras de FAN (invierno-primavera), esto relacionado también con el aumento en la presencia de especies ictiotóxicas durante el verano.

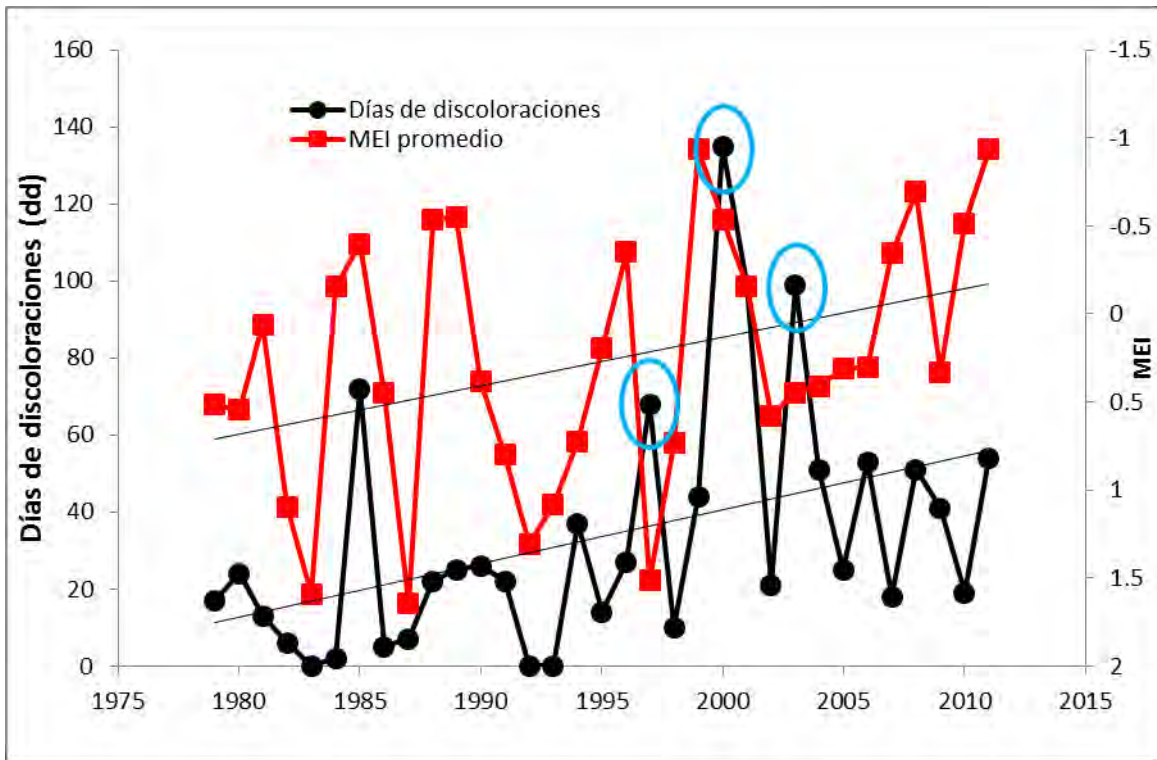


Figura 5. Tendencia del ENSO y los días de discoloraciones (dd) de 1979 a 2011. Los círculos azules resaltan los casos donde la respuesta de dd es diferente a la esperada.

Distribución temporal de las especies formadoras de florecimientos.

Respecto a las especies, se han identificado 24 especies formadoras de FAN, de las cuales 6 son tóxicas: *Gymnodinium catenatum* (PSP), *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (ASP), *Chattonella marina* y *C. ovata* (ictiotóxicas), *Cochlodinium polykrikoides* (ictiotóxica) y *Heterosigma akashiwo*. Especies nocivas 4: *Akashiwo sanguinea*, *Noctiluca scintillans*, *Gonyaulax turbynei*, *Lingulodinium polyedra* y *Trichodesmium erythraea*. Especies sin historial de toxicidad en la región: *Mesodinium rubrum*, *Pentapharsodinium trachodium*, *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum mexicanum*, *Prorocentrum compressum*, *Ceratium balechii*, *Prorocentrum donghaiense*, *Ceratium furca*, *Peridinium quinquecorne*, *Prorocentrum triestinum*, *Cochlodinium fulvescens*, *Polykrikos kofoidii*. Se ha observado que en un mismo evento FAN pueden dominar varias especies como es el caso de *Prorocentrum balticum*, *P. mexicanum* y *P. donghaiense*, también se ha registrado en el caso de *Gonyaulax turbynei* y *Lingulodinium polyedra*. La diatomea *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*

posiblemente se ha presentado con mayor frecuencia que la señalada, al igual que *Skeletonema costatum* Gómez-Aguirre et al. (2004), ya que su coloración es semejante a la del mar y pueden pasar desapercibidas (Tabla 2; Fig., 6.1 y 6.2).

La frecuencia relativa de los eventos FAN formados por especies benéficas o inocuas ha descendido durante el transcurso del tiempo (Tabla 2, Fig. 7), el ciliado fotosintético *Mesodinium rubrum* inició en la primera década con una abundancia de 72.5%, en la segunda alcanzó 48.1% y en la tercer década apenas alcanzó 20.7%. Mientras que especies productoras de toxinas aumentaron su frecuencia relativa, por ejemplo el dinoflagelado productor de toxinas paralizantes *Gymnodinium catenatum* 10, 11.1 y 20.7 %, en la 1ª, 2ª y 3er década, respectivamente. Por otra parte, recientemente se han incorporado nocivas y tóxicas, en especial ictiotóxicas asociadas a eventos de mortandad de peces a partir del año 2000, como son las rafidofíceas.

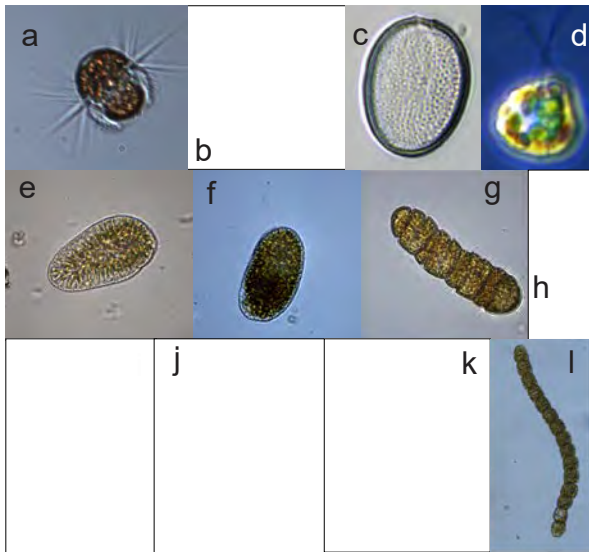


Figura 6.1.- Especies FAN en microscopia de luz de la bahía de Mazatlán. a) *Mesodinium rubrum*, b) *Noctiluca scintillans*, c) *Prorocentrum compressum* (teca sin citoplasma), d) *Heterosigma akashiwo*, e) *Chattonella marina*, f) *Chattonella ovata*, g) *Cochlodinium fulvescens*, h) *Cochlodinium polykrikoides*, i) *Trichodesmium erythraeum*, j) *Akashiwo sanguinea*, k) *Polykrikos kofoidii*, l) *Gymnodinium catenatum*.

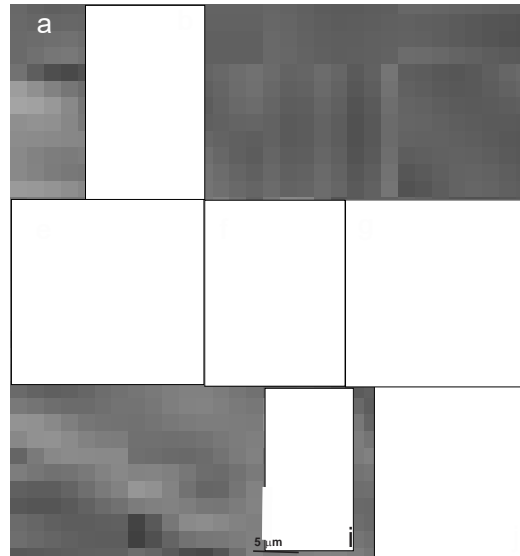


Figura 6.2.- Especies FAN en microscopia electrónica de barrido de la bahía de Mazatlán. a) *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, b) *Prorocentrum triestinum*, c) *Peridinium quinquecorne*, d) *Ceratium balechii*, e) *Pentapharsodinium trachodium*, f) *Prorocentrum mexicanum*, g) *Prorocentrum balticum*, h) *Ceratium furca*, i) *Prorocentrum donghaiense*, j) *Gonyaulax turbynei*

Tabla 2. . Especies formadoras de discoloraciones en la bahía de Mazatlán (1979-2012).

Especie/Periodo	1979-1988	1989-1998	1999-2008	2009-2012
<i>Mesodinium rubrum (Myrionecta rubra)</i>	X	X	X	X
<i>Ceratium balechii</i>*	X	X	X	X
<i>Pentapharsodinium trachodium</i>*	X	X	X	X
<i>Prorocentrum donghaiense</i>*	X	X	X	X
<i>Gymnodinium catenatum</i> PSP	X	X	X	X



<i>Akashiwo sanguinea</i> *	X	X	X	X
<i>Peridinium quinquecorne</i> ANOXIA *	X	X	X	X
<i>Trichochodesmium erythraea</i>	X	X	X	X
<i>Ceratium furca</i> ANOXIA		X	X	X
<i>Cochlodinium polykrikoides</i> ICTIOTOXINAS *		X	X	X
<i>Noctiluca scintillans</i> AMONIACO		X	X	X
<i>Prorocentrum triestinum</i>		X	X	X
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> ÁCIDO DOMOICO		X	X	X
<i>Prorocentrum balticum</i>			X	X
<i>Prorocentrum mexicanum</i>			X	X
<i>Gymnodinium instriatum</i> ANOXIA			X	X
<i>Chattonella marina</i> ICTIOTOXINAS			X	X
<i>Chattonella ovata</i> ICTIOTOXINAS			X	X
<i>Polykrikos kofoidii</i>			X	X
<i>Gonyaulax turbynei</i>			X	X
<i>Prorocentrum compressum</i>			X	X
<i>Cochlodinium fulvescens</i>			X	X
<i>Heterosigma akashiwo</i> ICTIOTOXINAS				X
<i>Aphanizomenon</i> sp.				X

* Especies re-descritas

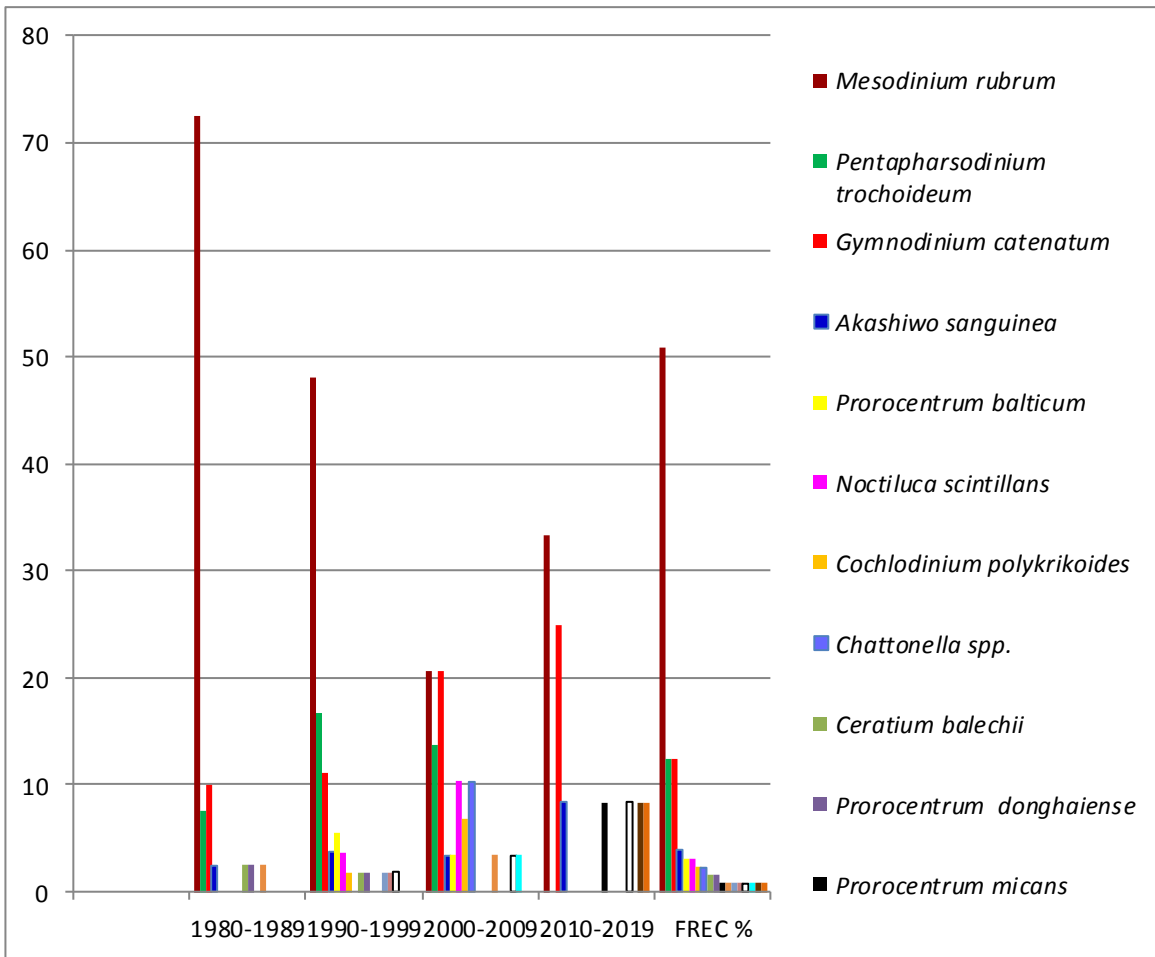


Figura 7.- Abundancia relativa (%) de las especies FAN por década e integrada (34 años) en la bahía de Mazatlán (1980-2012).

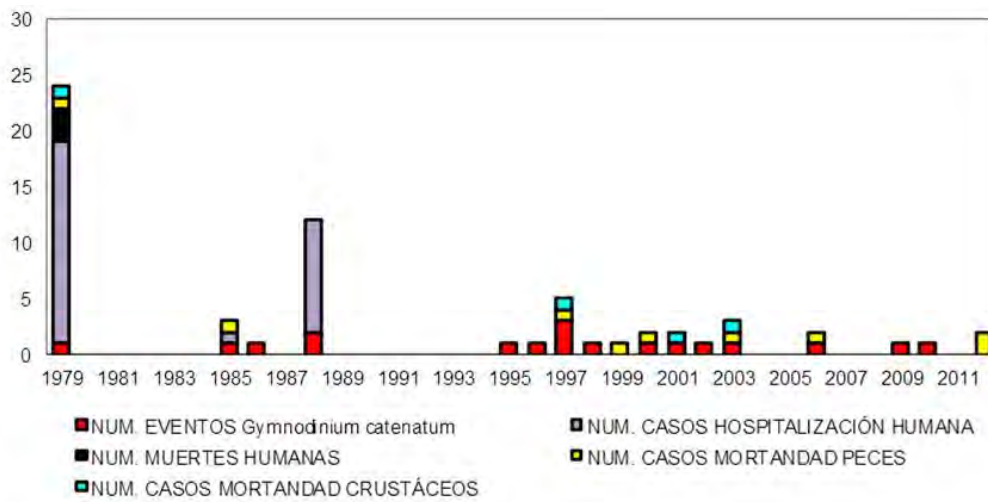


Fig. 8. Impacto de los FAN en la fauna y en la salud humana (1979-2012).



Impacto de los FAN.

La mayoría de los impactos observados sobre la salud humana (hospitalizaciones y decesos) y sobre la fauna (mortalidad de peces e invertebrados marinos) han estado asociados a la presencia en la zona de *Gymnodinium catenatum*. Este dinoflagelado produce una gran variedad de toxinas de tipo paralizante, hidrofílicas lo que provoca que la transferencia de toxinas afecta a los organismos a través de la cadena alimenticia, manifestándose en síntomas de envenenamiento paralizante por consumo de mariscos y además actúa como una ictiotoxina, afectando directamente a peces y crustáceos (Fig. 8). Otra especie que se ha registrado desde el otoño del año 2000 es *Cochlodinium polykrikoides*, especie ictiotóxica que ha producido mortalidad de peces, con registros de estos eventos en 2000, 2003 y 2012.

Discusión

Las observaciones y registros de FAN pueden además complementarse mediante comprobación con imágenes de satélite para una mejor precisión. Estos registros muestran una amplia variación interanual, sin embargo, su análisis a largo plazo, en este caso de más de tres décadas, pone en evidencia un aumento gradual a través del tiempo. Comparando los registros de la primera década con la segunda, indica un aumento de 1.45 veces, la segunda con la tercera 2.31 veces, aunque la comparación entre primera y tercera indica un incremento de 3.35 veces (Tabla 1).

También permiten conocer que el 51% de las FAN se encuentran entre los meses de febrero marzo y abril, siendo marzo el de mayor ocurrencia, que permite incrementar la vigilancia durante estos meses y relajarla en el verano, que puede permitir un fuerte ahorro de dinero y esfuerzo. El conocimiento de la permanencia también es un dato valioso debido a que indica que las FAN están adaptándose mejor a las condiciones prevalecientes actuales, muy posiblemente por la aceleración de la eutrofización y por el aumento de temperatura en las zonas costeras.

Respecto a las especies que dominan las FAN, se hace necesario invertir en la recolecta de muestras, para su identificación y conteo, ambos datos sumamente importantes para decidir la peligrosidad de una FAN tóxica, ya que de la identificación correcta depende la posibilidad de estimar el riesgo que se trate de una FAN tóxica y de identificar

correctamente el tipo de la toxina que la especie produce.

La dominancia y abundancia permite estimar la concentración de toxina, cuya peligrosidad depende de una permanencia prolongada, y será prioritario certificar mediante análisis químico la concentración de la toxina sobre moluscos bivalvos, peces del tipo sardinas u otras especies que puedan estar concentrando la toxina. Las medidas de “alerta temprana” o “veda precautoria” se emiten cuando aún no se detectan concentraciones de células o toxinas que representen riesgos para la salud humana, si el evento no progresa, se puede entender como una “falsa alarma” que solamente evitó el consumo temporal de mariscos y peces, pero en el caso de que reúna las condiciones que definen la etapa de contingencia como son: la identificación de la especie de microalga productora de toxinas, una alta concentración de células y toxinas; y la permanencia suficiente para la acumulación de dichas toxinas, entonces la alerta temprana es una etapa necesaria que forma parte de las medidas precautorias que deben tomar las autoridades sanitarias para la cual se requiere educar a la población y a los productores para aceptarlas en bien de la preservación de la salud pública por el consumo de productos marinos.

Los años con efecto de El Niño de 1997 y 2003 son atípicos en la tendencia inhibitoria de FAN (Fig. 2; Fig.5). En 1997 se tuvieron condiciones particulares de una alta intensidad de El Niño (intensidad MEI =3), y contrariamente a lo esperado se observó una alta frecuencia de días y número de eventos de florecimientos algales. Esto refleja una baja influencia del evento ENSO sobre la inhibición de los FAN. Comparando la temperatura promedio anual en un periodo de 12 años en la bahía de Mazatlán (21.24°C) a 10 m de profundidad (CRIP, no publicado) con la temperatura promedio anual de 1997 (20.83 °C), resulta menor que la de 1996 (21.10 °C) y la de 1998 (22.63°C) lo cual demuestra que el efecto del El Niño no se observó en la temperatura del agua y no afectó la comunidad fitoplanctónica en el periodo de la mayor frecuencia de FAN en Mazatlán. El caso del registro de 2003, se trata de un evento de baja intensidad (MEI=1) por lo que no representa aparentemente una condición limitante para la formación de FAN.

Los datos presentados en la Tabla 1, son fuente importante e histórica, que pueden resultar más útiles en un futuro si se analizan correctamente las



imágenes de satélite en las fechas ya marcadas y podrán compararse con otros fenómenos como las surgencias, calentamiento global, pigmentos y otros registros atmosféricos, que actualmente no han sido bien explotados. Pocos países cuentan con datos históricos de esta naturaleza lo cual debe ser tomado en cuenta para el establecimiento de programas de monitoreo a largo plazo llevado a cabo por dependencias oficiales en los sitios costeros más importantes del país con el fin de prevenir intoxicaciones masivas con pocos recursos.

Conclusiones

El deterioro ambiental en las costas mexicanas se ha incrementado debido al desarrollo de la agricultura, acuicultura, el impulso turístico y la descarga de aguas residuales, provocando eutrofización en los diferentes ecosistemas acuáticos. Esto conlleva a que los FAN cada vez sean más frecuentes. Además el incremento de temperatura es una de las probables explicaciones de la presencia de especies invasoras en áreas donde antes no existían. México ocupa el 17° lugar en exportar productos marinos y estas fuentes alimenticias deben vigilarse para que se encuentren libres de toxinas (saxitoxina, ciguatoxina, entre otras). Algunas especies de microalgas pueden causar envenenamiento en el ser humano por consumo de peces o ingestión de mariscos contaminados (Cortés-Altamirano y Sierra-Beltrán, 2008). Saldade-Castañeda *et al.* (1991) fueron los primeros en documentar siete casos de envenenamiento y dos muertes en 1976, por ingestión de alimentos marinos intoxicados en Oaxaca. Otro panorama, no menos importante es la pérdida de sumas millonarias debido a la muerte de especies comerciales en cultivo de camarón y otros productos pesqueros (Ochoa y Sierra-Beltrán, 1999), por ejemplo en el Golfo de México *Cylindrotheca closterium* (diatomea) fue responsable de una FAN que cubrió 10,000 Km², causando la pérdida de 60 millones de pesos (Herrera-Silveira, 2003).

En México, los estudios de los FAN han progresado en las últimas décadas, pero aún hacen falta muchas localidades por ser estudiadas. Además numerosos proyectos se han propuesto en las diferentes instancias tanto científicas como gubernamentales. Es por esto que ya se conocen las especies más importantes, su ocurrencia en la época y los sitios de mayor incidencia. Asimismo se ha promovido la conciencia de las autoridades, de las entidades afectadas, de los medios de difusión y el interés científico y económico (Hernández-Orozco

y Gárate-Lizárraga, 2006). Pero a pesar de todos estos avances se requiere reunir y coordinar las investigaciones generadas por los organismos oficiales así como de Instituciones educativas, de salud pública y centros de investigación.

Fuentes de consulta

1. Boney, A.D., 1976. Phytoplankton. Edward Arnold (ed.). London, 116 p.
2. Cortés-Altamirano, R. & A.P. Sierra-Beltrán. 2008. Biotoxins from freshwater and marine Harmful Algal Blooms occurring in Mexico. *Toxin Reviews* 27: 27-77.
3. Cortés-Altamirano, R. & S. Licea-Durán, 2004. Discoloración en proliferaciones de microalgas como parámetro bioindicador en la Bahía de Mazatlán, México. *Rev. Biol. Trop.* 52 (Supl. 1): 27-34.
4. Cortés-Altamirano, R. 1998. Las Mareas Rojas. AGT Editor, S.A. México, D.F., 161 p.
5. Cortés-Altamirano, R. y A. Núñez-Pasten, 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sin., México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. de México*, 19 (1): 113-121.
6. Cortés-Altamirano, R., S. Licea-Durán & S. Gómez-Aguirre. 1999. Evidencias de aumento de microalgas nocivas en la bahía de Mazatlán, Sin., México. p. 343-345. In: Tresierra-Aguilar, A.E. y Z.G. Culquichicón-Malpica (eds.) *Memorias VIII Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar*. Universidad de Trujillo, COLACMAR, Trujillo, Perú.
7. Fukuyo Y., Y. Sako, K. Matsuoka, I. Imai, M. Takahashi & M. Watanabe. 2003. Biological character of red tide organisms. *Taxonomy of red tide organisms*. In: *Red Tides*, ed. T. Okaichi, 178 p.
8. Fukuyo, Y. H. Takano, N. Chihara & K. Matsuoka. (eds.), 1990. *Red tide organisms in Japan. An illustrated taxonomic guide*_Uchida Rokakuho, Tokio, Japan. 430 p.
9. Garduño-Solórzano, G., S. Licea-Durán, M.G. Olivia-Martínez & M. de los A. García-Gómez. 2009. *Dinoflagelados*. UNAM., Facultad de Estudios Superiores de Iztacala, D.F., México. 107 p.
10. Gómez-Aguirre, S. Licea, S. & S. Gómez 2004. Proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* spp. (Bacilliarophyceae) y otras especies del microplancton en la Bahía de Mazatlán,



- México. Rev. Biol. TRop. 52 (Suppl. 1): 69-76.
11. Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson & A.D. Cembella (eds.) 2003. Manual on harmful marine microalgae. IOC-UNESCO Monographs on oceanographic methodology, 793 p.
 12. Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson, A.D. Cembella & H.O. Enevoldsen (eds.) 1995. Manual on harmful marine microalgae. IOC-UNESCO. Manuals and Guides 33: 551 p.
 13. Hallegraeff, G.M., D.M. Anderson, A.D. Cembella & H.O. Enevoldsen (eds.) 1998. Manual on harmful marine microalgae. IOC-UNESCO Monographs on oceanographic methodology 11:793 p.
 14. Hernández-Orozco, M.L. & I. Gárate-Lizárraga. 2006. Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos. Rev. Biomed. 17:45-60.
 15. Herrera-Silveira, J.A. 2003. Informe de mareas rojas. Costas de Yucatán (12/08/03). Gobierno del Estado de Yucatán, Servicios de Salud de Yucatán. Dirección de Regulación y Fomento Sanitario. Informe técnico 1-7 pp.
 16. IOC, UNESCO, 2000. Atlas of dinoflagellates v.1.5_HAB Related photographs sets v.1.0. CD.
 17. IOC, UNESCO, 2003. List of toxic algae. UNESCO_Intergovernmental Oceanographic Commission. 91 pp.
 18. Licea-Durán, S., J.L. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. Universidad Autónoma de California Sur. SEP-FOMES, PROMARCO, 165 pp.
 19. Mee, L.D., M. Espinosa & G. Diaz. 1986. Paralytic shellfish poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific coast of Mexico. Mar. Environ. Res. 19: 17-92.
 20. Moestrup, Ø., R., Akselman, G. Cronberg, M. Elbraechter, S. Fraga, Y. Halim, G. Hansen, M. Hoppenrath, J. Larsen, N. Lundholm, L.N. Nguyen, A. Zingone,. (Eds.). (2009-). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Disponible en línea en: <http://www.marinespecies.org/HAB>. Accesado el 2012-10-31
 21. Moreno J.L., S. Licea & H. Santoyo. 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de California Sur. SEP-FOMES, PROMARCO, 273 pp.
 22. Ochoa, J.L. & Sierra-Beltrán, A. 1999. Mareas rojas en México. Ciencia (México) 50:7-16.
 23. Okolodkov, Y.B. & I. Gárate-Lizárraga. 2006. An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. Acta Botánica Mexicana 74:1-154.
 24. Saldate-Castañeda, O., J.L. Vázquez-Castellanos, J. Galván, A. Sánchez-Anguiano, & A. Nazar, 1991. Intoxicaciones por toxina paralizante de molusco en Oaxaca. Salud Pública Méx. 33(3): 240-247.
 25. Sierra-Beltrán, A.P., R. Cortés-Altamirano, R. Alonso-Rodríguez. & M.C. Cortés-Lara, 2007. Informe de México. En: IODC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal Blooms in IOC_CARIBE_ANCA IV. pp. 57-65. Universidad Nacional de Colombia, San Andrés Islands-Colombia.
 26. Sournia, A. (ed.). 1978. Phytoplankton manual A. IOC-UNESCO. Monographs on oceanographic methodology 6: 337 pp.
 27. Steidinger, K.A. 1983. A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology, p. 147-188 In: Round, F.E., D.J. Chapman (eds.). Progress in Phycological Research 2. Elsevier/North Holland, New York.
 28. Thomas, C.R. (ed.). 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press, San Diego, USA. 858 pp.

AGRADECIMIENTOS

Por las colectas de campo, revisión de manuscrito original A. Núñez Pastén y S. Rendón Rodríguez. Por la adquisición bibliográfica siempre oportuna a Sra. Clara Ramírez J. Por la adecuación del formato del texto y estilo de figuras a Carlos Suárez Gutiérrez. Por su asistencia en el trabajo de campo al Ing. A. Galaviz Solís y al Quím. Humberto Bojórquez Leyva. Por el apoyo en el tratamiento estadístico a Germán Ramírez R.



Variaciones estacionales en la línea de costa entre el Canal de Cuautla y el Estero de San Cristóbal, Nayarit.

Cruz González Mayra¹, Lecuanda Camacho Raymundo² y Ortiz Pérez Mario Arturo³

¹Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, Universidad Autónoma de Nayarit

²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

³Instituto de Geografía, UNAM

Resumen

El análisis de los mecanismos de funcionamiento en la evolución de la línea de costa del frente deltaico Santiago-San Pedro permite elaborar una explicación preliminar sobre las probables consecuencias de la interacción entre la población y los ambientes costeros en el área de estudio. Para conocer la morfodinámica de la costa entre estaciones del año, en julio de 2010 y febrero de 2011 se levantaron perfiles de playa en 17 estaciones y para calcular la velocidad de desplazamiento de la franja costera en los últimos 41 años, se emplearon los métodos de transectos y de tasa de punto final. Se han registrado cifras alarmantes de retroceso a lo largo de la Playa Coyotes de hasta -17.2 m/a entre 1970 y 2011, mientras que al sur de la Playa del Rey la línea de costa ha registrado una cifra máxima de avance de hasta 15.7 m/a en el mismo período. Los impactos de fenómenos hidrometeorológicos con potencial destrucción de manglares, el cierre y apertura de bocas artificiales, y la propia fisiografía de cordones litorales son algunas de las probables causas de los cambios en la posición de la línea de costa en este sistema fluvio-deltaico. Sin el conocimiento de los mecanismos que afectan el sistema costero, es difícil atribuir el origen de las causas que están generando procesos de escala global, como el cambio climático, y es más complicado aún hacer predicciones sobre su evolución.

Introducción

Las líneas de costa son elementos del paisaje que forman parte de la compleja y difusa franja de transición entre los ecosistemas marino y continental, por lo tanto, están sometidas a los constantes cambios en el flujo de materia y energía entre ambos ambientes. La naturaleza de esa

dinámica, registra en la actualidad, incrementos adicionales debido a los impactos derivados del cambio climático y sus diversos efectos en los sistemas terrestres; la magnitud y frecuencia de estos impactos difiere de acuerdo a escalas espaciales y temporales (Burkett *et al.*, 2001; Ortiz, 1988).

De manera simultánea, los efectos locales derivados del impacto del cambio climático son reforzados por acciones antrópicas ejercidas en el área de estudio durante las últimas décadas; estos procesos tienen una expresión en la organización espacial de las unidades del relieve y paisaje costero que puede ser apreciada en los cambios de la línea de costa (Galvano y Leatherman, 2005). Curray y Moore (1963) reconstruyeron la historia del sistema paleodeltaico Santiago-San Pedro desde el Pleistoceno Superior hasta principios del siglo XX, encontraron que hace aproximadamente 18 000 a.C. la línea de costa se localizaba en el actual reborde de plataforma continental; este estudio permitió proponer a Ortiz (1979) el proceso de hundimiento diferencial debido a la subsidencia del continente como una posible causa del retroceso de la línea de costa registrado para ese período de tiempo.

A partir de fuentes de datos históricas, como mapas portulanos y cartas de navegación, realizadas durante la época colonial (siglos XVI y XIX), Curray *et al.* (1969) identificaron también otros cambios de distinta magnitud en la posición de la línea de costa que sugirieron, podrían haberse originado por procesos de origen natural como es el caso del cierre y apertura de bocas y cambios en la trayectoria del curso de los ríos que desembocan en la costa.



Durante las últimas décadas del siglo XX se han construido obras de ingeniería en el sector que incluye la costa del delta del río Grande de Santiago que muy probablemente también tengan efectos de grado no determinado en la expresión fisiográfica del relieve y, por lo tanto, en el emplazamiento espacial de la línea de costa, algunas de las obras incluyen presas en la cuenca del río Grande de Santiago, apertura o cierre de bocas y canales artificiales y también la construcción de escolleras y espigones a lo largo del sector costero objetivo de esta investigación.

De lo anterior cabe cuestionar en qué magnitud y orden han cambiado los mecanismos de autorregulación del sistema deltaico Santiago-San Pedro tomando en cuenta los impactos derivados de las acciones del cambio global, entendiéndose como cambio global los procesos de origen natural y antrópicos que tienen efectos en los distintos sistemas terrestres a escala planetaria (Rotmans y de Vries, 1997).

Esta investigación toma como directriz una hipótesis en la cual se postula que la evolución de la línea de costa es un resultado de las relaciones entre los diversos factores presentes en el sistema costero, por lo tanto, el análisis de sus mecanismos de funcionamiento permitirá elaborar una explicación preliminar sobre las probables consecuencias de la interacción entre la población y los ambientes costeros. El objetivo general de este trabajo es analizar la evolución de la posición de la línea de costa durante las últimas décadas en función de los cambios en su configuración espacial.

Para llevar a cabo ese objetivo se proponen otros de carácter particular como son:

- el análisis de la expresión espacial de los cambios en la posición de la línea de costa,
- el análisis de los cambios en los rasgos geomórficos del perfil de playa y
- la evaluación de la pertinencia de los métodos empleados como medios para aproximarse al conocimiento de la evolución de la línea de costa.

Se considera que la obtención de estos datos brinda información básica e indispensable para la toma de decisiones en la implementación de políticas en el manejo y administración del espacio costero. La línea de costa es uno de los rasgos del relieve reconocidos por el International Geographic Data Committee (IGDC) como uno de los 27 rasgos más importantes por su alto valor para una diversa comunidad de usuarios (Li *et al.*, 2002), por lo tanto, la calificación y cuantificación de sus cambios puede brindar elementos de análisis también para otros fines en los sectores público y privado.

Área de estudio

El Canal de Cautla se localiza en la porción septentrional de litoral del estado de Nayarit mientras que el Estero de San Cristóbal corresponde a la porción central, ambos son límites espaciales de la línea de costa seleccionada para este estudio, al norte y sur respectivamente; el Océano Pacífico sirve de límite al oeste mientras que la región conocida como Marismas Nacionales, delimita la porción oriental correspondiente al continente.

La orientación general de esta línea de costa es NE-SW con una extensión longitudinal de aproximadamente 98.2 km, para efectos prácticos de la presente investigación sus límites están acotados por un polígono regular cuyas coordenadas son 22°15', 21° 30'N en latitud y 105°15', 105°40' W en longitud (Figura 1). Es parte de la subprovincia fisiográfica Delta del Río Grande de Santiago que a su vez está incluida en la provincia fisiográfica Llanura Costera del Pacífico (INEGI, 2010).

Toda la extensión de la franja costera está constituida por playas bajas arenosas con tamaños de grano de finos a muy finos, según la escala de Wentworth (1922). En su porción más extensa en anchura, la planicie de cordones litorales alcanza hasta 15 km cerca del poblado de Santa Cruz. La planicie deltaica fluvial alta es resultante del depósito de aluviones antiguos pre-transgresivos estratificados (limo-arcillosos y arcillo-limosos) que sobreyacen a las rocas continentales más antiguas, su altura sobre el nivel del mar tiene un rango de 10 a 20 m. La planicie baja fluvio-deltaica es la porción



adyacente a la línea de costa, tiene una altura máxima de 10 m sobre el nivel del mar, contiene los depósitos de sedimentos más recientes acumulados en las lagunas, marismas y pantanos de la región (Romo y Ortiz, 2001) incluyendo los depósitos del evento de regresión que Curray *et al.*, (1969) ubican entre 4,500 y 3,600 AP.

En cuanto a los regímenes de precipitación, se registran 1,200 mm anuales en la porción norte hasta 1,500mm en la porción sur del sector de estudio. Los meses más secos se hallan entre marzo y abril, durante este período se registra la menor cantidad de precipitación con solo 4mm; en general la región se caracteriza por un régimen pluviométrico de verano con porcentaje bajo de lluvia invernal $w(w)$, ya que en invierno se recibe menos del 5% de la precipitación total anual mientras que los meses más lluviosos son julio, agosto y septiembre.

Los ciclones tropicales tienen presencia a finales de verano y principios de otoño, es decir, en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, en éste último se han registrado la mayor parte de los eventos extremos (Vidal, 2005; Vidal y Hernández, 1992). De acuerdo con la clasificación ecogeográfica de cuencas hidrológicas elaborada por Ortiz (2010), gran parte de la región la ocupan las extensas cuencas del Río San Pedro-Mezquitlan y la del río Grande de Santiago, que por el grado de complejidad en su estructura física y biológica se consideran alóctonas.

El rango medio de marea es micromareal (0.70 a 0.85 m) mientras que las mareas predominantes son las mixtas semidiurnas de acuerdo a datos obtenidos de las estaciones mareográficas San Blas y Mazatlán (Servicio Mareográfico Nacional, 2011). En cuanto a las condiciones de oleaje, Montaña (1983) reporta que su dirección es, principalmente: Noroeste, Norte, Oeste y Suroeste pero las olas de mayor energía son las que provienen del Suroeste y Oeste asociadas a tormentas tropicales.

Entre las modificaciones artificiales recientes en la línea de costa o en la parte continental adyacente destaca la construcción del Canal de Cuautla, construido durante los años de 1974 a 1976 a cargo de la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Al término de la obra, tenía un ancho de 40m, una profundidad de 2m y casi 3km de largo; en sus extremos norte y sur se colocaron dos escolleras de roca con una separación, entre ellas, de 200m. La finalidad de esta construcción fue aumentar el aporte de agua salada a los cuerpos interiores de agua para mejorar las condiciones de acuicultura y la producción de peces y crustáceos en el estero.

Con el transcurrir de los años se ha producido un ensanchamiento del canal debido al sistema de corrientes de marea y a la deriva litoral cuya dirección ha ocasionado una transgresión de más de 1,700m desde su fecha de construcción hasta el momento actual. Cuando el ciclón Rosa impactó en 1994 en las costas de Nayarit el deterioro en las escolleras se agravó, en la última década del siglo XX el canal alcanzó un máximo de 500 m de ancho y hasta 20 m de profundidad. (CENAPRED, 2002) Otra obra de reciente construcción es la Central Hidroeléctrica Aguamilpa-Solidaridad (1989-1993), que comenzó sus operaciones en 1994 con la finalidad de satisfacer las demandas de energía eléctrica además de tener otros usos secundarios como control de inundaciones, irrigación y pesca (Oliver, 2008). A mediados del 2007 y tras más de una década de construcción fue puesta en marcha la Central Hidroeléctrica El Cajón, emplazada 77 km aguas arriba de la presa Aguamilpa, esta es la última de cuatro presas construidas cerca de la planicie deltaica, entre las que se encuentran la presa derivadora Amado Nervo y la Presa San Rafael.

Métodos

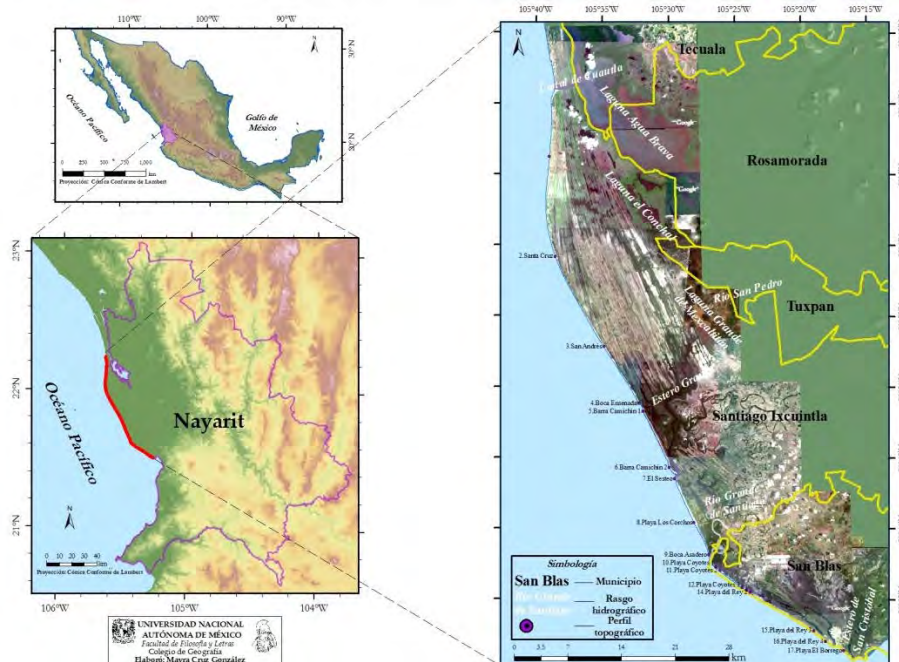
Para llevar a cabo los objetivos planteados en este estudio se seleccionaron dos métodos: perfiles transversales de playa para identificar los cambios en los rasgos geomórficos en distintas estaciones del año y medición de los cambios en la posición de la línea de costa con un método estadístico que emplea datos cartográficos de un período temporal de cuatro décadas.

Levantamiento de perfiles transversales de playa

El levantamiento de perfiles topográficos realizado para este estudio se efectuó durante las estaciones de verano e invierno que corresponden, respectivamente, a los períodos de lluvias y secas en la región.



Figura 1 Localización del área de estudio



En verano, se llevaron a cabo durante el mes de julio y en invierno, durante el mes de febrero. Como se ha mencionado antes, la costa objeto de esta investigación está interrumpida por varias bocas de marea que actúan como fronteras naturales para la continuidad de los procesos de transporte de sedimentos en ambas direcciones respecto a la orientación de la costa, tanto longitudinal como transversalmente. Esta condición morfológica es la que ha inducido la división de la costa en seis sectores, en concordancia con las seis entrantes de marea.

La localización de los perfiles topográficos de playa responde a varias causas, en primer lugar, las estaciones se localizan en zonas adyacentes a las bocas por considerar que dichas zonas reflejan con mayor confiabilidad los cambios que ocurren en las distintas estaciones; y en segundo lugar, cuando los sectores costeros tienen una gran extensión como el caso del primero (A. Canal de Cuautla — Boca Ensenada) se ha intentado dar cuenta de los cambios considerando solo puntos representativos del sector en cuestión en función de la morfografía

de la línea de costa y de la presencia de entradas y salidas de mareas y sedimentos.

Siguiendo la metodología para levantamiento de perfiles de playa de Emery (1961) citada en el *Manual del Voluntario para el Monitoreo de Perfiles de Playa en Maine, Estados Unidos (2011)*, la línea de perfil se registró de manera perpendicular al ancho de la playa, en donde se tomó como límite hacia el continente, el inicio de la vegetación o de dunas frontales y hacia el mar, la zona de rompiente de oleaje.

Cada lectura registrada durante ambas campañas correspondió a la posición de algunos indicadores de la posición de la línea de costa presentes en la morfología de la playa a lo largo de la línea de perfil desde la zona de posplaya hasta la anteplaya; especialmente, las lecturas fueron tomadas en los rasgos geomórficos como la pendiente, el pie y la cresta de duna, el escalón de berma, el escarpe de erosión y la berma. Además, también se tomó registro de cada zona del perfil de playa en la columna correspondiente.



El cambio en el volumen de sedimentos en cada perfil de una estación con respecto a otra fue calculado con los submódulos *Beach Volume – vertical segment analysis* y *Beach Volume – horizontal segment analysis* del módulo *Analysis Tools* en el software *Beach Profile Analysis Tools* (NIWA, 2009); ambas son herramientas que permiten obtener otros parámetros como volumen acumulativo de sedimentos, pendiente y *cut/fill* de acuerdo al número y distancia entre segmentos deseados.

Medición de cambios en la posición de la línea de costa

Para determinar el rango de movimientos de la línea de costa durante las últimas cuatro décadas se seleccionó un método que, a grandes rasgos, consistió en tres etapas: a) la compilación de datos, b) la identificación y detección de la posición de la línea de costa y c) el cálculo de las tasas de cambio mediante el método de medición de tasa de punto final con la extensión *Digital Shoreline Analysis System* para ArcGIS (Thieler *et al.*, 2009).

Las fuentes de datos utilizadas para la digitalización de la línea de costa corresponden a los años 1970, 1999 y 2011. Para la primer fecha se seleccionaron las cartas de uso de suelo de INEGI por su disponibilidad en el cubrimiento de toda la línea de costa, se escanearon a una resolución de 600 (dpi) que corresponde a 1.08 m en el terreno por cada pixel según la escala 1:50 000 (Fallas, 2004) para su posterior georreferenciación. Para la fecha 1999 se adquirieron las cartas topográficas de INEGI en formato vectorial por lo que se adquirieron ya digitalizadas y georreferenciadas.

Una segunda fuente de datos en la detección de la línea de costa fueron las imágenes satelitales de alta resolución de Google Earth, año 2011, tomadas en distintas fechas de acuerdo a los datos incluidos en cada una de las imágenes procesadas por la agencia de información satelital Spot Image. Las imágenes se recuperaron con una altura de vuelo tal, que se traduce en el terreno a una escala 1:2 700 correspondiente a una resolución por pixel de 0.21m. De acuerdo a Fallas (2004; 2009), las imágenes obtenidas presentan una calidad superior suficiente para ser georreferenciadas

posteriormente en el sistema de información geográfica y han sido sometidas previamente a un proceso de ortorrectificación, sobre lo anterior señalan que:

Las imágenes de alta resolución de Google Maps son ortoimágenes y por lo tanto se ha removido de las mismas el efecto de desplazamiento del relieve. Por esta razón se pueden georreferenciar utilizando cualquier método basado en puntos de control.

Se asume que las líneas de costa representadas en el mosaico de cartas de uso de suelo correspondientes a 1970 y 1999 de INEGI han sido identificadas con estrategias de interpretación visual, considerando como indicador de la posición de la línea de costa la marca máxima de la línea húmeda/seca que corresponde a la línea de marea alta.

Por lo tanto, el mismo indicador es el que se utilizó para identificar la posición de la línea de costa en las imágenes de Google Earth, el criterio adoptado para interpretar visualmente la línea de marea alta fue el cambio tonal entre la arena húmeda y seca en la playa.

DSAS permite llevar a cabo las mediciones de distancia de desplazamiento con el método de *transectos* y realiza las estadísticas correspondientes para obtener las tasas de cambio utilizando la información espacial y temporal de los puntos de intersección entre las posiciones de las líneas de costa y los transectos trazados. Para el presente estudio se trazaron 1931 transectos con una longitud de 1500m y una separación de 50m, el criterio para establecer la separación entre transectos fue que tuvieran una densidad suficiente para apreciar las tasas de cambio en sitios “críticos” de avance y retroceso; el valor de la longitud de los transectos debe ser proyectada hasta la posición mas alejada que ha ocupado la línea de costa en ocasiones previas (Tabla 1y Figura 2).

Finalmente, con la opción “End Point Rate (EPR)” se calculó la tasa de punto de final para las líneas de costa 1970-1999, 1999-2011 y 1970-2011, se procedió de esta manera porque este método sólo



permite hacer los cálculos para dos líneas de costa. Aunque DSAS permite calcular las tasas de cambio con otros métodos de medición, no hay que olvidar que se debe tener la información suficiente así como conocer los criterios necesarios para elegir el que se considere adecuado (Figura 3).

Resultados y observaciones

Evolución de la línea de costa durante las últimas cuatro décadas

Entre 1970 y 1999 la tasa de cambio neta para todo el área de estudio fue positiva (+0.14 m/a), la ganancia del ancho de playa fue de +4.14 m. En cuanto al comportamiento de la línea de costa, de acuerdo al número de transectos correspondiente a cada proceso durante este período dominó el avance frente al retroceso con 49.58 % y 47.04%, respectivamente. De toda la extensión de la línea de costa solo un 3.38% se mantuvo estable.

Espacialmente, los sectores con retroceso se concentraron al norte del Canal de Cuautla, en el flanco sur del sector A (Playa El Colorado), en todo el sector D (Playa Coyotes), en el extremo sur del sector E (Playa el Rey) y en todo el sector F (Playa

el Borrego). Los sectores en avance se concentraron en el flanco norte del sector A (Playa Puerta de Palapares), en toda la extensión del sector B (Barra de Camichín), en todo el sector C (Playa Los Corchos) y en la porción sur de Playa del Rey. Durante este período solo hubo dos “zonas de estabilidad”, la primera y de mayor extensión localizada en el flanco central del sector A cerca del poblado de Santa Cruz que abarcó 5km aproximadamente; y la segunda en la porción central del sector E (Playa del Rey) que registró 2km como máximo.

En los últimos 12 años (1999-2011) la tasa de cambio neta ha revertido en sentido negativo, la línea de costa ha estado desplazándose hacia el continente a una velocidad de -3.12 m/a, por lo tanto, se han perdido -37.55 m del ancho de playa en toda el área de estudio. El dominio de procesos durante este período ha sido de 56.16 % mientras que el 41.51 % de los transectos se ha mantenido en avance. La estabilidad en el área de estudio ha disminuido respecto al período anterior (2.34%).

Tabla 1 Distribución de los transectos a lo largo de la línea de costa, orientación Norte-Sur¹.

Sector de costa	Longitud (km)	Transectos	
		Número ¹	Total ²
Canal de Cuautla-Boca Ensenada	52.62	1-1044	1044
Boca Ensenada-Boca Camichín	9.12	1045-1245	201
Boca Camichín-Boca Asadero	11.96	1246-1476	231
Boca Asadero-Boca Cegada	4.53	1477-1595	119
Boca Cegada-Boca El Vigía	15.35	1596-1875	280
Boca El Vigía-Estero de San Cristóbal	2.66	1876-1928	53

¹ La columna Número se refiere al dígito asignado a cada transecto trazado en orden consecutivo siguiendo una orientación Norte-Sur. ² La columna Total indica la suma de transectos que abarcó cada uno de los sectores costeros. Fue necesario trazar un transecto cada 50m en función de la extensión del sector F, solamente 2.6 km, en contraste con los 52.62 km del sector A.



Figura 2 Transectos y línea de base correspondientes a la playa El Colorado (Sector A. Canal de Cuautla-Boca Ensenada). La línea de base utilizada en esta investigación no está referida a ningún rasgo geomórfico de la playa, se trazó siguiendo la orientación general de la línea de costa hacia el continente (onshore), tiene un sistema de referencia basado en ITRF92, Esferoide GRS80.

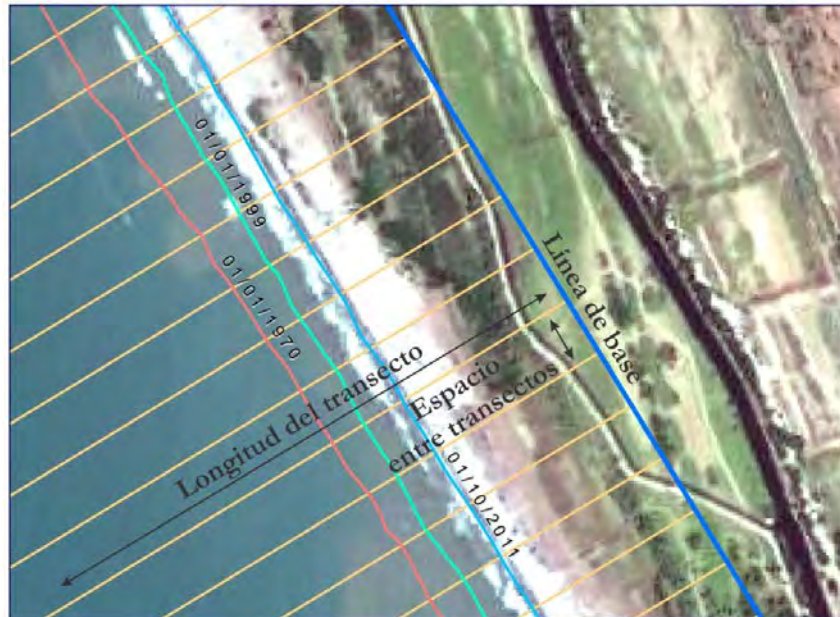
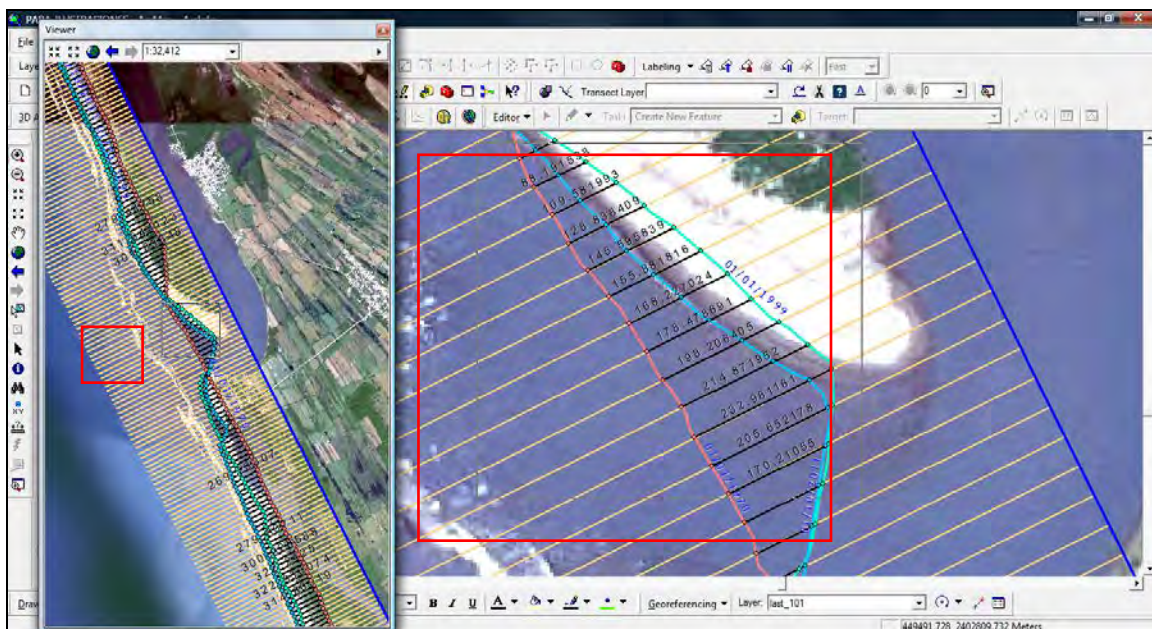


Figura 3 Intersecciones entre los transectos y las líneas de costa de 1970, 1999 y 2011 en la desembocadura del río San Pedro (Boca Camichín). La distancia de desplazamiento se mide entre las intersecciones de una línea de costa con respecto a otra en cada transecto, no desde la línea de base. El cálculo de la tasa de cambio de las líneas 1970-2011 se realiza dividiendo la distancia de desplazamiento (resaltada en color negro en la imagen) entre el tiempo transcurrido, en este caso 41 años; este es el mismo procedimiento utilizado para los dos períodos restantes (1970-1999 y 1999-2011).





En la inspección visual de los transectos durante el período reciente, se puede apreciar que el retroceso de la línea de costa persiste al norte del Canal de Cuautla pero ahora comienza a retroceder la línea de costa también al sur del Canal, hecho que no ocurría en el período inicial. El retroceso también está presente en el flanco sur del Sector A. (Playa el Colorado) y de ahí hasta el sector D (Playa Coyotes) en donde abarca la totalidad del sector pero disminuye en magnitud frente al período anterior. La porción septentrional del sector E (Playa del Rey) continúa en retroceso.

A diferencia del período inicial, la longitud del flanco norte del sector A con desplazamiento positivo de la playa ha disminuido a tan sólo 10km, pero esto se ve compensado porque en la porción cercana a la Boca Ensenada el movimiento negativo del período inicial revierte a una ganancia de playa; el centro de la Barra de Camichín (sector B) continúa incrementando su anchura y el sector C también presenta una longitud considerable de playas en avance. La última extensión del área de estudio con valores positivos es la porción meridional del sector E (Playa del Rey).

Las zonas del área de estudio con relativa estabilidad son las mismas con respecto al período anterior pero disminuyen en longitud; en el caso del flanco central del sector A sólo 3km aproximadamente se conservan en esta categoría

mientras que en el sector E (Playa del Rey) tan sólo 1.5 km aproximadamente se conservan estables. En general (1970-2011), los valores indican que esta línea de costa ha estado retrocediendo a una velocidad de -0.81 m/a, es decir, durante los últimos 41 años se han perdido -33.34 m de franja costera, considerando todos los sectores. Prácticamente la mitad del área de estudio está en retroceso pues el 50.52 % de los transectos cae en esta categoría mientras que el 46.73% de los transectos registró movimiento positivo, sólo un 2.75% presentó condiciones de estabilidad.

Entre 1970 y 2011 la gráfica de la figura 4 y Tabla 2 permiten apreciar que tanto al norte del Canal de Cuautla como en todo el flanco sur del sector A es donde se perdió terreno frente al mar; también el sector D (Playa Coyotes) registró movimiento negativo. A diferencia del período 1999-2011, en general aumentó significativamente la magnitud de retroceso en el norte del sector E (Playa del Rey). En cuanto a la distribución espacial del avance, durante estos años los resultados permiten identificar a todo el flanco norte del sector A en esta categoría, así como también los sectores B (Barra Camichín), C (Playa Los Corchos) y el sur del sector E (Playa del Rey). La estabilidad de la línea de costa se concentró en el punto de inflexión del sector A (Santa Cruz) a lo largo de 2km aproximadamente y ocupó sólo algunos metros de la porción central del sector E (Playa del Rey).

Figura 4 Distribución de los procesos que experimentó la línea de costa durante cada uno de los períodos de medición.

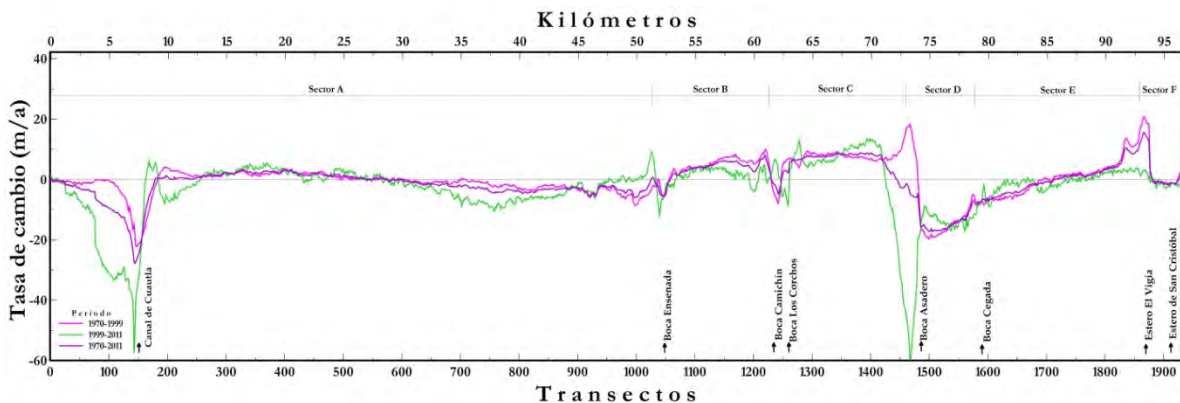




Tabla 2 Tasa de cambio y desplazamiento de la línea de costa.

Sectores regionales de la línea de costa	Tasa de cambio (m/a)			Desplazamiento de la línea de costa (m)		
	1970-1999	1999-2011	1970-2011	1970-1999	1999-2011	1970-2011
A.Canal de Cuautla-Boca Ensenada	-1.27	-4.15	-2.12	-36.95	-49.90	-86.84
B.Boca Ensenada-Boca Camichin	4.03	1.54	3.30	116.98	18.55	135.52
C.Boca Camichin-Boca Asadero	8.02	-0.94	5.40	232.69	-11.28	221.41
D.Boca Asadero-Boca Cegada	-12.93	-13.48	-13.09	-374.95	-162.05	-536.99
E.Boca Cegada-Boca El Vigía	1.80	-0.36	1.17	52.28	-4.28	48.01
F.Boca El Vigía-Estero de San Cristóbal	-0.48	-1.45	-0.71	-13.94	-17.45	-29.05
Canal de Cuautla-Estero de San Cristóbal	0.14	-3.12	-0.81	4.14	-37.55	-33.34

Cambios en la posición de la línea de costa en mesoescalas de tiempo (julio, 2010- febrero, 2011).

La identificación de los cambios en la franja costera se realizó mediante la comparación visual de los cambios en la posición tanto de las zonas de playa como de algunos rasgos geomórficos. Además, se tomaron en cuenta también otras variables de análisis como el cambio en la pendiente y la longitud en el ancho de playa. El volumen máximo de sedimentos se registró en febrero de 2011 en el perfil 15 Playa del Rey 3, localizado 2km al norte de la Boca El Vigía mientras que el mínimo fue para el perfil 9. Boca Asadero levantado en julio de 2010 y emplazado 500m al norte de dicha boca de marea (Figura 5).

En la misma figura se observa que los perfiles con mayores cambios en el volumen de sedimentos entre las dos fechas de levantamiento son el 5, 7 y 15 que superaron los 100 m³/m de diferencia; mientras que los perfiles 3, 12, 13 y 14 apenas perdieron 30 m³/m en su volumen de sedimentos, hay que destacar que los tres últimos perfiles están situados a menos de 2km de la Boca Cegada.

El perfil que registró el mayor cambio en su morfología es el situado en la margen norte de la desembocadura del río Grande de Santiago, perfil 9 Boca Asadero, en verano su porción de frente de playa estaba ocupada por restos de troncos acumulados (palizada) pero durante el invierno esta

porción de la zona sumergida del perfil fue trasformada en zona emergida (Figura 6).

Otro aspecto morfológico es que, en general, los perfiles de playa con dunas presentaron cierta estabilidad en esta zona del perfil, la excepción fue el perfil 17 Playa El Borrego pero no resulta extraño si recordamos que esta situado en el sector con mayor cercanía de actividades humanas (Figura 1).

Exceptuando los perfiles 1 situado 1km al sur del Canal de Cuautla y 14 emplazado 2km al sur de Boca Cegada, en el resto de los perfiles levantados en julio se observó una marcada concavidad y pendiente en la línea del perfil donde se situaron las zonas de interplaya y anteplaya. Lo anterior permite inferir que, en concordancia con la zona tropical en que se encuentra el área de estudio, hay condiciones de una dinámica erosiva en la estación de verano y acumulativa en invierno pues en febrero, la mayoría de los perfiles presentaron convexidad en las mismas zonas del perfil.

Los cambios en la morfología y en la distribución de sedimentos a lo ancho de la playa entre los meses de julio y febrero podrían explicarse por el hecho de que, en esta región del Pacífico la época huracanes justamente ocurre entre mayo y octubre, por lo tanto, el oleaje, viento y mareas incrementan su energía y eso provoca mayor dinamismo en los sistemas hidrodinámico y de balance sedimentario.



Figura 5 Comparación del volumen de sedimentos de los perfiles de playa en el verano e invierno.

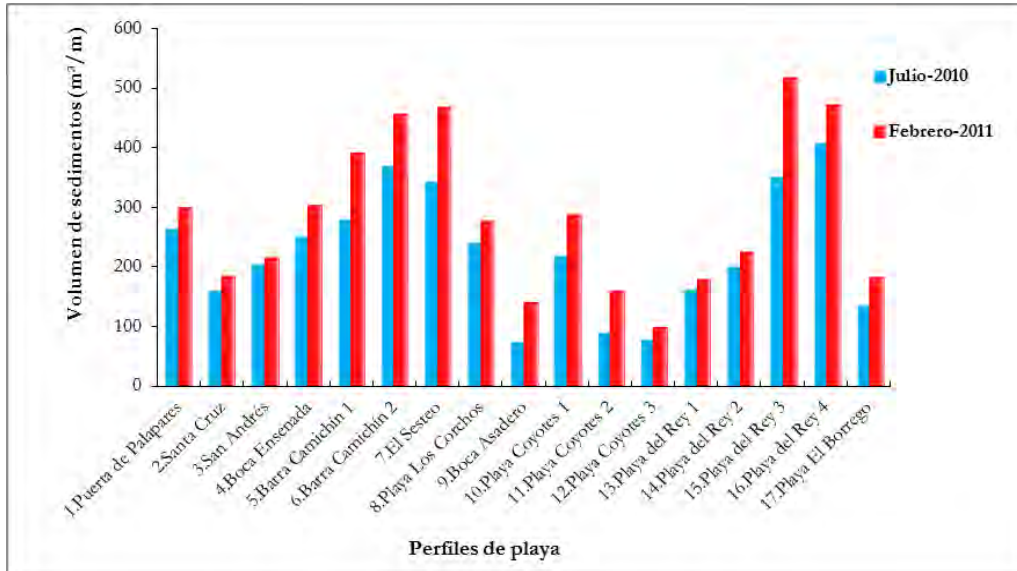


Figura 6 Cambios en la morfología del perfil de playa 9. Boca Asadero. A) julio-2010: la anteplaya e interplaya estaban ocupadas por una gran cantidad de troncos, el escarpe de erosión se situaba a 3m del inicio del perfil. B) febrero-2011: la palizada ya había sido removida y el escarpe de erosión había migrado 7m aproximadamente hacia el mar.



Discusión y conclusiones

¿Cómo es que la línea de costa se desplaza más de 50m hacia el continente en un período interestacional mientras que en 40 años sólo cambia su posición 18 m en la misma dirección? Cuando se levanta un perfil de playa se tiene una fotografía fija de las características y atributos del perfil, lo mismo pasa cuando se digitaliza una línea de costa, que generalmente ha sido trazada con base en fotografías e imágenes de satélite.

Al respecto, Honeycutt *et al.* (2001) señalan en uno de sus trabajos:

claramente las posiciones registradas en la base de datos de la línea de costa utilizada en este estudio refleja solo instantes en el tiempo donde la línea de costa representa los impactos acumulativos de procesos de transporte de sedimentos operando sobre una variedad de escalas de tiempo



Entonces, las tasas de cambio sólo miden la velocidad con que una línea de costa registrada en un instante del tiempo, se desplaza hacia una dirección como resultado de una larga lista de procesos acumulados que han sucedido en infinidad de períodos de tiempo menores que el período de medición. Cabe una analogía con el comportamiento fractal que experimentan las líneas de costa, no sólo en un sentido morfométrico sino también estructural en su funcionamiento.

Si extrapolamos ese análisis a los métodos que se utilizaron en este estudio podríamos decir que, en una mesoescala espacio-temporal, los perfiles de playa muestran un comportamiento cíclico que conduce a un proceso de avance o retroceso del cual ya no podemos inferir el comportamiento en escalas mayores a falta de más fechas de medición.

El papel de las bocas en la distribución del tipo de línea de costa

Cuando las bocas de marea coinciden con las bocas de ríos (estuarios) y con esteros como es el caso de la Boca Ensenada, Boca Camichín, Boca Asadero, Boca El Vigía y Boca de San Cristóbal su morfometría y balance de sedimentos depende en gran medida del intercambio entre las aguas marinas y continentales, dicho intercambio también es el resultado de las interacciones entre el rango de marea, la energía del oleaje, el aporte de sedimentos y el influjo de agua dulce, entre otros factores naturales (FitzGerald, 2005).

Las líneas de tasas de cambio son más variables en los procesos de avance y retroceso en la cercanía de todas las bocas; mientras que a mayor distancia de las bocas la velocidad de cambio en la posición de la línea de costa presenta mayor homogeneidad. Si el funcionamiento natural del sistema deltaico Santiago-San Pedro es alterado por actividades humanas en alguno de sus subsistemas, los efectos indudablemente se verán reflejados en la materia y energía que interactúa en la morfodinámica de las bocas de marea. En el caso de la Boca Asadero hay una alta probabilidad de que el desplazamiento positivo registrado en la margen norte durante 1970-1999 haya revertido su comportamiento durante los últimos doce años de avance a retroceso debido a la

construcción de presas, canales de derivación para riego y desvío de brazos del río Grande de Santiago.

La naturaleza de las posibles causas en las variaciones de la línea de costa

La fisiografía de cordones litorales juega un papel muy relevante como agente natural en los cambios morfológicos en el área de estudio pues como se mencionó en el capítulo de resultados, la oblicuidad de la sucesión de cordones adyacentes a la costa propicia condiciones de fragilidad ante la falta de una "barrera" que actúe como obstáculo ante los procesos erosivos causados por la energía del oleaje y las mareas.

En algunos segmentos de la línea de costa, esas condiciones más los impactos de fenómenos meteorológicos con potencial destrucción de manglares pueden ser los responsables de que, en la actualidad, se estén perdiendo varios kilómetros cuadrados de franja costera. Particularmente, el sector D está experimentando cifras alarmantes de retroceso desde 1970 a la fecha, en este período de tiempo se han perdido aproximadamente 334 hectáreas de superficie continental.

Otros fenómenos que explican la pérdida de franja costera son la llegada de huracanes y tormentas tropicales desde julio a octubre en la región, que impactan con distinta magnitud el frente deltaico de Nayarit. Desde que el huracán Adriana impactó las costas de Nayarit en 1960, ningún otro meteoro de tal magnitud había tocado las costas nayaritas hasta el 14 de octubre de 1994, año en que el huracán Rosa de categoría 2 impactó con vientos de hasta 160 km/h (Tovilla y Orihuela, 2004). Pero el huracán de mayor magnitud que hasta el momento ha dejado mayores huellas de impacto en toda el área de estudio ha sido Kenna de categoría 4, que en 2002 dejó daños calculados en 180 millones de pesos y provocó la evacuación del 60% de la población de San Blas, además de la destrucción de construcciones en las playas El Colorado, El Sesteo y Los Corchos.

La intervención humana en los elementos de la estructuras de los sistemas costeros en la actualidad es vista con el enfoque de "interferencia",



y no hay acuerdos sobre el grado de impacto que dicha intervención tenga en diferentes escalas espacio-temporales Burgh y Brommer (2006). En este contexto, la construcción de las presas Aguamilpa y El Cajón pudieran ser vistas también como perturbaciones humanas en el flujo de sedimentos provenientes del continente que, como ya se ha visto, pudieran ser responsables del acelerado retroceso en la margen norte de la Boca Asadero.

El punto es, ¿cuál es la magnitud de perturbación en el equilibrio de las costas derivado de la retención de sedimentos cuenca arriba del delta del río Santiago? y ¿cuál será su expresión espacial en unas décadas en el frente deltaico? Considerando la clasificación de Galloway (1975), si este sistema fluvio-deltaico tiene un mayor predominio de la energía del oleaje y el régimen fluvial se esperaría que, en efecto, el frente deltaico tuviera una respuesta ante cualquier alteración en la descarga de los ríos y el flujo de los sedimentos.

Otras formas en las que la población ha intervenido en el área de estudio es mediante la construcción del Canal de Cuautla en 1976, esta obra no sólo ha tenido efectos en el intercambio de materia y energía al interior de los humedales costeros (marismas y lagunas), también es la causa de la pérdida de más de 300 m de franja costera en la margen norte del canal.

La construcción de diques y escolleras para la contención del impacto de la energía del oleaje en diferentes localidades del área de estudio también es otra causa del desplazamiento de las playas, la evidencia más contundente de esto podría ser la Playa El Borrego, que actualmente registra un retroceso absoluto en toda su extensión y que es el único segmento de línea de costa limitado por dos escolleras en ambos extremos.

Es complejo intentar determinar el origen y la dimensión de los factores que intervienen en la evolución de los sistemas fluvio-deltaicos, de ahí que se hayan desarrollado muchos modelos desde diversos enfoques para aproximarse a las claves de la respuesta. Por citar un ejemplo, en el ámbito de la ingeniería de costas se han propuesto diversos modelos conceptuales, numéricos y experimentales

para categorizar las variaciones morfológicas de las playas en función de parámetros hidrodinámicos y geológicos.

En realidad, y como señalan Burgh y Brommer (2006) al referirse a los diversos enfoques en el diseño de modelos para predecir procesos en las costas y su evolución, el problema es que no hay un modelo de comportamiento o de predicción suficientemente integral como para tomar en cuenta la mayor parte de los elementos que intervienen en el sistema deltaico.

Impactos derivados de los variaciones en la línea de costa

Tomando en cuenta que la línea de costa estudiada forma parte de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, los cientos de especies de flora y fauna que habitan en éstas 220 000 hectáreas de valiosos humedales costeros serían las primeras en sufrir las consecuencias de un acelerado retroceso como el que está experimentando la Playa Coyotes.

Cuando el retroceso de las costas se convierte en un problema *crónico* los impactos ambientales, sociales y económicos implican el diseño y puesta en marcha de complejos planes de recuperación del "equilibrio" ambiental. Una de las principales consecuencias del acelerado retroceso de la costa es la hipersalinización de los suelos, y por lo tanto, la pérdida de manglares y de superficie de suelo dedicada a cultivos y ganadería en las costas adyacentes (Ortiz, 1988).

Según los cálculos realizados por el Instituto Scripps de Oceanografía, una hectárea de manglares en la franja costera podría tener un valor económico de 37 500 dólares anuales (Cárdenas, 2011); de acuerdo a esas cifras, si en el área de estudio se han perdido en total más de 687 hectáreas de franjas costera durante estos últimos 41 años, el costo económico sería superior a los 25 millones de dólares por cada año transcurrido. Sin embargo, hay que recordar que los costos ambientales son aún incalculables debido a la complejidad que supone la alteración de un elemento en el resto de la estructura de un sistema fluvio-deltaico.



Aunque en el área de estudio hay relativamente poca población cuyas actividades económicas dependen directamente de las costas (19,344 habitantes), también la población indirectamente relacionada puede verse afectada. Por ejemplo, según la percepción de los pescadores de San Blas, el cierre de la Boca del Rey en 1990 ha tenido un impacto negativo en las actividades pesqueras ribereñas pues es una causa externa de que durante los últimos años hayan disminuido tanto el volumen de captura como la variedad de especies en la región (Sanjurjo y Campos, 2011).

El Canal de Cuautla es el ejemplo más contundente de los efectos de los cambios en la línea de costa por el cierre o apertura artificial de canales pues los cambios en la hidrodinámica y en el flujo de mareas ha producido también hipersalinización y azolvamiento en las marismas y cañadas generando cambios en los ciclos de reproducción de especies comerciales (Cárdenas, 2011).

Sin el conocimiento de los mecanismos que afectan el sistema costero, es difícil atribuir el origen de las causas que están generando procesos de escala global, como el cambio climático, y es más complicado aún hacer predicciones sobre su evolución, además, la línea de costa es uno de los indicadores más sensibles al ascenso del nivel del mar, por lo tanto, estas mediciones también constituyen una primer fuente documental para monitorear las variaciones del nivel del mar.

Por lo tanto, es necesario seguir generando escenas de la película para tener el guion completo con estos y otros métodos de medición cuya implementación se lleve a cabo de manera sistemática y con objetivos claros que conduzcan si no a conclusiones definitivas, sí a explicaciones más cercanas a la realidad de los procesos y fenómenos de los ambientes costeros.

Fuentes de consulta

1. Burgh van der, L. M. y M. B. Brommer (2006) All you need is space: long-term and large-scale sustainable development in deltaic areas. En: Haskoning y Royal (editores) Innovative Solutions for the

- Delta.Special Publication. Nijmegen, The Netherlands Royal Haskoning. 114 p.
2. Burkett, V., Codignotto, J.O., Forbes, D.L., Mimura N, Beamish R.J., Ittekkot, V. (2001) Coastal Zones and Marine Ecosystems en: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. USA. pp.356-370.
3. Cárdenas, Guzmán Guillermo (2011) Tesoro ecológico en riesgo. Los manglares de Marismas Nacionales. Red del Agua UNAM. En: http://www.agua.unam.mx/noticias/2011/unam/not_unam_noviembre01.html (Fecha de consulta: 05 de junio de 2012).
4. Centro Nacional de Prevención de Desastres (2002) Observaciones sobre la erosión playera cerca del poblado palmar de Cuautla, Nayarit. México. En: http://www.cenapred.unam.mx/es/Transparencia/FAQ/SISI/Anexo8.2/02_01_CI_RH-17012002.pdf (Fecha de consulta: 05 de octubre de 2011).
5. Curray, J.R. y Moore D.G. (1963) Sedimentos e historia de la costa de Nayarit, México.Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 26 (2):107-116.
6. Curray, J.R., Emmel F.J. y Crampton P.J. (1969) Holocene History of Strand Plain Lagoonal Coast, Nayarit, México.Memoria del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras. Instituto de Biología. UNAM-UNESCO. México. pp.63-100.
7. Fallas, J. (2004) Ortorectificación de fotos aéreas con ILWIS.Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre-EDECA. Universidad Nacional.Costa Rica. 65 p.
8. Fallas, J. (2009) Georeferenciación de imágenes de Google Maps con ArcView GIS y Santitools.Escuela de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Tierra y Mar. Universidad Nacional. Costa Rica. 27 p.
9. FitzGerald, D.M (2005) Tidal Inlets en: Schwartz, Maurice L. Encyclopedia of Coastal Science . Springer. Países Bajos. pp. 323-327.
10. Galgano, F.A., Leatherman S.P. (2005) Modes and Patterns of Shoreline Change en: Schwartz, Maurice L. Encyclopedia of



- Coastal Science . Springer. Países Bajos. pp. 651-656.
11. Galloway, W.E. (1975) Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. En: Broussard, M.L., Deltas, Models for Exploration. Houston Geological Society, Houston, Texas. pp. 87–98.
 12. Honeycutt M.G., Crowell M. y Douglas B.C. (2001) Shoreline-Position Forecasting: Impact of Storms, Rate-Calculation Methodologies, and Temporal Scales. *Journal of Coastal Research*.17 (3): 721-730.
 13. INEGI (2010) Síntesis de Información Geográfica del estado de Nayarit. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. En www.inegi.org.mx. (Fecha de consulta: 07 de diciembre de 2011).
 14. Li, R., Liu, J. y Di, K. (2002) Digital Tide-Coordinated Shoreline. *Marine Geodesy*. 25 (1):27-36.
 15. Montaña Ley, Y. (1983) Estudio del transporte litoral de arenas en Isla de la Piedra, Mazatlán, Sin., usando trazadores fluorescentes. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*.12 (1):15-32 UNAM.
 16. National Institute of Water and Atmospheric Research y Katoa Software Ltd.(2009) Beach Profile Analysis Tool (BPAT).Versión 3.0.0.14. Nueva Zelanda.
 17. Oliver, Obregón (2008) Assessing Water Quality Modeling in Subtropical Regions Based on a Case Study of the Aguamilpa Reservoir. Master Thesis. Brigham Young University. EE.UU.88p.
 18. Ortiz Pérez, M.A. (1988)Repercusiones del ascenso del nivel del mar en costas bajas de planicies deltaicas. *Geografía y Desarrollo*. 6 (11): 69-72.
 19. Ortiz Pérez, M.A. (1978) Geomorfología fluvial del curso bajo del río grande de Santiago, Nayarit. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. pp. 60.
 20. Ortiz Pérez, M.A. (1979) Fotointerpretación geomorfológica del curso bajo del río grande de Santiago, Nayarit. *Investigaciones Geográficas*. Instituto de Geografía.UNAM. México. 9:65-92.
 21. Ortiz Pérez, M.A. (2010) Clasificación ecogeográfica de cuencas hidrográficas: el caso de México, en: Cotler Ávalos, H. (coordinadora) *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología. México. pp.25-27.
 22. Romo, M. de L. y Ortiz Pérez, M.A. (2001) Riesgo de inundación en la llanura fluvial del curso bajo del río San Pedro, Nayarit. *Investigaciones Geográficas*.. Instituto de Geografía. UNAM. México.45:7-22.
 23. Rotmans Jan, van Asselt Marjolein B.A. y de Vries Bert J.M. (1997) *Global Change and Sustainable Development* en: Rotmans Jan y de Vries Bert J.M. (coordinadores) *Perspectives on Global Change: The TARGETS Approach*. Cambridge University Press. Reino Unido. pp. 3-12.
 24. Sanjurjo, R. Enrique y Campos, Palacín Pablo (2011) Análisis de las actividades económicas en un manglar de usos múltiples. Un estudio de caso en San Blas, Nayarit, México. *Estudios Sociales*.19 (38):196-220.
 25. Servicio Mareográfico Nacional (2011). En: <http://www.mareografico.unam.mx> (Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2011)
 26. Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L. y Ergul, Ayhan. (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0. An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
 27. Tovilla, H.C., Orihuela, B.E. (2004) Impacto del huracán Rosa sobre los bosques de manglar de la costa norte de Nayarit, México. *Madera y Bosques*. Instituto Nacional de Ecología, El Colegio de la Frontera Sur y Gobierno del Estado de Chiapas. 10(2):63-75
 28. Vidal Zepeda, R. (2005). *Las regiones climáticas de México. Serie Textos Monográficos: Naturaleza*. Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 51-62.
 29. Vidal Zepeda, R. y C.M.E. Hernández (1992) Algunas características de la precipitación en Nayarit, México. *Geografía y Desarrollo*. 4(7):9-18.
 30. Wentworth, C.K. (1922). A scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*. 30 (5):377-392.



Estudio del cambio climático generado por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí

David Enrique Flores Jiménez; Marcos Algara Siller y Cecilia Barrera Gutiérrez

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen

El estudio del cambio climático a escala regional es un tema necesario en la actualidad para generar mejores propuestas de mitigación y adaptación. El análisis de la dinámica en la atmósfera de los distintos gases de efecto invernadero (GEI) propuestos para su vigilancia desde el Protocolo de Kyoto en 1997 es importante para entender la relación que existe entre los fenómenos del efecto invernadero y el cambio climático.

En el presente artículo primeramente se presentan los resultados de las emisiones a la atmósfera de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) generados por las actividades agrícolas y ganaderas en el estado de San Luis Potosí que fueron calculadas utilizando los factores de emisión propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC). Posteriormente se propone una metodología para estudiar la dinámica en la atmósfera de dichos gases incorporando las características del sitio de estudio como: parámetros meteorológicos, cubierta vegetal, topografía y tipos de fuentes de emisión con el objeto de caracterizar adecuadamente al estado de San Luis Potosí.

Los resultados que se presentan en este documento corresponden a la cuarta categoría propuesta por el PICC (agricultura) y son básicos para continuar con el modelado de la dinámica en la atmósfera de CH_4 y N_2O mediante la implementación de los modelos Mesoscale Modeling Fifth Generation (MM5) y el Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM), los cuales han sido utilizados por instituciones como la UNAM y el Servicio Meteorológico Nacional para estudiar la variabilidad climática y el comportamiento de contaminantes en la atmósfera respectivamente.

Introducción

El Cambio Climático es un tema de gran trascendencia en la actualidad debido por un lado a

las repercusiones que éste tiene sobre el medio natural y antropógeno y por otro a las estrategias de mitigación y adaptación que se han venido presentando a escala global, regional y local.

El artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) lo define como "...el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparable" (UNFCCC, 1992).

El clima propicio para la vida en cualquier región de la Tierra depende del fenómeno conocido como "efecto invernadero", el cual, Ahrens (2009) define como "...la absorción de radiación infrarroja por el vapor de agua y gases de efecto invernadero (GEI) presentes en la atmósfera, los cuales contribuyen de manera natural en el mantenimiento de una temperatura media terrestre de alrededor de 15°C .

De manera natural dicho fenómeno contribuye a la preservación de la vida en el planeta Tierra, sin embargo, el aumento en las concentraciones de los distintos GEI a causa de emisiones generadas por fenómenos naturales o actividades antropógenas favorecen el calentamiento global mediante el aumento de la temperatura media terrestre (PICC, 2001).

En el Protocolo de Kyoto, celebrado en 1997, se acordó entre otras cosas vigilar seis GEI debido a su capacidad de exacerbar el efecto invernadero y el cambio climático. Estos son: 1) Dióxido de carbono (CO_2), 2) Metano (CH_4), 3) Óxido nitroso (N_2O), 4) Hidrofluorocarbonos (HFC), 5) Perfluorocarbonos (PFC), y 6) Hexafluoruro de azufre (SF_6) (PICC, 2000).



El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) publicó en 1996 y 2000 dos documentos guías para que por un lado los países pudieran elaborar sus Inventarios Nacionales de Emisiones de GEI (INEGEI) y, por otro, tomar decisiones en cuanto a la metodología utilizada para elaborarlos (PICC, 1996; PICC, 2000).

Las categorías principales de fuentes de emisión sobre las cuales se propuso llevar a cabo dichos inventarios son: 1) energía, 2) procesos industriales, 3) solventes, 4) agricultura, y 5) desechos (PICC, 2000).

El estudio de las emisiones de GEI medidas o calculadas y que se presentan en un inventario sumado al análisis de aquellas variables meteorológicas que describan adecuadamente el clima del sitio de estudio tales como: 1) velocidad y dirección de vientos, 2) precipitación, 3) radiación solar, 4) humedad relativa, entre otros, han permitido incorporarlos a distintos tipos de modelos para el estudio de la dinámica atmosférica de estos gases.

La Real Academia Española (2010) define un modelo como "...un esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja que se elabora para facilitar el estudio de su comportamiento".

Las ecuaciones utilizadas para calcular las emisiones de GEI en los inventarios así como su dinámica en la atmósfera o simplemente la variabilidad climática son ejemplos de tipos de modelos que requieren ser evaluados y validados para darle un buen grado de certidumbre a los resultados obtenidos en base a los márgenes de referencia que se estén utilizando.

Dentro del estudio de la atmósfera, los Modelos de Circulación General (MCG) son los más utilizados a escala mundial para el estudio del sistema climático global. Estos se aplican principalmente para proyectar el clima futuro mediante la creación de distintos tipos de escenarios y se basan en simulaciones numéricas tridimensionales en los que se plantean hipótesis sobre cómo sería el clima bajo ciertas condiciones (Magaña, et al., 2007).

En el estudio de la variabilidad climática regional se ocupan modelos dinámicos o estadísticos para reducir la escala de los MCG, donde básicamente la diferencia entre uno y otro radica por un lado en las aproximaciones numéricas y por otro en las grandes cantidades de información utilizadas. Algunos de los más usados por ejemplo son: 1) ClimatePredictableTool (CPT), 2) MesoscaleModelingFifthGeneration (MM5), 3) StatisticalDownscalingModel (SDSM), entre otros.

Por otro lado, los modelos ocupados para simular el transporte y dispersión de gases o material particulado, no solamente dependen de datos meteorológicos y emisiones calculadas o medidas experimentalmente, sino también de las características topográficas del terreno, tipos de fuentes de emisión (puntuales, de área o móviles), cubierta vegetal entre otros, que puedan describir lo mejor posible la zona de estudio.

A nivel nacional se han utilizado una gran variedad de modelos para estudiar la dinámica de contaminantes atmosféricos, donde varios de estos también fungen como GEI. En la Zona Metropolitana del Valle de México por ejemplo, se ha trabajado con las "isopletras" para conocer las variaciones de las concentraciones de CO₂ en función de las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) (Núñez et al., 2007).

El Servicio Meteorológico Nacional ha incorporado modelos como el MM5 (desde el año 2000) para hacer predicciones del clima en períodos no mayores a 72 horas. Así mismo, el modelo Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM) ha sido utilizado para estudiar la calidad del aire en el Centro de México por investigadores del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM (García et al., 2000; Lobato et al., 2003).

En años recientes, en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) se han utilizado el MM5 y el MCCM para estudiar la variabilidad de distintos parámetros meteorológicos y la dispersión de gases contaminantes como CO₂, NO₂ y CO respectivamente (Pineda, 2005; Bautista, 2009).



El análisis de los resultados obtenidos en estos tipos de modelos actualmente se utilizan como herramientas para generar propuestas de mitigación y adaptación al cambio climático, ya que por un lado se busca disminuir las emisiones de GEI al reducir su concentración en la atmósfera y por otro ajustar los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales (Magaña, 2009).

Las actividades agropecuarias, sus fuentes de emisión y repercusiones en el ambiente

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) define cinco fuentes de emisión (subcategorías) dentro de la categoría de agricultura, la cual contiene actividades agrícolas y pecuarias, éstas son: 1) fermentación entérica, 2) manejo de estiércol, 3) suelos agrícolas, 4) quema de residuos agrícolas, 5) quema de sabanas y 6) arroz (PICC, 1996; PICC, 2000).

La fermentación entérica es un proceso anaeróbico (en ausencia de oxígeno) que ocurre en el sistema digestivo de los rumiantes (específicamente en el rumen y tracto digestivo posterior), en el cual mediante la presencia de bacterias metanógenas, los carbohidratos contenidos en la celulosa ingerida se degradan a glucosa, posteriormente a ácido acético, el cual se reduce a CO_2 formando CH_4 en el proceso y finalmente éste es expulsado a la atmósfera a través de un eructo (Carmona et al., 2005; PICC, 1996).

Por otro lado, dependiendo del tipo de manejo que se le dé al estiércol, se pueden emitir a la atmósfera CH_4 o N_2O . Donde el primero es generado debido a que los desechos orgánicos en ausencia de oxígeno (procesos anaeróbico) se degradan a CO_2 , CH_4 y pequeñas cantidades de dihidrógeno (H_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) (González-Ávalos et al., 2001).

Las emisiones de N_2O proceden principalmente de cinco tipos distintos de manejo de estiércol: 1) lagunas anaeróbicas, las cuales reducen la contaminación por bacterias y nutrientes al atrapar los desechos; 2) sistemas de tipo líquido, en donde el estiércol es manejado con rascadores, sistemas de flujo y desagües de flujo por gravedad o a través de rejillas para almacenamiento; 3) abonado diario, en el que se utilizan los residuos de origen animal

para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo; 4) almacenamiento sólido y parcelas secas, que consisten en utilizar material de cama para atrapar y detener el estiércol; 5) praderas y pastizales, que son tierras utilizadas para el pastoreo de ganado en donde el estiércol es simplemente regado (Field et al., 2001; PICC, 1996; SAGARPA, s.f.)

En la subcategoría de suelos agrícolas el N_2O puede generarse por emisiones directas procedentes propiamente de: 1) los suelos agrícolas y de 2) los suelos dedicados a la producción animal. También se puede generar por emisiones indirectas (en donde el N_2O se produce por reacciones químicas en la atmósfera) originaria de las cantidades de nitrógeno (N) contenido en los fertilizantes utilizados para la agricultura (p.ej. urea o superfosfato) (PICC, 1996).

La quema de residuos agrícolas es otra actividad importante en la que se emiten a la atmósfera monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x , N_2O y CH_4). Es importante mencionar que algunos desperdicios son quemados para producir energía, por lo que éstos no son tomados en cuenta en esta investigación (PICC, 1996).

Finalmente, los cultivos anegados de arroz son una fuente emisora de CH_4 , es decir, se lleva a cabo en suelos saturados de agua con poca aireación (escasa cantidad de oxígeno) en donde hay bacterias metanógenas encargadas del proceso de descomposición. En el estado de San Luis Potosí no hay este tipo de siembra, por lo que dicha subcategoría no se consideró para la elaboración del inventario de emisiones (PICC, 1996).

A nivel nacional se han elaborado tres Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en 1995, 2000 y 2005 y un reporte actualizado de las emisiones dentro del periodo 1990-2006, en donde se han hecho cálculos para todas las categorías principales de fuentes de emisión que establece el PICC (INEGEI, 2006; Ordóñez et al., 2006).

En el último reporte del INEGEI (2006) se informó que a nivel nacional la categoría de "agricultura" (que incluye las emisiones por actividades agrícolas y pecuarias), contribuyó con el 6.4% de las



emisiones totales de GEI donde las dos subcategorías principales de emisión durante el periodo 1990-2006 fueron la fermentación entérica y los suelos agrícolas. De igual forma, en San Luis Potosí la primera de éstas fue una fuente de emisión relevante tal y como se verá más adelante.

Las actividades agropecuarias que se llevan a cabo en el estado de San Luis Potosí ocupan el 39% de la superficie total (4, 702, 497 hectáreas) donde de manera específica la agricultura abarca el 22% del área general (INEGI, 2011). A continuación se mencionan tres ejemplos que justifican la influencia de las actividades agropecuarias en el estado:

1. Aunque las actividades económicas primarias (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, caza y pesca) aportan un 3.95% y un 2% al producto interno bruto (PIB) estatal y nacional respectivamente, existen actividades agropecuarias que tienen un peso importante a nivel nacional y son emisores potenciales de CH_4 y N_2O . Por ejemplo, en el 2009 SLP ocupó el 4^o lugar nacional en producción de chile verde y caña de azúcar, además de que es una de las principales entidades productoras de carne caprina (Cuéntame, 2009; SAGARPA, 2007; SAGARPA 2009), productos que contribuyen de manera significativa a las emisiones de este tipo.
2. Un caso de interés particular fue el Proyecto Pujal-Coy, el cual se llevó a cabo al noreste del estado de San Luis Potosí, al sur de Tamaulipas y al norte de Veracruz y básicamente consistió en un plan de cambio de uso de suelo para transitar de la ganadería intensiva a una producción agrícola intensiva basada en el riego. Durante el tiempo que duró el proyecto (1973-2000) se perdieron más de 3000 ha de tipos distintos de selva (Reyes et al., 2005).
3. En la Huasteca Potosina, Algara-Siller et al., (2009), se encontró una relación entre el aumento del índice de severidad de la sequía con el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas (agricultura de riego, de temporal, pastizales y pérdida de selva y bosques) y asentamientos urbanos.

En los tres casos se habla de una modificación del ambiente natural del estado que conlleva a un uso intensivo del suelo para actividades agrícolas y

ganaderas, lo cual sugiere la importancia de estudiar la posible variabilidad en el clima que podrían generar las emisiones de CH_4 y N_2O a causa de las distintas actividades agropecuarias que se han incrementado en el estado a través de estos años.

Análisis de las emisiones de CH_4 y N_2O generados por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí

Los datos proporcionados para elaborar el inventario de emisiones abarcaron el período 1997-2010 debido a que esa fue la disponibilidad de la información por parte de las instituciones de gobierno a quien fue solicitada. Por tal razón se seleccionó como año base 1997.

A continuación se presentan los resultados de las emisiones de GEI para el año 2010 de acuerdo a sus cuatro regiones, las cuales, de noroeste a sureste y de acuerdo a sus condiciones climáticas son: 1) Altiplano (árido-seco al norte y semi-seco al sureste), 2) Zona Media (semi-seco), 3) Centro (semi-seco), y 4) Huasteca (templado subhúmedo con lluvias en verano y templado húmedo con lluvias todo el año) (Pineda, 2005).

Las subcategorías emisoras con registros de mayor emisión de CH_4 y N_2O fueron la fermentación entérica (al igual que a nivel nacional) y el manejo de excretas respectivamente contribuyendo con el 86% (25% y 61% cada una) del total de las emisiones de dichos gases (Figura 1).

La región del estado que presentó mayores emisiones de CH_4 ese año fue la Huasteca Potosina con 463,808 Ton de CO_2 eq proveniente principalmente de la fermentación entérica, mientras que en la zona Centro se presentaron las emisiones de N_2O más altas, las cuales provienen en su mayoría de los sistemas de manejos de excretas con un total de 1, 231,408 Ton de CO_2 eq (Figura 2).

En este análisis de los resultados por región es importante aclarar que aunque en la Huasteca Potosina las emisiones de N_2O provenientes de los suelos agrícolas fueron mayores que en la zona Centro, su contribución en la generación de N_2O está 83.4% por debajo de las emisiones generadas por el manejo de excretas en la zona Centro, por lo



que resultaría de interés estudiar las razones por las cuales dicha fuente de emisión tiene una fuerte

influencia sobre las emisiones agropecuarias de GEI.

Figura 1. Porcentajes de emisiones totales (en CO₂ eq.) por cada subcategoría de fuente emisora.

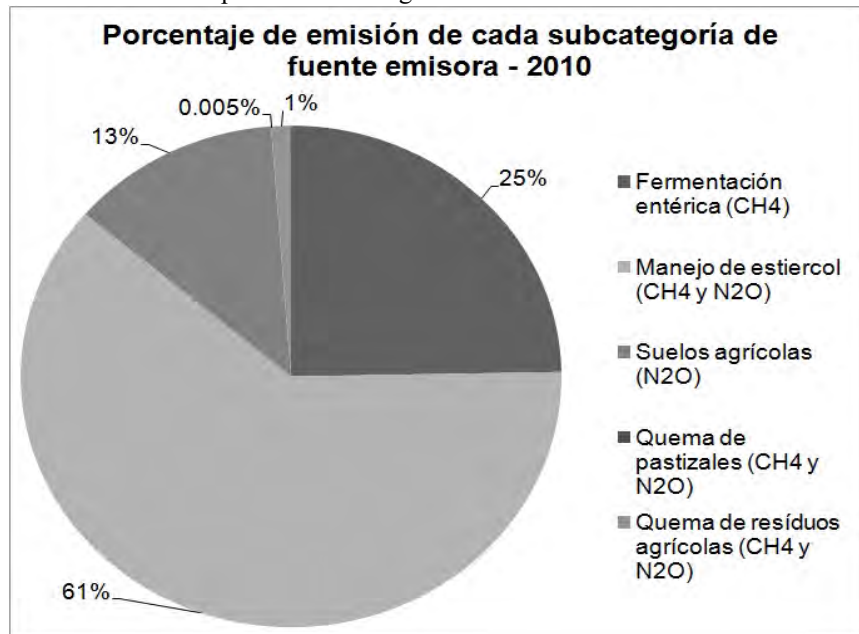
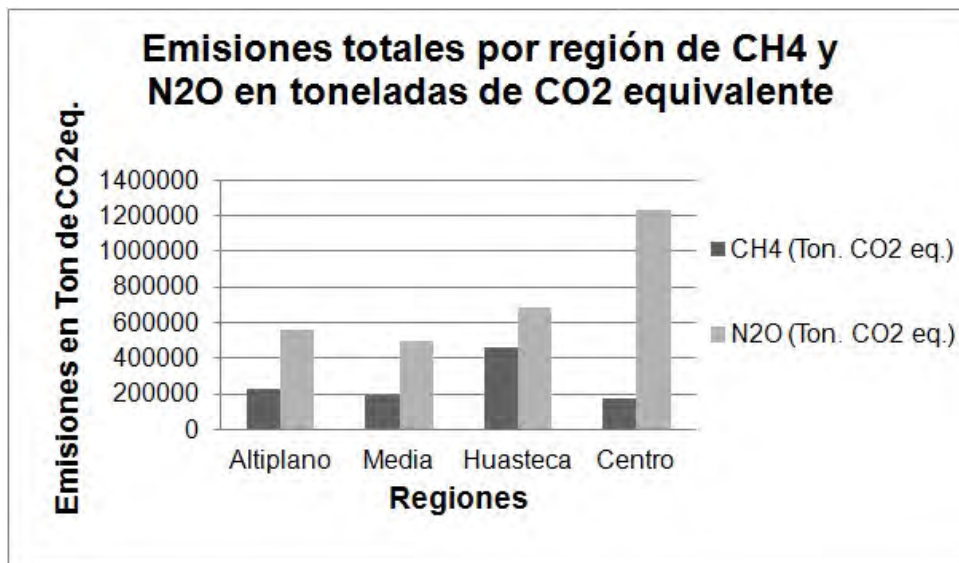


Figura 2. Emisiones de CH₄ y N₂O generadas por las actividades agropecuarias en cada región del estado de San Luis Potosí.





Por otro lado, de acuerdo al IPCC, la evaluación del nivel sirve para identificar aquellas subcategorías de fuentes de emisión que contribuyeron con el 95% de las emisiones totales de GEI para un año en específico.

En este caso de estudio se aplicó dicha metodología únicamente a los resultados del 2010 de la categoría de agricultura como ejercicio para identificar dichas fuentes emisoras, donde los resultados obtenidos muestran que las tres principales fueron: 1) emisiones de N_2O por manejo de excretas (ó estiércol) contribuyendo con el 60.7% del total de esta subcategoría; 2) emisiones de CH_4 por fermentación entérica con un 25%; y 3) emisiones de N_2O por suelos agrícolas con un 13% (el total acumulativo de estas tres subcategorías emisoras fue del 98% del total de las emisiones para la categoría agricultura) (Figura 1).

Finalmente, comparando el año base (1997) con el año 2010 se observó que las emisiones por manejo de excretas tendieron a aumentar prácticamente un 50%, mientras que las emisiones por suelos agrícolas y fermentación entérica mostraron una disminución del 30% y 19% respectivamente.

Propuesta de metodología para el estudio de la dinámica en la atmósfera del CH_4 y N_2O generado por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí.

Los resultados de las emisiones de CH_4 y N_2O que acaban de ser presentados son datos de entrada fundamentales en los modelos que están siendo ocupados para estudiar la dinámica en la atmósfera de dichos GEI.

Los programas utilizados para llevar a cabo los modelados de la dinámica en la atmósfera de dichos GEI y la variabilidad climática durante el periodo de 1997-2010 son el MCCM (Multiscale Climate Chemistry Model) y el MM5 (Mesoscale Modeling Fifth Generation) respectivamente (Dudhia et al., 2003; Forkel et al., 2003). A continuación se describen los elementos que se están tomando en cuenta en la fase de prueba del modelado en cuestión.

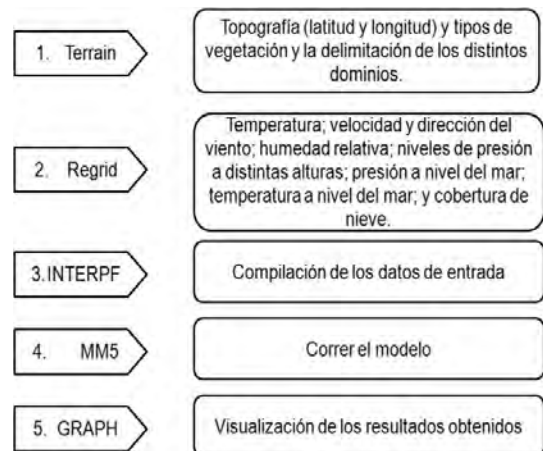
En primer lugar está una representación adecuada del estado mediante los siguientes puntos:

1. Caracterización de la zona de estudio tomando en cuenta: a) la topografía, mediante las curvas de nivel, 2) la cubierta vegetal, investigando el tipo de flora del estado, y 3) el clima para cada región del estado utilizando los datos de sus estaciones meteorológicas.
2. Investigación de las fuentes naturales de emisión de CH_4 y N_2O presentes en el estado en base al estudio de los ciclos biogeoquímicos principalmente del carbono (C) y del nitrógeno (N).
3. Caracterización de los tipos de fuentes de emisión agropecuarias tomando como principal apoyo el inventario de emisiones de CH_4 y N_2O presentado.

A grandes rasgos el MM5 se conforma de una serie de módulos que tienen funciones en específico y que en conjunto integran la información necesaria para modelar variables climáticas. De manera resumida, los pasos a seguir se presentan la figura 3, donde para cada uno de los módulos se indican las variables de los datos a incorporar o bien, su función (Dudhia y et al., 2003).

Para incorporar los parámetros meteorológicos en el modelo MCCM básicamente se pueden utilizar los mismos módulos que el MM5 (Figura 3).

Figura 3. Orden lógico de los distintos módulos que tienen en común los modelos



MM5 y MCCM (Dudhia et al., 2003; Forkel et al., 2003).



Los módulos del MCCM que sirven para introducir los tipos de GEI a modelar, sus emisiones y el o los tipos de fuentes de emisión son los siguientes (Forkel y col., 2003):

1. En el módulo INTCHEM se suministran las concentraciones estándar de los distintos gases presentes en la capa límite, tropósfera libre y tropósfera superior
2. Los contaminantes, emisiones y tipos de fuentes se incorporan a los módulos runarea y/o runpoint.
3. El módulo MCCM se ejecuta para modelar el transporte y dispersión de los GEI de interés, tomando en cuenta la meteorología del lugar y las distintas transformaciones químicas que se puedan presentar durante el tiempo de simulación.
4. El módulo MCCM también modelará las emisiones de hidrocarburos procedentes de la cubierta vegetal (emisiones biogénicas).
5. En el módulo configure.user se compilarán los resultados obtenidos.

Con la integración de esta información se podrá modelar el transporte y dispersión del CH_4 y N_2O en el estado de San Luis Potosí y conocer sus niveles de concentración. (Dudhia et al., 2003; Forkel et al., 2003).

Posteriormente se calibrarán el modelo MM5 haciendo predicciones de las variables de temperatura, humedad relativa y precipitación dentro de un periodo de 72 en una zona seleccionada al azar en el estado, y los resultados se compararán con las mediciones tomadas por la estación meteorológica que se ubique en el mismo lugar (Pineda, 2005; Ramírez, 2012). Actualmente se están buscando los mecanismos para evaluar los resultados obtenidos con el modelo MCCM.

En base a los resultados obtenidos se buscará generar propuestas de mitigación y adaptación al cambio climático, donde para ello se planea:

1. Identificar las regiones o subregiones con mayor temperatura durante el período de estudio (1997-2010) y compararlas con las zonas de mayor concentración de CH_4 y N_2O .
2. Investigar las variaciones de superficie y cubierta vegetal de las distintas fuentes de emisión.

Finalmente se planificarán: a) objetivos, b) estrategias, c) acciones, y d) metas para la mitigación y adaptación al Cambio Climático del sector agropecuario en el estado de San Luis Potosí.

Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de CH_4 y N_2O generados por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí mostró que las principales actividades emisoras en el año 2010 fueron: 1) manejo de excretas, con emisiones de N_2O ; 2) fermentación entérica que emite CH_4 ; y 3) residuos agrícolas que genera N_2O .

Comparando las emisiones del año base con el 2010 se encontró principalmente que las emisiones por manejo de excretas aumentaron en un 50%, lo que sugiere profundizar en la investigación de los distintos tipos mecanismos manejo de estiércol que se están utilizando en el estado.

En estudios posteriores se buscará calcular la incertidumbre de dichas emisiones mediante las metodologías propuestas por el PICC para evaluar y validar los resultados obtenidos.

La metodología de modelado de dichos GEI que será utilizada se basa en el uso de los modelos MM5 y MCCM mediante la incorporación de: 1) parámetros meteorológicos como temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de vientos, precipitación entre otros; 2) tipos de fuentes de emisión; 3) topografía; 4) emisiones de CH_4 y N_2O ; y 5) cubierta vegetal.



La siguiente etapa de este proyecto de investigación es aplicar dicha metodología para analizar variabilidad en el tiempo de parámetros como temperatura y precipitación y la dinámica en la atmósfera de ambos GEI. A partir de ello se buscará generar propuestas de mitigación y adaptación al Cambio Climático que sean favorables para el sector agropecuario en el estado de San Luis Potosí.

Fuentes de consulta

1. Ahrens (2009), "Meteorology Today. An introduction to weather, climate and the environment". Brooks/Coole. Ninth Edition.
2. Algara M., Contreras S., Galindo G. y Mejía J. (2009), "Implicaciones territoriales del fenómeno de la sequía en la Huasteca Potosina. Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Espacio Tiempo 4 (2009): 56-57.
3. Bautista F. (2009), "Simulación numérica de la dispersión de aerosoles producidos por incendios forestales en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, Jalisco". Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Aplicadas. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
4. Carmona J., Bolívar D. y Giraldo L (2005), "El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo". Universidad de Antioquía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Producción Animal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 18:1.
5. Dudhia J., Gill D., Manning K., Wang W., Bruyere C., Wilson J. y Kelly S. (2003), "PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 3". Mesoscale and Microscale Meteorology Division. National Center for Atmospheric Research.
6. Field L., Embleton K. y Jones D. (2001), "Manejo del estiércol del ganado. Introducción y Resumen". Agricultural & Biological Engineering. Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Purdue University.
7. Forkel R. y Garcia A. (2003), "Manual del Multiscale Climatic Chemistry Model (MCCM)". Institute for Meteorology Karlsruhe. Instituto Nacional de Ecología.
8. González-Ávalos E. y Ruiz Suarez L.G. (2001), "Methane emission factors from cattle manure in Mexico". Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. ELSIEVER. Bioresource Technology 80 (2001) 63-71.
9. INEGI (2006), "Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero". México Cuarta Comunicación Nacional. Instituto Nacional de Ecología.
10. INEGI (2011), "Anuario de estadísticas por entidad federativa 2011". Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
11. Lobato S., Rodríguez O. y Mendoza I. (2003), "El uso de los modelos numéricos de mesoescala en México: un ejemplo de aplicación". [en línea]. Revista Digital Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 4. Núm. 7. Art. 21. Link: <http://www.revista.unam.mx/vol.4/num7/art21/art21.html>.
12. Magaña V. y Caetano E. (2007), "Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción del riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector". Dirección General de Investigación sobre Cambio Climático. Informe final de trabajo. Duración: 6 meses. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final del proyecto: INE/A1-006/2007.
13. Magaña V. (2009), "Guía para generar y aplicar escenarios probabilísticos regionales de cambio climático en la toma de decisiones". Embajada Británica en México. Instituto Nacional de Ecología. Centro de Diálogo y Análisis sobre América del Norte. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
14. Núñez X. y Diamant A. (2007), "On the usefulness of atmospheric measurements for air quality evaluation in the context of recent urban meteorology findings in Mexico City". Grupo de Físicoquímica Atmosférica. Centro de Ciencias de la Atmósfera.



- Universidad Nacional Autónoma de México. *Atmósfera* 20(4), 329-339 (2007).
15. Ordóñez J. y Hernández T. (2006), "Obtención de factores de emisión nacionales en el sector agrícola para disminuir incertidumbre en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero". Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
 16. PICC (1996), "Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero". Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas.
 17. PICC (2000), "Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI". Panel Intergubernamental del Cambio Climático. Organización de las Naciones Unidas.
 18. PICC (2001), "Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of working group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press. PICC. ONU.
 19. Pineda L. (2005), "Descripción del Clima y modelación Numérica de Fenómenos Meteorológicos en San Luis Potosí, México". Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Aplicadas en la opción Ciencias Ambientales. Posgrado en Ciencias Aplicadas. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
 20. Ramírez (2012), "Sistema para la predicción de desastres meteorológicos en el estado de San Luis Potosí". Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería de la Computación". Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
 21. Real Academia Española (2010), "Diccionario de la Lengua Española – Vigésima segunda edición" Sitio web: http://buscon.rae.es/drae/?type=3&val=mod-elado&val_aux=&origen=REDRAE.
 22. Reyes H., Aguilar M., Aguirre J. y Trejo I. (2005), "Cambios en la cubierta vegetal y uso de suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000". Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. ISSN 0188, Núm. 59, 2006, pp. 26-42.
 23. SAGARPA (s.f.), "Abonos orgánicos". Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
 24. SAGARPA (2007), "Programa Nacional Pecuario 2007-2012". Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
 25. SAGARPA (2009), "Monitor agroeconómico 2009 del estado de San Luis Potosí. Mayo 2009". Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. San Luis Potosí.
 26. UNFCCC (1992), "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. FCCC/INFORMAL/84*. GE. 05-62301 (S) 220705 220705. *Nueva tirada por razones técnicas. Naciones Unidas.

Anexo: Posibles temas de investigación en el contexto de Cambio Climático

Dinámica de los Gases de Efecto Invernadero en la Atmósfera.

Relación entre la cubierta vegetal y la atmósfera.

Mecanismos de adaptación al Cambio Climático a escala regional.

Propuesta de factores de emisión para cada categoría de fuente emisora de acuerdo a los tipos de clima que hay en México.



Boletín de temperatura y salinidad superficial del mar de las costas del Golfo de México y Mar Caribe mexicanos.

Mario Gómez Ramírez

Grupo Geografía Global. Universidad Veracruzana.

E-mail: mariogomez@uv.mx

geomez@ymail.com

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta de elaboración de un boletín diario que contiene el seguimiento de la temperatura y anomalía de la superficie del mar, así como de la salinidad. Incluye dieciséis sitios de referencia localizados a lo largo de la línea de costa entre el golfo de México y mar Caribe mexicanos. Contiene información de cada uno con datos puntuales de las variables que se obtienen mediante el análisis e interpretación cartográfica, obtenida del Centro de Modelado de la Marina del Medio Ambiente del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos de América y del Laboratorio de Investigación de la Naval. Modelación Oceánica Costera de la Marina.

Las variables de temperatura y salinidad marinas al igual que otras más, son de suma importancia en la dinámica del océano. Pueden influir en la atmósfera y la variabilidad del clima. Las condiciones que adquiere el mar, también repercuten en las diversas actividades que desarrolla el género humano.

La medición en el medio marino resulta difícil y con un costo mayor, comparado con las que se realizan en la parte continental. Sin embargo, en pleno siglo XXI emplear herramientas de medición como las que se obtienen de los satélites, puede acortar la brecha de la información que se requiere del medio marino.

La República Mexicana posee dos vertientes muy importantes en las cuales se distribuyen 17 entidades costeras, con una extensión de más de 11 mil kilómetros. En la vertiente oriental se localizan a lo largo de la costa, las entidades de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo y es imprescindible realizar un seguimiento de las condiciones que ocurren en su entorno marino.

El espacio costero mexicano, es un recurso invaluable y no puede dejarse en segundo término, condición con suficiente sustento por el cual se propone elaborar un boletín con los contenidos arriba indicados.

Introducción

La República Mexicana cuenta con dos importantes cuencas marinas, por el oriente las aguas del océano Atlántico Norte incursionan al mar Caribe y golfo de México. En esta línea costanera se localizan a lo largo de la costa 6 entidades que son: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. (Figura 1)

En el poniente, el océano Pacífico Nororiental bordea a 11 entidades con litoral. Ambos espacios marinos, reúnen características distintas, poseen corrientes cálidas o frías, batimetría diferente, así como una inestabilidad en cuanto a su tectónica de placas, en una es más activa la sismicidad, las características físicas y químicas de sus aguas varían, al igual ocurre con las corrientes marinas, las mareas, el oleaje y las especies marinas, entre otras. Son cuencas que reúnen condiciones para la formación de los ciclones tropicales, desde finales de la primavera hasta concluir el mes de noviembre que abarca la temporada. Las aguas marinas que circulan por las dichas cuencas, en buena parte la temperatura superficial del agua marina durante el verano y el otoño pueden ascender por lo menos a 27 °C, los cuales son suficientes para generarse estos fenómenos marinos.

En el Golfo de México circula la corriente cálida del "Gul Stream", además, se cuenta con la zona ciclo genética de la sonda de Campeche. En cualquier sitio del golfo de México y mar de las Antillas, si se



presentan las condiciones apropiadas, es factible que se forme un ciclón tropical. En la dinámica de las aguas marinas, los parámetros como la densidad, contenido de oxígeno, salinidad, se interrelacionan y pueden influir en su comportamiento. La salinidad en las desembocaduras de las corrientes continentales disminuye, en función del tipo de clima con relación a la cantidad de precipitación. En el océano el promedio del contenido de solutos en el agua marina, es de 35‰.

El monitoreo de los espacios marinos y obtener registros, es difícil, pero de suma importancia contar con la información. Establecer redes de monitoreo con una cobertura razonable, es muy costoso, debido a que se requiere contar con personal capacitado, equipo y presupuesto, entre lo más apremiante.

En la actualidad, es viable poder llevar a cabo la obtención de información marina, a través de utilizar las imágenes de satélite, mediante el análisis e interpretación, por esta razón se pretende elaborar el boletín de temperatura y salinidad superficial del mar de las costas del golfo de México y mar Caribe mexicanos. Este tipo de productos es un apoyo de consulta para las diversas actividades económicas que se desarrollan en el ambiente del mar, que también puede contribuir en los estudios en la dinámica de la atmósfera, en la variabilidad del clima, en el incremento del nivel del mar, entre otros.

Contenido del boletín

Este boletín tiene la característica de considerar 16 sitios distribuidos a lo largo del litoral del golfo de México y mar Caribe, repartidos entre las seis entidades que los integran y dividido en tres zonas que son:

Zona Golfo de México:

Tamaulipas: Boca Río Grande, Soto La Marina y Pánuco.

Veracruz: Tuxpan, Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos.

Tabasco: Dos Bocas.

Campeche: Isla del Carmen.

Zona Península de Yucatán:

Campeche: Champotón.

Yucatán: Progreso, Cayo Arenas, Arrecife Alacrán y Cabo Catoche.

Zona Mar Caribe Mexicano:

Quintana Roo: Isla Cozumel y Bahía de Chetumal.

El producto reúne de cada uno de los sitios, información de la temperatura superficial del mar (TSM), así como la anomalía (ATSM) y salinidad puntual, cada una de las variables cuenta con su respectivo mapa.

Entre otros pormenores, contiene una descripción breve de las condiciones prevalecientes de los parámetros considerados en ambas cuencas. La emisión propuesta es diaria y consta de tres hojas.

La información que contiene esta diseñada y organizada de manera sencilla, la cual puede ser asimilada por cualquier usuario. Esta orientado en principio, para todos aquellas personas interesadas en el medio marino, pescadores, científicos, turistas, navegantes, trabajadores en plataformas y finalmente para un público en general. (Figura 2).

Metodología

En la realización del boletín, se analizan e interpretan las imágenes diarias de TSM, ATSM y salinidad obtenidas del Centro de Modelado de la Marina del Medio Ambiente del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos de América y del Laboratorio de Investigación de la Naval. Modelación Oceánica Costera de la Marina.

Posteriormente se trabaja cada imagen con paquetería de Surfer 8 y sobrepone la división política, Zona Económica Exclusiva de México y los sitios como referencias puntuales.



Finalmente se realiza una breve descripción de las condiciones que prevalecen y edita con el procesador de Word en tres páginas y con la propuesta de colocarlo en una página de Internet para disposición al público.

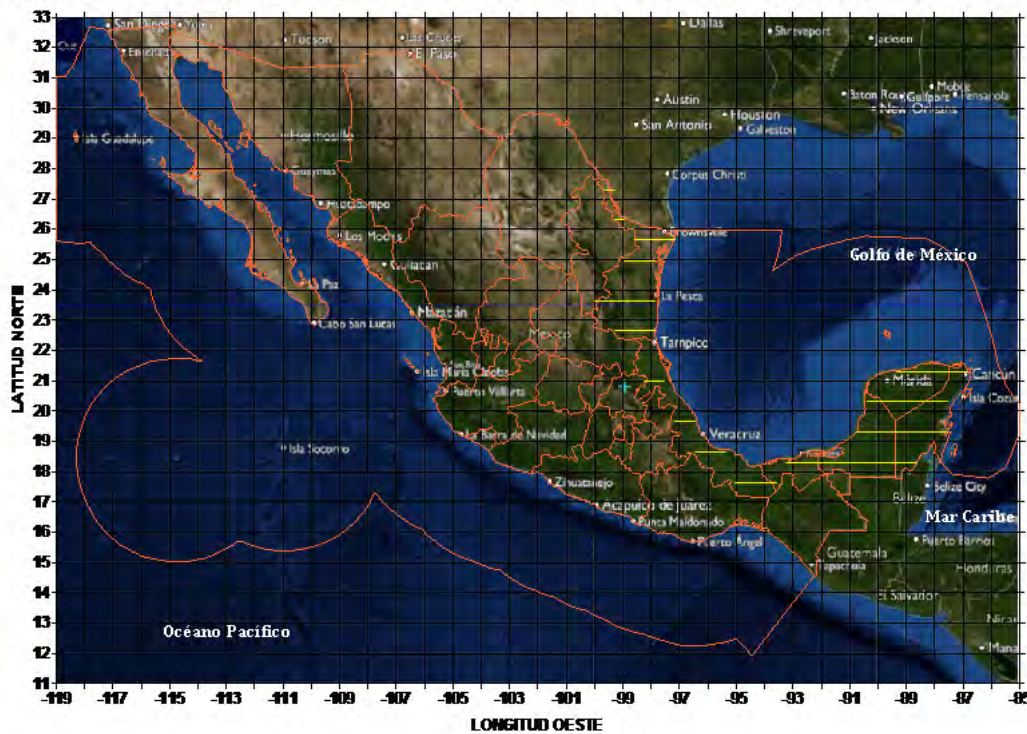
Conclusiones

Elaborar el boletín arriba indicado, es una herramienta de consulta, que puede contribuir en brindar información referente a las condiciones y comportamiento de las variables de temperatura,

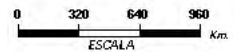
anomalía y salinidad de la zona costera del oriente de la República Mexicana, así como servir de apoyo en las diversas actividades económicas que se desarrollan en dicho espacio geográfico y formar una base de datos que pueden emplearse en el conocimiento y estudios sobre los litorales analizados. Finalmente el océano es el regulador térmico climático y no puede pasarse por alto que México que cuenta con invaluable recurso como son sus litorales.

Figura 1. En este mapa se representa la distribución de las entidades costeras que se localizan en el golfo de México y mar Caribe mexicanos.

LOCALIZACIÓN DE LAS ENTIDADES COSTERAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE



SIMBOLOGÍA



Elaboró: Mario Gómez Ramírez



Figura 2. Se muestra el contenido del boletín de temperatura y salinidad superficial del mar de las costas del golfo de México y mar Caribe mexicanos integrado en tres páginas

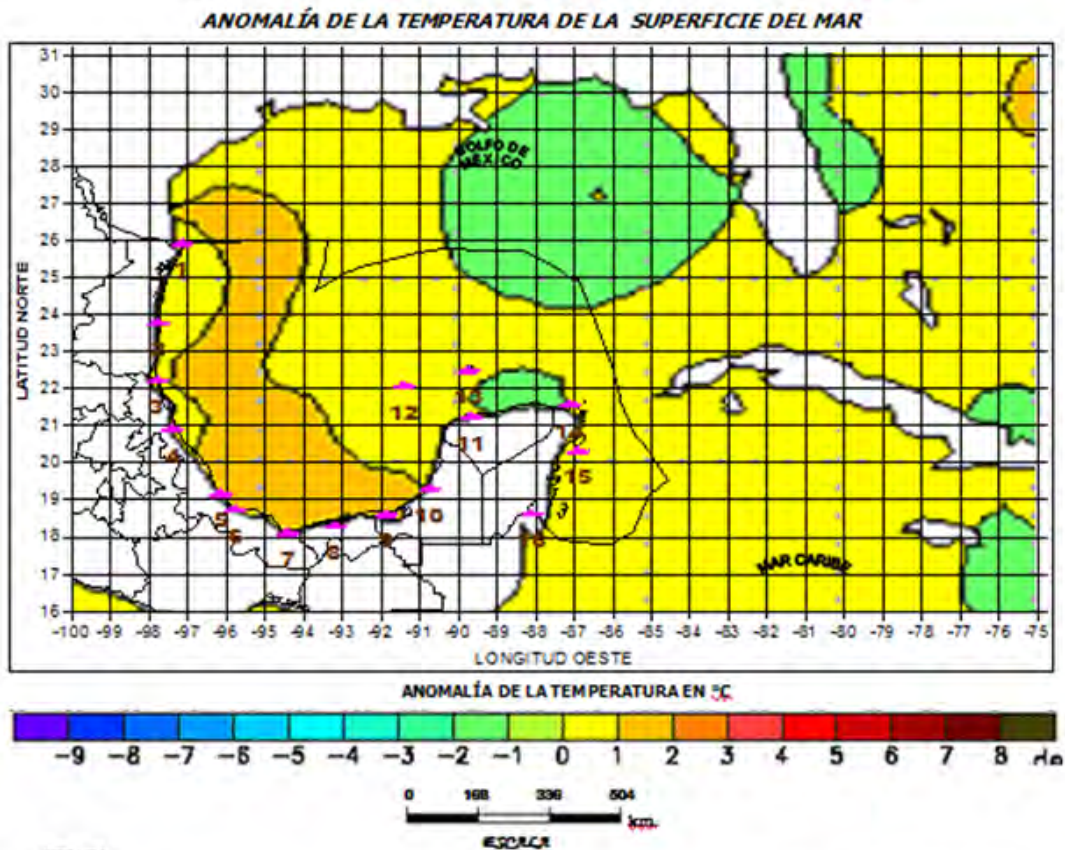
TEMPERATURA Y SALINIDAD SUPERFICIAL DEL MAR

GOLFO DE MEXICO								
1) BOCA RIO GRANDE	2) SOTO LA MARINA	3) PANUOCO	4) TUXPAN	5) VERACRUZ	6) ALVARADO	7) COATZA-COALCOS	8) DOS BOCAS	9) ISLA DEL CARMEN
29°	29°	30°	30°	30°	30°	29°	29°	30°
+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2
35.8 ‰ _{oo}	36.2 ‰ _{oo}	36.4 ‰ _{oo}	36.2 ‰ _{oo}	36.2 ‰ _{oo}	34.2 ‰ _{oo}	34.6 ‰ _{oo}	36.4 ‰ _{oo}	36.4 ‰ _{oo}

PENINSULA DE YUCATAN				
10) CHAMPOTÓN	11) PROGRESO	12) CAYO ARENAS	13) ARRECIFE ALACRÁN	14) CABO CATOCHÉ
29°	29°	29°	29°	28°
+2	+1	+1	+1	+1
36.4 ‰ _{oo}	35.0 ‰ _{oo}	36.4 ‰ _{oo}	36.2 ‰ _{oo}	36.0 ‰ _{oo}

MAR CARIBE MEXICANO	
15) ISLA COZUMEL	16) BAHÍA DE CHETUMAL
29°	29°
+1	+1
36.0 ‰ _{oo}	35.8 ‰ _{oo}

NOTA: La temperatura en (°C), anomalía en azul (°C) y la salinidad en partes por mil (‰_{oo}).



Límite estatal.
 ELABORÓ: DR. MARIO GÓMEZ RAMÍREZ

Límite Zona Económica Exclusiva
 NOTA: ESTE BOLETÍN DEBE PUBLICARSE COMO DE CONSULTA Y APOYO.

Fuentes: http://polar.ncep.noaa.gov/sst/rtg_low_res/ncpac_anomaly_00w00.png y http://www7320.nitac.navy.mil/global_reom/gb6_35.html / olabo@gom.iss.gif

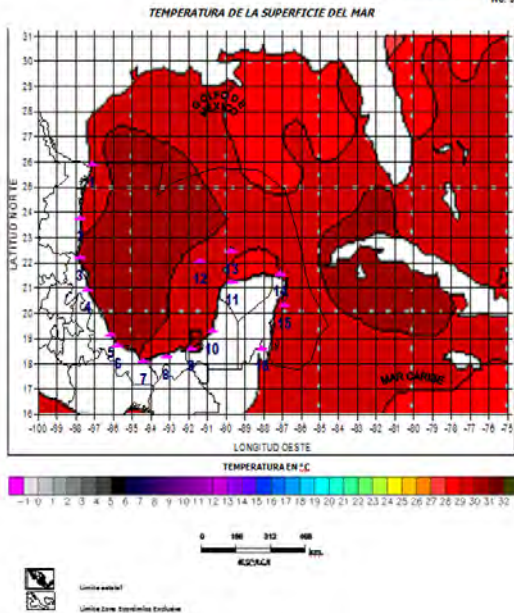


UNIVERSIDAD VERACRUZANA
LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

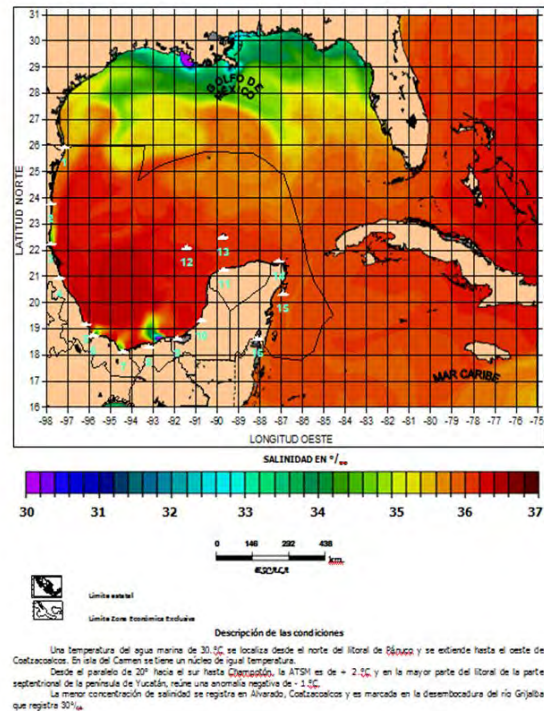
BOLETÍN DE TEMPERATURA Y SALINIDAD SUPERFICIAL DEL MAR EN EL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

XALAPA, VER. 9 DE SEPTIEMBRE DE 2012

No. 3



SALINIDAD DE LA SUPERFICIE DEL MAR



Fuentes de consulta

1. Fernández, E.A., et.al. (190-1992). Oceanografía Física 1. (Masas de agua y mareas de los mares mexicanos). Naturaleza IV.9.1. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM, Tomo. II. Recuperado el 11 de junio de 2012, de http://www.igeograf.unam.mx/web/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/muestra_mapa.php?cual_mapa=TII-IV-9-1.jpg
2. Gómez, R.M. (1999). Distribución de niveles de marea, salinidad y temperatura superficial del agua de mar, de acuerdo con las estaciones mareográficas de México, tesis de doctorado, México, Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado de Geografía, UNAM, 798.
3. Gómez, R.M. (2006). Trayectorias históricas de los ciclones tropicales que impactaron el estado de Veracruz de 1930 al 2005. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y*

- ciencias sociales*, Vol. X, No. 218, (15). Recuperado el 22 de julio de 2012, de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-15.htm>
4. Gómez, R.M. (2007). Los ciclones tropicales un riesgo para el turismo en Quintana Roo. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, No. 8. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/mgrciclones.htm>
5. Gómez, R.M. (2009). El huracán "Dean" fue un típico Cabo Verde, que impacto al estado de Veracruz en México en 2007. *Memorias. III Congreso Internacional de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades*, 658-668. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://www.uv.mx/congresoamcath/documentos/MemoriasProceedings02Jun09.pdf>
6. Gómez Ramírez, Mario. (2010). Cantidad de precipitación que produjo el huracán "Henriette" durante su trayectoria que siguió por el océano Pacífico y golfo de California en el 2007. *Memorias en línea*,



- XIV Simposio Internacional, SELPER, 1-14. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://www.selper-mexico.org.mx/XT%20PDF/OCEANO/OCEAN-01.pdf>
7. Gómez, R.M. (2010). Distribución de la anomalía de la temperatura del mar que propició la trayectoria del huracán "Alex" en el Mar Caribe y Golfo de México en el 2010. *Memorias en línea, XIV Simposio Internacional, SELPER*, 1-10. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://selper-mexico.org.mx/XT%20PDF/OCEANO/OCEAN-02.pdf>
8. Gómez, R.M., et.al. (2005). Ciclones tropicales que se formaron al este de las Antillas Menores e impactaron los estados costeros del litoral oriental de México de 1900 al 2003. *Revista Geográfica*, No. 137, 57-80.
9. Gómez, R.M., et.al. 2010) Monitoreo de la temperatura superficial del mar en el Golfo de Tehuantepec, como posible sitio de explotación de energía térmica oceánica. *Congreso. AcademiaJournals.com* (ONLINE), Vol. II, 152-157. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://congreso.academiajournals.com/downloads/Volumen%20%20CINCA%20D%20-%20P.pdf>
10. Gómez R.M. et.al. (2011). Curioso origen y trayectoria errática del huracán "Olivia" por el territorio chiapaneco y Pacífico sur mexicano en 1978. *Memorias. Congreso. AcademiaJournals.com Chiapas 2011*, Vol. 3, No. 2, 7-9. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://chiapas.academiajournals.com/downloads/11CH301-400%20Congreso%20AcademiaJournals%20Chiapas%202011%20301-400.pdf>
11. National Weather Service Environmental Modeling Center. Real-time, global, sea surface temperature (RTG_SST) analysis. (2012). Recuperado el 11 de junio de 2012, de http://polar.ncep.noaa.gov/sst/rtg_low_res/nepac_anomaly_oper0.png
12. National Weather Service Environmental Modeling Center. Real-time, global, sea surface temperature (RTG_SST) analysis. (2012). Recuperado el 11 de junio de 2012, de http://polar.ncep.noaa.gov/sst/rtg_low_res/nepac_sst_oper0.png
13. Naval Research Laboratory. Navy Coastal Ocean Model (NCOM). (2012). Recuperado el 11 de junio de 2012, de http://www7320.nrlssc.navy.mil/global_ncom/glb8_3b/html/plots/gom/sss.gif

Propuestas

Clorofila

Temperatura del mar

Anomalía de la altura del mar



Distribución de la precipitación diaria que originó el huracán “Dean” en el espacio marino y continental de la República Mexicana en el 2007.

Mario Gómez Ramírez ¹ y Karina Eileen Álvarez Román ²

¹ Grupo Geografía Global Universidad Veracruzana. ² Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

e-mail: mariogomez@uv.mx

e-mail: kear_111970@yahoo.com.mx

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo mostrar la cantidad de precipitación que originó por día la trayectoria del huracán tipo Cabo Verde “Dean” tanto en los litorales del Mar Caribe, Golfo de México mexicanos y en la parte continental del país, entre los días 21 al 22 de agosto de 2007, mediante la interpretación y el análisis cartográfico obtenido del GES DISC Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, NASA.

Las costas de la República Mexicana primordialmente en la época cálida del año, están expuestas a los embates que siguen las trayectorias de los ciclones tropicales. Estos fenómenos marinos, durante su recorrido suministran humedad a la atmósfera, la cual resulta importante sobre todo cuando precipita en las zonas de clima semiárido y árido del territorio nacional. Sin embargo, en el entorno marino también producen lluvia, pero es difícil su medición, debido a que el país no cuenta con una red de observación marítima.

El huracán “Dean” se formó el 11 de agosto de 2007 como depresión en aguas cálidas del Atlántico Norte en las coordenadas de 12.2° de latitud norte y 28.9° de longitud oeste, vientos de 55 km/h y una presión central de 1006 milibares. El día 14 se intensificó a tormenta tropical “Dean”, al continuar su avance al occidente unos días después ingresó a las aguas del Mar Caribe y se perfiló el día 20 a la costa oriental de Quintana Roo como categoría 5 y el día 21 “Dean” impactó en las cercanías de la población de Majahual, Q.Roo avanzó por el sur del relieve plano y calcáreo de la península de Yucatán, e ingresó a la Sonda de Campeche. En este recorrido precipitaron 120 mm.

El día 22 “Dean” continuó su trayectoria por aguas cálidas del Golfo de México y mantuvo su intensidad de huracán categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, perfilándose sobre el suroeste de la barra de Tecolutla, Ver., donde impactó y perdió fuerza sobre las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. Este día frente a la costa veracruzana precipitaron 200 mm, cabe señalar que toda la entidad de Veracruz presentó lluvias heterogéneas y también los estados de Puebla, Tlaxcala, Querétaro., Guanajuato., Hgo, S.LP, escasamente en el D.F y norte del Edo. de México, recibieron los efectos pluviales por el fenómeno.

Introducción

La República Mexicana está rodeada por dos extensos litorales, por el levante se localiza la cuenca del Océano Atlántico Norte y sus aguas ingresan a través del Mar Caribe y Golfo de México. En la línea costanera de estos dos espacios marítimos, se ubican seis entidades que son: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En el occidente el Océano Pacífico Nororiental interactúa con once entidades con litoral. Cada cuenca reúne características geográficas distintas. (Figura 1).

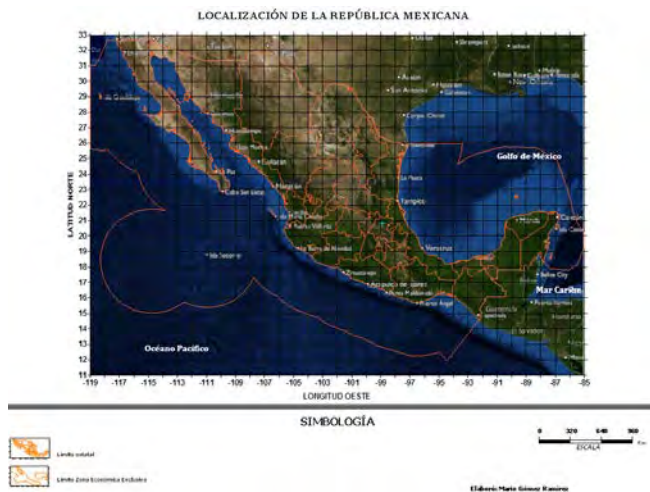
La climatología marina establece que en ambas cuencas finales de la primavera hasta parte del otoño, son susceptibles a formarse ciclones tropicales por la temperatura superficial que llega a concentra el agua marina. Si el caldeoamiento del agua oceánica alcanza 27 °C, es probable que se geste un ciclón tropical en interacción con las condiciones atmosféricas prevaletientes.

Los ciclones tropicales se caracterizan por la intensidad que alcanza su fuerza eólica, así como por la cantidad de humedad que le aporta a la



atmósfera, la cual al condensarse produce precipitaciones de diferente intensidad. El fenómeno marino durante el desenlace de su trayectoria por el océano, produce lluvias. Generalmente, cuando se acerca al litoral o penetra en tierra, propicia precipitaciones. Otras veces, a pesar de estar distante de la costa, debido a la intensidad de sus vientos, las bandas nubosas pueden alcanzar la parte continental.

Figura 1. Se muestra la localización de la República Mexicana, los litorales que la rodean y su Zona Económica Exclusiva.



No es muy común contar con información de una variable como es la precipitación, que propicia la trayectoria que desarrolla un ciclón tropical en el medio marino. El llevar a cabo mediciones este tipo, es difícil. Lo complicado tiene relación con la falta de una red monitoreo, equipo, presupuesto, así como carencia de especialistas en la materia. Realizar este tipo de mediciones, contar con información y conocer la cantidad de precipitación, es de suma importancia para conocer la dinámica en el medio marítimo, entender la influencia en la variabilidad climática y comportamiento en la circulación atmosférica, entre otras.

La tecnología satelital actual, permite obtener información sobre las precipitaciones que produce un ciclón tropical durante su trayectoria, como es la herramienta que proporciona la Administración

Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), la cual se empleó en esta investigación, al retomar los productos del GES DISC Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, disponible en Internet.

Los ciclones tropicales nombrado como tipo “Cabo Verde”, no impactan con frecuencia al territorio nacional. El huracán “Allen” en el año de 1980, se consideró como de este tipo, debido a que se formó en el océano Atlántico Norte en las coordenadas de 11° latitud norte y 30° longitud oeste, pero impacto en el estado de Coahuila, al entrar por el sur de los E.U.A y cruzar el río Bravo. En cambio, el huracán “Dean” en el 2007, sí tuvo las características propias de un “Cabo Verde”, en principio se gestó en las coordenadas de 12.0° latitud norte y 28.9° longitud oeste y tocó tierra en la costa de Quintana Roo, atravesó la península de Yucatán hasta salir al golfo de México y entró a la parte continental por segunda vez en el litoral veracruzano, como a continuación se describe su trayectoria.

Trayectoria del huracán “Dean”

El ciclón tropical “Dean” se formó “próximo a la finalización del verano e inicio del otoño del año 2007, una onda tropical proveniente de la parte cálida y continental del norte de África, es decir del desierto del Sahara, incursionó a las aguas del Atlántico Norte el 11 de agosto, se organizó como baja presión y evolucionó rápidamente para formar la cuarta depresión tropical (DT-4) de la temporada a 835 kilómetros al oeste-suroeste de Praia en las Islas Cabo Verde en las coordenadas de 12.2° de latitud norte y 28.9° de longitud oeste, vientos de 55 km/h y una presión central de 1006 milibares, así como un avance al occidente de 33 km/h el 13 de agosto por la mañana del mismo año”. (Gómez, 2009). (Figura 2).

El día siguiente “a las 12 Z, la depresión tropical 4 se intensificó a tormenta tropical designándole el nombre de “Dean” al localizarse en 11.8° de latitud norte y 38.3° de longitud oeste, vientos máximos sostenidos de 65 km/h, una presión central de 1004 milibares, así como un avance al poniente de 37 km/h. Al día siguiente, continuó su trayectoria al poniente sobre aguas del Océano Atlántico, asimismo cada vez más incremento la intensidad de los vientos y en respuesta, se observó una



disminución de la presión central”. (Gómez, 2009). (Figura 2).

El huracán “Dean” al continuar su trayectoria por la mañana del día 16 “evolucionó a huracán categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson al localizarse en 13.2° de latitud norte y 51.3° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 130 km/h y una presión mínima de 984 milibares”. (Gómez, 2009).

En las siguientes 24 horas, “volvió a incrementar su intensidad y alcanzó la categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson al transitar por las Islas del Barlovento al pasar entre Martinica y Santa Lucía e incursionar a las aguas del Mar de las Antillas en 14.4° de latitud norte y 61.7° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 167 km/h, una presión mínima de 967 milibares.

Durante el transcurso del día siguió su trayectoria por el Mar Caribe, asimismo, incremento su fuerza a categoría 3 al medio día en las coordenadas de 14.8° de latitud norte y 63.5° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 204 km/h y una presión mínima de 961 milibares y por la tarde llegó a la categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson al desplazarse en las aguas caribeñas y encontrarse al suroeste de la Isla Aves territorio venezolano en 14.9° de latitud norte y 65.1° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 232 km/h y descender la presión central a 944 milibares”. (Gómez, 2009).

La evolución “Dean” continuó el día 18 por la mañana al localizarse en el mar de Las Antillas y adquirir “mayor intensidad al ascender a la categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson. Se localizó al sur de Puerto Rico y Santo Domingo entre 15° y 15.4° de latitud norte y 66.6° y 68° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 269 km/h y una presión mínima de 929 y 923 milibares respectivamente. Avanzó al poniente y al medio día comenzó a disminuir su intensidad y pasó a la categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson al situarse en 15.9° de latitud norte y 69.5° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 241 km/h

y una presión mínima de 930 milibares. Durante el día 19 recorrió por el sur de Haití y por la tarde se desplazó muy cerca de la costa meridional de Jamaica”. (Gómez, 2009). (Figura 2).

El huracán “Dean” en el noveno día se mantuvo en la “categoría 4 con ligera variación en la intensidad de sus vientos, así como la trayectoria al noroeste y cada vez más acercándose a la costa oriental de Quintana Roo; pero por la tarde, nuevamente volvió a fortalecerse hasta alcanzar la categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson en las coordenadas de 18.2° de latitud norte y 85.1° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 268 km/h y una presión mínima de 914 milibares. Al localizarse muy cerca del litoral caribeño del estado quintanarroense incrementó más la intensidad de sus vientos al encontrarse en 18.6° de latitud norte y 86.9° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 278 km/h y una presión mínima de 907 milibares y mantuvo su curso”. (Gómez, 2009). (Figura 2).

El ojo del huracán “Dean” el día 21 alcanzó la línea costanera caribeña de Quintana Roo a las 2.30 A.M al impactar “cerca de la población de Majahual al localizarse en 18.7° de latitud norte y 87.7° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 278 km/h, rachas de 315 km/h y registró una presión mínima de 905 milibares.

En la parte continental continuó su trayectoria por el sur del relieve plano y calcáreo de la Península de Yucatán, además, registró una disminución de la fuerza de sus vientos al bajar a categoría 3 con rumbo al estado de Campeche en 18.9° de latitud norte y 88.7° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 204 km/h y una presión mínima de 935 milibares.

Por la tarde del mismo día, al pasar por la costa campechana, ingresó a la Sonda de Campeche al transitar en 19.7° de latitud norte y 92.2° de longitud oeste, con vientos máximos sostenidos de 120 km/h y registrar una presión mínima de 979 milibares y seguir un rumbo al oeste-noroeste”. (Gómez, 2009).



Figura 2. Se muestra el origen del huracán “Dean” en las cercanías de las islas Cabo Verde en el Océano Atlántico Norte y la trayectoria que desarrolló hasta en tierra en dos ocasiones en la República Mexicana.

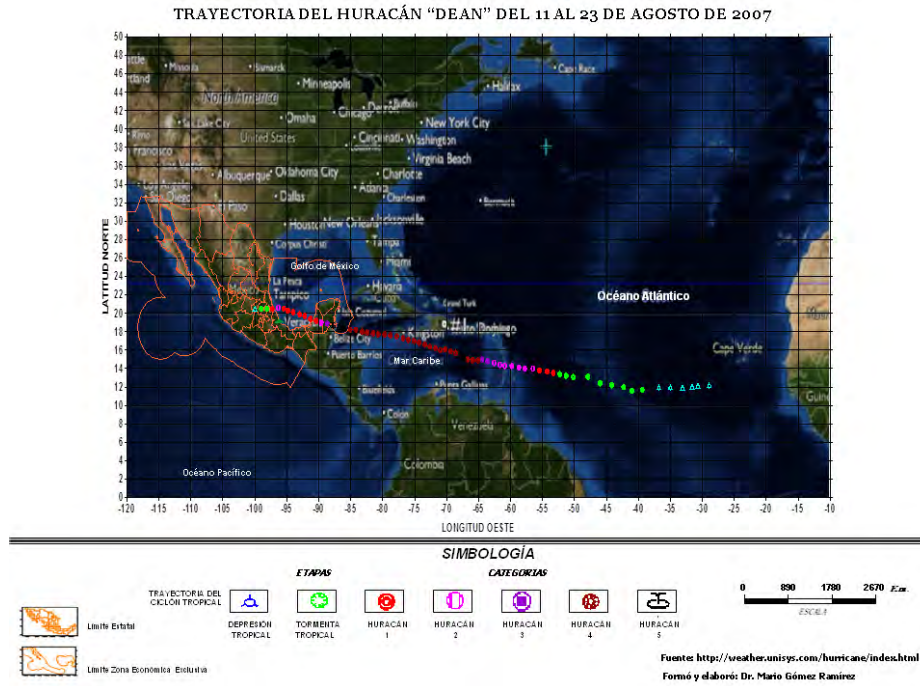
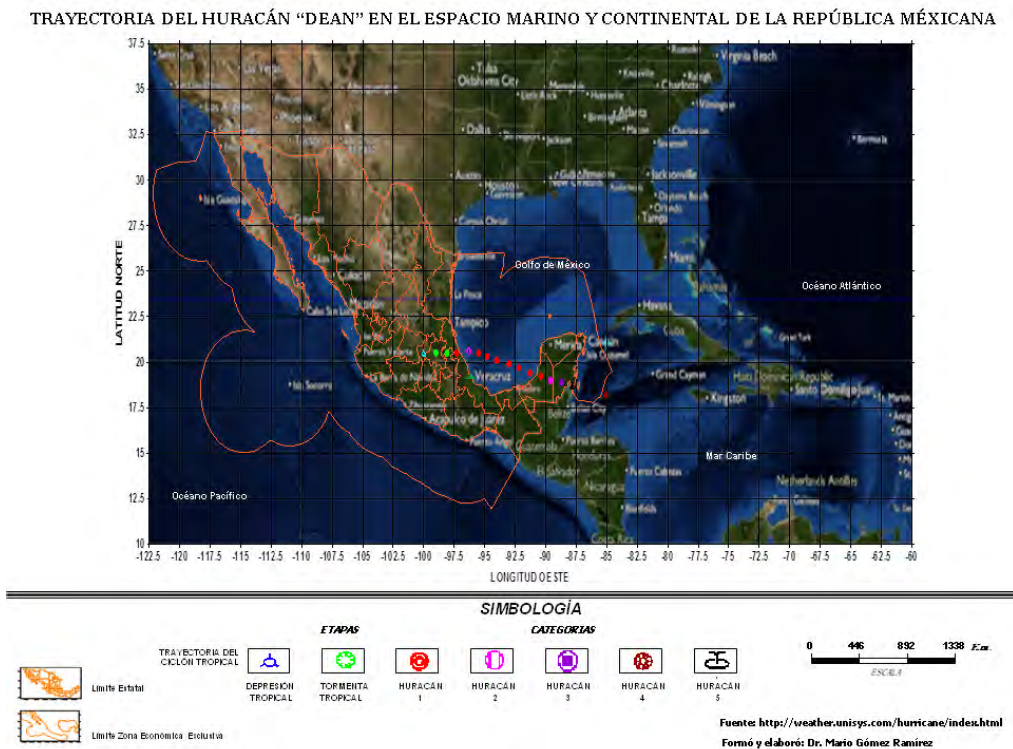


Figura 3. Se muestra la trayectoria del huracán “Dean” al entrar al mar Caribe mexicano, Península de Yucatán, Golfo de México y el recorrido nuevamente por la parte continental.





Al día siguiente, el fenómeno marino “continuó su trayectoria por aguas cálidas del Golfo de México y mantuvo su intensidad de huracán categoría 1 en la escala de Saffir-Simpson. A las 16.30Z avanzó hacia el litoral oriental de la República Mexicana y por segunda vez impactó, en esta ocasión sobre el suroeste de la barra de Tecolutla en la costa del norte de Veracruz al localizarse en 20.5° de latitud norte y 97° de longitud oeste como huracán categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson con vientos máximos sostenidos de 158 km/h, rachas de 195 km/h y presión central de 974 milibares”. (Gómez, 2009). (Figura 2-3).

En tierra al sur de Tuxpan “Dean” mermó su intensidad a huracán categoría 1 en la escala Saffir-Simpson al encontrarse en 20.5° de latitud norte y 97.3° de longitud oeste, continuó su trayectoria hasta ascender por las estribaciones de la Sierra Madre Oriental al norte del estado de Puebla y perdió fuerza al localizarse en 20.5° de latitud norte y 98.1° de longitud oeste como tormenta tropical. Pasó por la parte central del estado de Hidalgo con la misma intensidad en 20.5° de latitud norte y 99.0° de longitud oeste hasta que finalmente llegó a la parte sur de la entidad queretana como depresión tropical 20.5° de latitud norte y 100° de longitud oeste y finalmente disiparse. (Figura 2-3).

Metodología

En este trabajo se utilizó el análisis e interpretación de la cartografía diaria de la variable precipitación, obtenidos de la herramienta de análisis de huracanes de (GODDARD) Datos de Ciencias de la Tierra y Centro de Información (GESDISC), de la NASA, así como datos de Unisys Weather Hurricane y National Hurricane Center, NOAA disponibles en internet. Además, se utilizó el paquete Surfer para el trabajo cartográfico.

Resultados

Avanzada la tarde del día 20 de agosto de 2007 el huracán “Dean” 18.4° latitud norte y 86° longitud oeste entró a la Zona Económica Exclusiva del mar Caribe mexicano con categoría 5 en escala de Saffir-Simpson y propició 120 mm de lluvia. En las primeras 2.30 hrs de la mañana del día 21 impactó en el litoral de Quintana Roo con categoría 5, sin embargo, la lluvia en la mayor parte del litoral quintanarroense fue de 60 a 70 mm.

Figura 4. Se muestra la distribución de la precipitación que produjo el huracán “Dean” durante su trayectoria el día 21 de agosto de 2007 al entrar al mar Caribe mexicano, avanzar por el centro-sur de la Península de Yucatán, sonda de Campeche y Golfo de México.

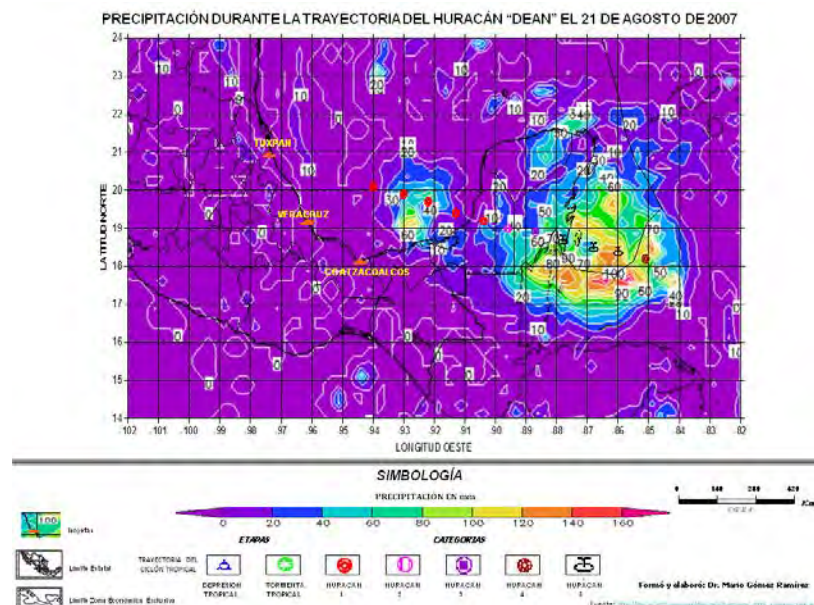




Figura 5. Se muestra la distribución de la precipitación que produjo el huracán “Dean” durante su trayectoria el día 22 de agosto de 2007 al seguir por el golfo de México, impactar en el norte del estado de Veracruz y seguir hacia los estados de Puebla, Hidalgo y Querétaro donde se disipó.

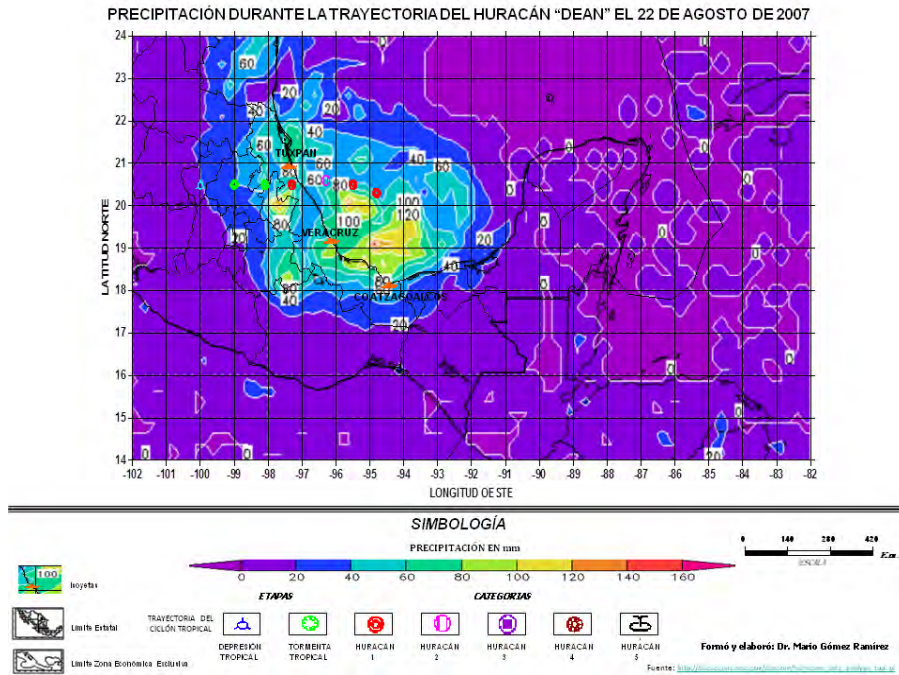
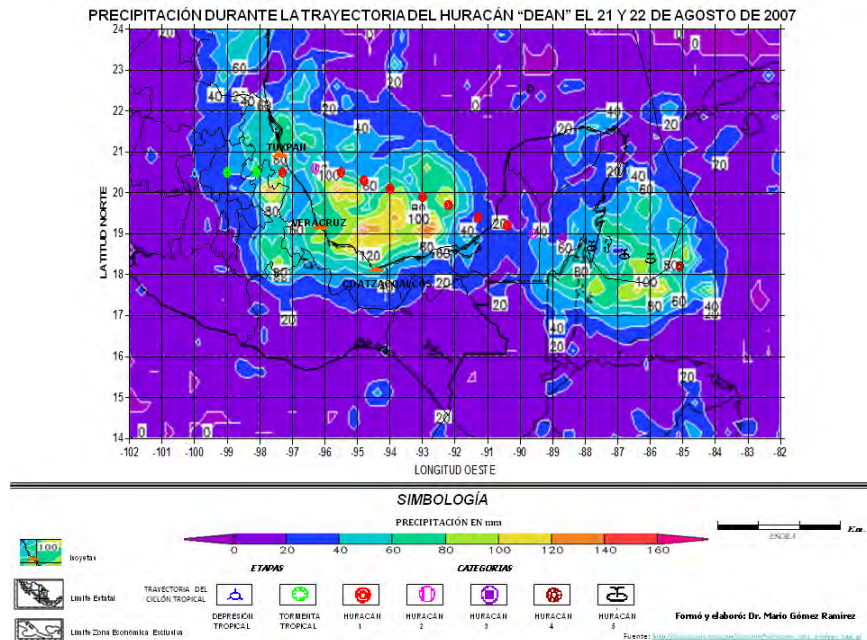


Figura 6. Se muestra la distribución de la precipitación que produjo el huracán “Dean” durante su trayectoria los días 21 y 22 de agosto de 2007, al seguir por el Golfo de México, impactar en el norte del estado de Veracruz y seguir hacia los estados de Puebla, Hidalgo y Querétaro donde se disipó. La mayor cantidad de lluvia, tuvo lugar en el Golfo de México.





A medida que recorrió por el centro-sur de la península de Yucatán la lluvia osciló entre 40 a 60 mm. Al salir a la sonda de Campeche, menguó la cantidad pluvial y en las coordenadas de 19 latitud norte y 93 de longitud oeste en el golfo de México el aporte precipitado fue 100 mm como categoría 1. (Figura 4)

El día 22 “Dean” continuó su trayectoria por aguas cálidas del golfo de México como huracán categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, para perfilarse a la costa norte veracruzana donde impactó, siguió hacia las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y la rebasó; pasó por el norte de Puebla, centro de Hidalgo y se disipó en el sur de Querétaro. Este día se produjo en el Golfo de México la mayor precipitación puntualmente con 200 mm en 19° latitud norte y 95° longitud oeste y en el norte de Puebla. (Figuras 5-6).

La distribución de la precipitación en menor cantidad, cubrió en una mayor amplitud el golfo de México, así como en estados como Puebla, Tlaxcala, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas y parte de Tabasco. (Figuras 5-6).

Conclusiones

En esta investigación se logró identificar y conocer la distribución, así como la cantidad de lluvia que precipitó durante la trayectoria del huracán “Dean” entre la parte marina del mar Caribe mexicano, golfo de México y la parte continental del país.

Las herramientas satelitales de huracanes empleada, son una gran ayuda para el análisis de la lluvia que producen los ciclones tropicales.

El fenómeno marino “Dean” como un ciclón tropical tipo Cabo Verde, impactó la República Mexicana y la humedad que suministró a la atmósfera, propició lluvias durante su trayectoria en el entorno marino como continental.

Fuentes de consulta

1. Franklin, J.L. (2008). Tropical Cyclone Report Hurricane Dean (AL042007) 13-23

- August 2007. National Hurricane Center. Recuperado el 12 de julio de 2012, de http://www.nhc.noaa.gov/ms-word/TCRAL042007_Dean.doc
2. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GESDISC), NASA. Recuperado el 22 de julio de 2012, de http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/hurricane_data_analysis_tool.pl
3. Gómez, R.M. (1999). Distribución de niveles de marea, salinidad y temperatura superficial del agua de mar, de acuerdo con las estaciones mareográficas de México, tesis de doctorado, México, Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado de Geografía, UNAM, 798.
4. Gómez, R.M. (2006). Trayectorias históricas de los ciclones tropicales que impactaron el estado de Veracruz de 1930 al 2005. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Vol. X, No. 218, (15). Recuperado el 22 de julio de 2012, de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-15.htm>
5. Gómez, R.M. (2007). Los ciclones tropicales un riesgo para el turismo en Quintana Roo. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, No. 8. Recuperado el 11 de septiembre de 2012, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/mgrciclones.htm>
6. Gómez, R.M. (2008). Variación de la temperatura del agua marina que propició la trayectoria del huracán “Dean” sobre el Golfo de México en 2007. *GEOS* (en línea), Vol. 28, No. 2, 91, Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de http://www.ugm.org.mx/pdf/geos08-2/sesiones_regulares/CCA.pdf
7. Gómez, R.M. (2009). El huracán “Dean” fue un típico Cabo Verde, que impactó al estado de Veracruz en México en 2007. *Memorias. III Congreso Internacional de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades*, 658-668. Recuperado el 12 de junio de 2012, de <http://www.uv.mx/congresoamcath/documentos/MemoriasProceedings02Jun09.pdf>
8. Gómez, R.M. (2009). Comportamiento de la temperatura superficial del mar y presión atmosférica registrada por la boya marina cuenca de Yucatán al paso del huracán “Dean” en el 2007. *Memorias. Congreso Internacional de Investigación de Academia Journals.com* 2009, 2-8. Recuperado el 10 de junio de 2012, de



<http://congreso.academiajournals.com/downloads/Vol%20VII%20Ciencias%20y%20Matematicas.pdf>

9. Gómez, R.M y Álvarez, K.E. (2005).Ciclones tropicales que se formaron al este de las Antillas Menores e impactaron los estados costeros del litoral oriental de México de 1900 al 2003. *Revista Geográfica*, No. 137, 57-80.
10. Gómez R.M y Álvarez, K.E. (2011). Curioso origen y trayectoria errática del huracán “Olivia” por el territorio chiapaneco y Pacífico sur mexicano en 1978. *Memorias. Congreso. AcademiaJournals.com Chiapas 2011*, Vol. 3, No. 2, 7-9. Recuperado el 10 de junio de 2012, de <http://chiapas.academiajournals.com/downloads/11CH301-400%20Congreso%20AcademiaJournals%20Chiapas%202011%20301-400.pdf>
11. National Weather Service Weather Forecast Office. Tampa Bay Area, FL. NOAA. Recuperado el 8 de junio de 2012, de <http://www.srh.noaa.gov/tbw/?n=spanishtampabaytropicalweather>
12. National Weather Service. National Hurricane Center, NOAA. Recuperado el 18 de junio de 2012, de <http://www.nhc.noaa.gov/aboutgloss.shtml>
13. National Weather Service. National Hurricane Center, NOAA. Recuperado el 14 de junio de 2012, de <http://www.nhc.noaa.gov/index.shtml>
14. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Hurricane Center, NOAA. Recuperado el 15 de junio de 2012, de <http://www.nhc.noaa.gov/pastall.shtml>
15. Unisys Weather Hurricane. Recuperado el 12 de junio de 2012, de <http://weather.unisys.com/hurricane/atlantic/index.html>

Propuesta de temáticas que deben de estudiarse.
Temperatura de la superficie del mar

Clorofila

Ciclones tropicales



Aplicación del proceso analítico jerárquico en la gestión del agua en la subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí

González Turrubiates, J.G.; González Turrubiantes, D.M.E.; Rodríguez Gómez, A.; Haces Zorrilla, M.A.

Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

E-mails: jggonzal@uat.edu.mx; dgonzale@uat.edu.mx; arodrigo@uat.edu.mx; mhaces@uat.edu.mx

Resumen

La aplicación de la herramienta matemática denominada Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) al caso del Programa de Gestión del Agua en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí, surge de la necesidad para integrar y jerarquizar los programas de trabajo y proyectos identificados por el Grupo Especializado de Trabajo del Sistema Lagunario del Río Tamesí (GET-SLRT), en el año 2004, con las acciones y proyectos específicos de la Agenda 2030 de la Comisión Nacional del Agua. Se identificaron seis ejes rectores de gestión y una lista de dieciocho estudios y proyectos a desarrollar en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí para integrar la jerarquía que posteriormente se analizó mediante la aplicación del PAJ a través del programa *ExpertChoice*. Asimismo, como parte integral de este análisis se llevó a cabo un análisis de sensibilidad relacionado con los seis ejes rectores. Finalmente, para alcanzar el desarrollo de los proyectos se requiere de la participación y acción coordinada de los tres niveles de gobierno, de los usuarios de agua, de los principales actores económicos que operan dentro de la cuenca y de la sociedad civil en general.

Palabras clave: Proceso Analítico Jerárquico, Agenda 2030, Subcuenca Guayalejo-Tamesí

Introducción

El manejo de los recursos hídricos en México es una de las problemáticas que le está produciendo año tras año costos elevados a la economía nacional. Las regiones más ricas y mayormente activas económicamente se encuentran en las regiones áridas del noroeste y centro del país, generando el 85% del producto interno bruto y agrupando el 77% de la población total de México, mientras que las regiones más pobres se encuentran en el sur, donde se tienen abundantes recursos hídricos. Las aguas superficiales y subterráneas están sobreexplotadas y contaminadas, lo que produce una insuficiente

disponibilidad de agua para apoyar el desarrollo económico y para la sostenibilidad medioambiental

En este contexto, el manejo de los recursos hídricos en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí no es la excepción.

De acuerdo a las estimaciones de recargas y extracciones y de precipitaciones y escurrimientos, en la cuenca existe disponibilidad en cada periodo anual, sin embargo, su distribución en el tiempo y en el espacio es irregular dando lugar a zonas con distintos grados de escasez, sobre todo en épocas de estiaje. Asimismo, la disponibilidad de aguas subterráneas es muy limitada, circunstancia que se agrava por la sobreexplotación de los acuíferos más importantes. La alta incidencia ciclónica que caracteriza a este territorio es la causa de severas inundaciones, la gran dispersión poblacional en contraste con la concentración de la población en algunas regiones de la cuenca, los altos índices de marginación y comunidades indígenas que requieren especial dedicación, el rezago de los servicios acentuado en el medio rural, entre otros problemas, son un reto para cumplir con la premisa de que los recursos hidráulicos deben contribuir al bienestar social.

Por otra parte, se tiene la amenaza adicional del cambio climático a la seguridad hídrica. Situación global que ya está afectando los recursos hídricos. A este respecto, Bates *et al* (2008), registran que los cambios en los patrones de precipitación e intensidad de la misma, así como los cambios en la humedad del suelo y en los procesos de escurrimientos, se encuentran relacionados al calentamiento global. Durante las últimas décadas del siglo XX la precipitación ha disminuido en regiones de latitudes medias, y ha aumentado en regiones de latitudes altas y sobre todo en el hemisferio norte (Gay, 2000; Arnellet *al*, 2001; Trenberth *et al*, 2003).



La problemática anterior en manejo de los recursos hídricos exige soluciones integrales planeadas y consensadas que obtengan la participación de todos los actores involucrados: autoridades -de los tres órdenes de gobierno-, de los usuarios y de la sociedad en su totalidad.

Finalmente, es en el manejo, la organización y la prioridad de las soluciones aplicables a la anterior problemática donde precisamente este trabajo de investigación pretende aportar algunos criterios, considerando para su desarrollo la participación de los principales actores a esta dinámica en particular.

Marco Conceptual

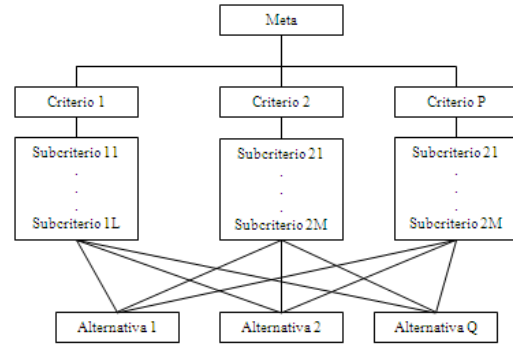
La Toma de Decisiones Multicriterio (MultiCriteriaDecisionMaking, MCDM) es un conjunto de técnicas que ayudan a enfrentar problemas de toma de decisiones complejas. Entre las técnicas más utilizadas están: el Proceso Analítico Jerárquico (AnalyticHierarchyProcess, AHP), Fuzzy AHP, TOPSIS (TechniqueforOrderPreferencebySimilarityto Ideal Solution), la familia de métodos ELECTRE (Elimination et choix traduisant la réalité) y PROMÉTHÉE (Preference Ranking Organisation Methods for Enrichment), estos últimos conocidos como métodos de sobreclasificación (outranking), (Triantaphyllou, 2000; Figueira et al, 2005, Doumpos&Zopounidis, 2002). Asimismo, Gilliams et al, (2005), desarrollan un modelo para decidir donde, cuando y como reforestar, llevando a la construcción de un sistema de información geográfica, para ello compararon tres métodos el AHP, el ELECTRE III y el PROMETHEE II, en el concluyen que los métodos PROMETHEE II Y EL AHP dan resultados muy aproximados. Noble (2004) desarrollo un modelo para suministrar energía eléctrica a provincias separadas entre sí significativamente, donde los factores medioambientales definen la investigación energética y el desarrollo de políticas en la materia, en Canadá, el modelo hace hincapié en el aumento de energía renovable, la diversidad de la electricidad y mejorar la tecnología que utiliza combustibles fósiles.

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) desarrollado por T. L. Saaty y Vargas (1994) tiene como finalidad resolver problemas complejos de toma de decisiones multicriterio. El PAJ requiere que el tomador de decisiones provea juicios de importancia

relativa de cada criterio para después especificar una preferencia relativa de cada alternativa de decisión usando cada criterio. El resultado de AHP es una clasificación ordenada de prioridades de las alternativas de decisión, basadas en las preferencias globales expresadas por el tomador de decisiones.

Figura 1. Representación gráfica de un modelo PAJ.



La metodología del PAJ se puede explicar en los siguientes pasos (Saaty, 1994; Saaty & Vargas, 1994; Bhushan & Rai, 2004).

Paso 1: El desarrollo del modelo comienza con elaboración de una representación gráfica en función de la meta global, a continuación se especifican los criterios usados y las alternativas a evaluar, como se presenta en la Figura 1.

Paso 2: Se establece la importancia relativa de cada criterio, mediante la comparación por pares de cada criterio, para ello Saaty (1994) desarrollo una escala fundamental para las comparaciones por pares, dicha escala se define y explica mediante los valores asignados del 1 al 9. Esta escala se reproduce en la Tabla 1.

Paso 3: Las comparaciones por pares de los diversos criterios generados en el paso 2 se organizan en una matriz cuadrada, denominada comúnmente como matriz de comparación por pares, como se presenta en la Tabla 2. Los elementos diagonales de la matriz son 1. El criterio en la fila i es mejor que la columna j es mejor que la fila i . Los (j, i) elementos de la matriz es la inversa del elemento (i, j) .

Paso 4: El valor propio y el vector propio normalizado de la matriz de comparación por pares



da la importancia relativa de la comparación por pares de los diversos criterios que se comparan. Los elementos del vector propio normalizado se denominan pesos con respecto a los criterios o subcriterios y definen su calificación con respecto a las alternativas.

Tabla 1. Escala fundamental para comparaciones por pares.

Escala Nominal	Valor Numérico
Igual	1
Marginalmente fuerte	3
Fuerte	5
Muy fuerte	7
Extremadamente fuerte	9
Los valores intermedios reflejan las entradas borrosas	2, 4, 6, 8
Refleja el predominio de la segunda alternativa con respecto a la primera.	Recíprocos

Fuente: Saaty, 1994.

Tabla 2. Matriz de comparación por pares genérica.

	C1	C2	C3
C1	1		
C2		1	
C3			1

Fuente: Saaty, 1994.

Paso 5: La consistencia de la matriz de orden n es evaluada. Las comparaciones realizadas por este método son subjetivas, y el PAJ, tolera algo de contradicción a través de la cantidad de redundancia en el enfoque. Si el índice de consistencia no llega a un nivel adecuado en las comparaciones, las respuestas se deben reexaminar. El índice de consistencia, IC, se calcula como:

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

donde $\lambda_{m\acute{a}x}$ es el máximo valor propio de la matriz de evaluación por pares. Este IC se puede comparar con la de la matriz aleatoria, IR. La relación IC/IR, se denomina la razón de consistencia, RC.T. L. Saaty (1994) sugiere el valor de RC debe ser menor a 0.10. En la Tabla 3 se presentan los valores del IR (Saaty & Vargas, 1994).

Si no es inferior a 0.10, se revisan los juicios hasta reducir el IC. Una consistencia del 10 por ciento o menos implica que el ajuste es pequeño en comparación con los valores reales de las entradas del vector propio (Saaty, 1994). Este paso se repite con cada matriz de comparación por pares, respecto a cada criterio y alternativa.

Tabla 3. Índice promedio de consistencia aleatorio (IR)

N	Índice de consistencia aleatorio
3	0.52
4	0.89
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.40
9	1.45
10	1.49

Fuente: Saaty, 1994.

Paso 6: Después de evaluar las matrices de comparación por pares para cada criterio, se calculan los pesos locales. Por último se realiza la síntesis respecto a la meta, obteniendo así los pesos globales, con ellos clasificamos las alternativas en orden de prioridad.

Métodos y Materiales

La aplicación de la herramienta matemática denominada Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) al caso del Programa de Gestión del Agua de la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí, surgió como una necesidad para complementar los resultados obtenidos de los trabajos realizados en el Grupo Especializado de Trabajo del Sistema Lagunario del Río Tamesí (GET-SLRT) en Tampico Tamaulipas, en el año 2004 (CONAGUA, 2004).

Aplicaciones anteriores del PAJ a este tipo de procesos de planeación integral del recurso hidráulico se han dado. En un primer caso, la aplicación del PAJ permitió jerarquizar en forma eficiente y consensuada los resultados que se obtuvieron de la aplicación del Método ZOPP en aquella región, para establecer el manejo sustentable de los recursos hidráulicos del SLRT. En un segundo caso, febrero 2007, se aplicó al caso COTAS Huichapan-Tecozautla-Nopala permitiendo nuevamente la jerarquización de programas específicos, líneas de acción asociadas a cada programa específico, y proyectos vinculados a cada línea de acción, que en conjunto contribuyen a lograr el manejo sustentable del acuífero en



cuestión (González et al, 2007). Y en un tercer caso, al Manejo Sustentable del Acuífero Río Verde en el Estado de San Luis Potosí, donde se jerarquizaron 75 proyectos identificados para lograr el objetivo global del manejo sustentable del acuífero de Río Verde (González et al, 2007).

Los buenos resultados de estos tres casos son antecedentes para que el Consejo de Cuenca del Río Pánuco y la Gerencia Operativa del Consejo de Cuenca del Río Pánuco de la Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas, se mostraran interesados en replicar la experiencia de aplicar el PAJ a su proceso de planeación.

El presente trabajo de investigación muestra el proceso de aplicación del PAJ que ahora se hace al Programa de Gestión del Agua del Río Guayalejo-Tamesí. El objetivo general de esta investigación fue construir un modelo de PAJ para seleccionar los proyectos de mayor importancia y prioridad para el Programa de Gestión del Agua en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí. Teniendo como objetivos particulares:

- La construcción de la red jerárquica de los proyectos donde se identifican los criterios relacionados para la selección de proyectos para el Programa de Gestión del Agua de la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí.
- La agrupación de los proyectos en grupos de áreas similares.
- El análisis del modelo construido mediante el uso del software ExpertChoice.

Como se mencionó anteriormente, la aplicación del PAJ al caso del Programa de Gestión del Agua del Río Guayalejo-Tamesí se basa en los resultados obtenidos de la aplicación del mismo al GET-SLRT) en Tampico Tamaulipas, en el año 2004 (CONAGUA, 2004) en donde se establecieron cinco programas de trabajo a realizar, y se identificaron 47 proyectos específicos a desarrollar. Los cinco programas de trabajo fueron:

- Saneamiento del Sistema Lagunario del Río Tamesí
- Rehabilitación y conservación de infraestructura hidráulica
- Coordinación interinstitucional real
- Uso eficiente del agua

- Manejo ambiental del Sistema Lagunario del Río Tamesí

Por otra parte, en la integración de la Agenda del Agua 2030 que la CONAGUA (2011) estableció recientemente, se identificaron cinco ejes temáticos, los cuales son:

- Cuencas en equilibrio
- Ríos limpios
- Cobertura universal
- Asentamientos seguros contra inundaciones catastróficas
- Inversión y financiamiento

Revisando los proyectos específicos identificados por el GET-SLRT (2004) y las acciones y proyectos específicos identificados en la Agenda del Agua 2030 de la CONAGUA (2011), se presenta a continuación la lista preliminar de estudios y proyectos a desarrollar en la subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí que contribuirán a alcanzar los objetivos del GET-SLRT (2004) y de la Agenda del Agua 2030 de la CONAGUA (2011).

Para facilitar la aplicación del PAJ, se optó por tomar los proyectos específicos y los proyectos contenidos en la línea de acción de la Coordinación Institucional, obtenida GET-SLR (2004) para integrar la jerarquía que posteriormente se analizó mediante la aplicación del PAJ a través del programa *ExpertChoice*.

A cada programa específico de la Agenda 2030 y del GET-SLRT (2004) se le vinculó con diferentes proyectos, siendo éstos un total de 33 proyectos identificados y 9 líneas de acción para lograr el objetivo global del Programa de Gestión del Agua de la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí. Una vez identificados los proyectos específicos y las líneas de acción se procedió entonces a integrar una matriz de liga entre programas específicos y líneas de acción. Esta matriz posteriormente sirvió de base para desarrollar la jerarquía a analizar mediante el PAJ.

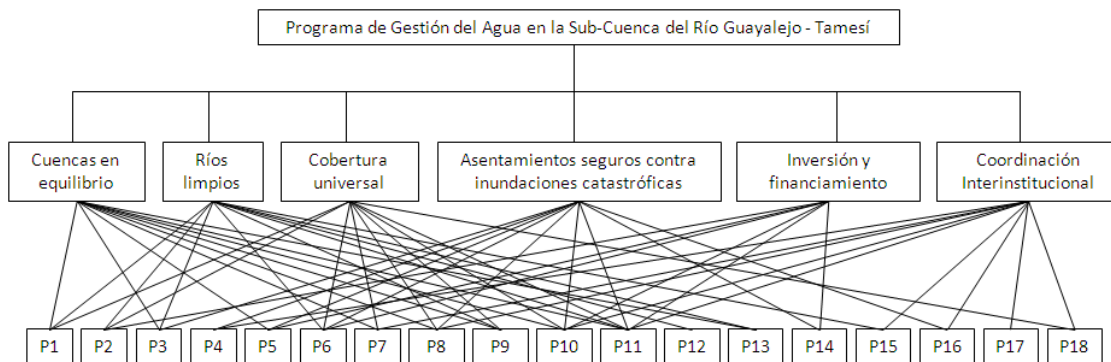
Es importante hacer notar que de los programas específicos de la Agenda 2030 surgieron 33 proyectos específicos, sin embargo, de la discusión consensada que se tuvo con los actores principales (miembros del Consejo de Cuenca y Académicos) se redujeron los proyectos específicos a 18, debido principalmente a que muchos de ellos tienen objetivos muy similares entre sí.



La Figura 2 muestra la jerarquía que se obtuvo de la matriz de liga mencionada anteriormente. Apareciéndose en ella, el objetivo global de este proceso de planeación alcanzar el Programa de Gestión del Agua de la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí. En el segundo nivel de esta jerarquía se observan los 6 programas específicos identificados en la Agenda 2030 y en el tercer nivel se muestran

los 18 proyectos agrupados e incorporados finalmente en el modelo del PAJ. Las líneas trazadas en esta jerarquía indican la vinculación que existe entre los programas específicos y los proyectos agrupados. Esta jerarquía fue la que posteriormente se incorporó al programa *ExpertChoice* para aplicación de la metodología de PAJ.

Figura 2. Jerarquía del Programa de Gestión de la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí



Resultados

De la aplicación del PAJ llevado a cabo los días 8, 13 y 14 de junio del año en curso, en el salón interactivo de la Nave Experimental de la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se obtuvieron los criterios de los miembros del Consejo de Cuenca y Académicos, vertidos en el modelo PAJ, ponderando las opiniones de los participantes, quedando el consenso para los diferentes programas específicos que se realizarán para alcanzar el objetivo común: Programa de Gestión del Agua de la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí, con la finalidad de alcanzar su óptima utilización.

Comparación por pares

De los seis programas específicos obtenidos de la Agenda 2030 y del GET-SLRT (2004): 1) cuencas en equilibrio, 2) ríos limpios, 3) cobertura universal, 4) asentamientos seguros contra inundaciones catastróficas, 5) inversión y financiamiento, y 6) coordinación interinstitucional. La ponderación obtenida para estos seis programas específicos fue la siguiente: el programa específico cinco tuvo un peso igual a 0.361 equivalente a 36.1%; el programa

específico seis tuvo un peso igual a 0.199 equivalente a 19.9%; el programa específico uno tuvo un peso igual a 0.185 equivalente a 18.5%; el programa específico dos tuvo un peso igual a 0.102 equivalente a 10.2%; el programa específico tres tuvo un peso igual a 0.098 equivalente a 9.8%; el programa específico cuatro tuvo un peso igual a 0.056 equivalente a 5.6%. Estos resultados se presentan en la Figura 3.

El significado de los porcentajes indicados expresa la importancia relativa de las acciones globales a desarrollar en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí, es decir, unas respecto de las otras.

Una manera de interpretar estos resultados es equiparar los esfuerzos de inversión para la realización de los seis programas específicos globales, es decir: para el programa específico uno, se aplicará el 18.5% de la inversión ejecutada durante los 18 años que dure el programa de gestión; para el programa específico dos, se aplicará el 10.2% de la inversión ejecutada durante los 18 años que dure el programa de gestión; para el programa específico tres, se aplicará el 9.8% de la inversión ejecutada durante los 18 años que dure



el programa de gestión; para el programa específico cuatro, se aplicará el 5.6% de la inversión ejecutada durante los 18 años que dure el programa de gestión; para el programa específico cinco, se aplicará el 36.1% de la inversión durante los 18

años que dure el programa de gestión, y finalmente para el programa específico seis, se aplicará el 19.9% de la inversión ejecutada durante los 18 años que dure el programa de gestión.

Figura 3. Resultados de la ponderación de los cinco programas específicos con respecto al objetivo global.

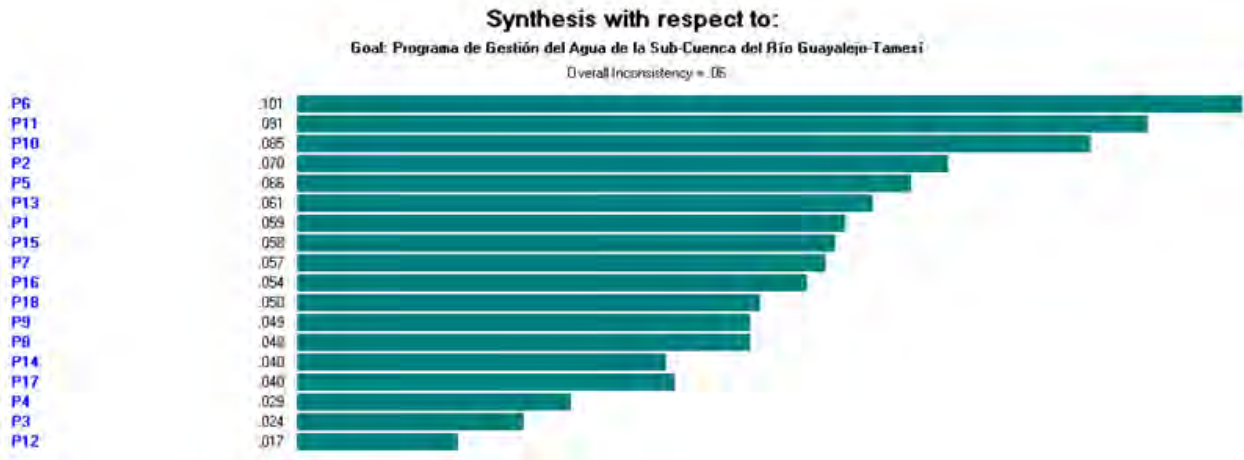
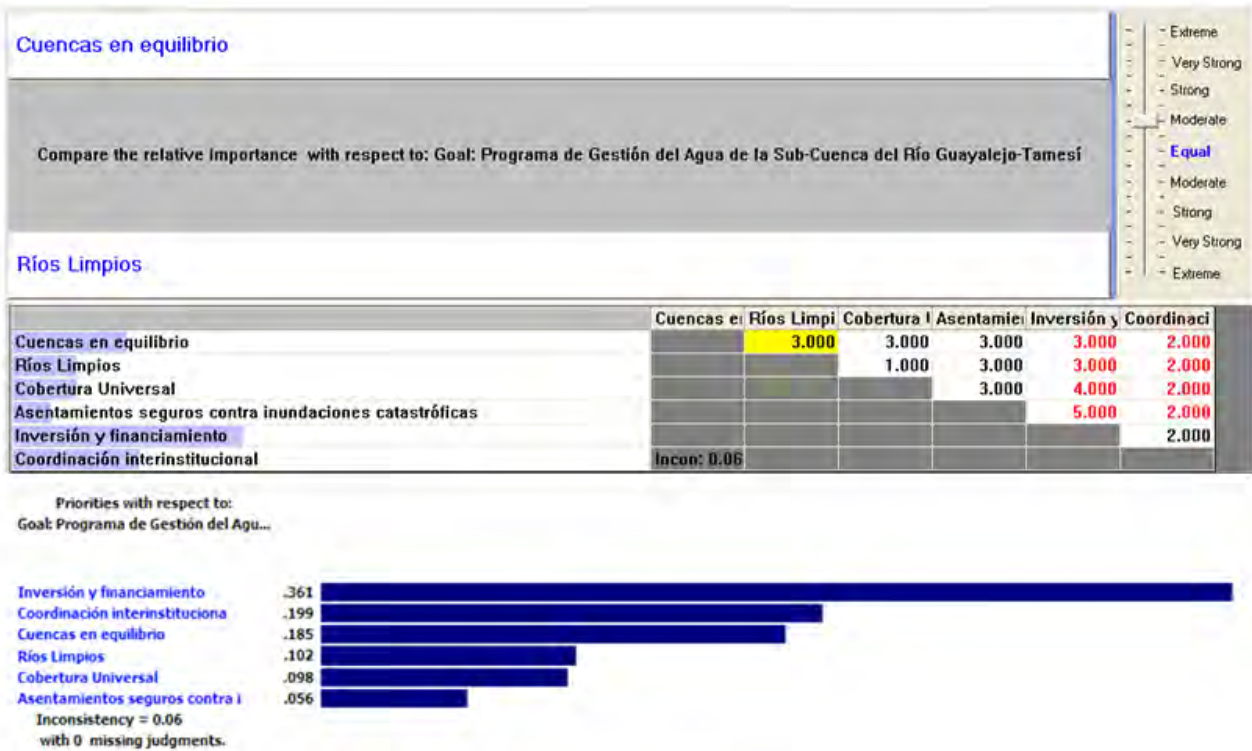


Figura 4. Resultados de la ponderación global de la jerarquía aplicada en el modelo del PAJ.





Una vez terminado el análisis de comparación por pares, se llevó a cabo la ponderación global, con la finalidad de jerarquizar los proyectos respecto a la meta global del Programa de Gestión del Agua del Río Guayalejo-Tamesí, los resultados generados por el programa *ExpertChoice*, se presentan en la Figura 4. De la que se puede extraer seis principales proyectos específicos en orden de prioridad:

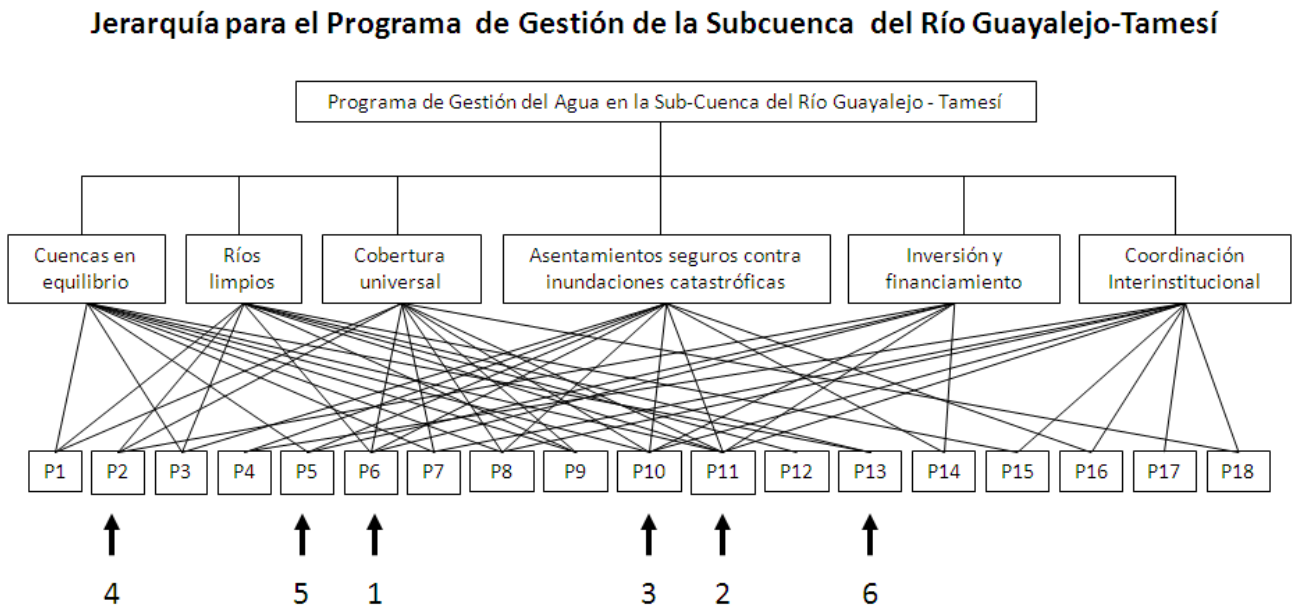
1. *Proyecto 6*. Integral de autonomía económica, financiera y de gestión, con un 10.1% de prioridad.
2. *Proyecto 11*. Diseño de estrategias y programas de participación pública para crear una conciencia ciudadana del uso eficiente y conservación de los recursos hídricos en la subcuenca del río Guayalejo-Tamesí, con un 9.1% de prioridad.
3. *Proyecto 10*. Revisión y validación del proyecto de la presa "Tamesí", con un 8.5% de prioridad global.
4. *Proyecto 2*. Proyecto integral de estudios de factibilidad técnica-económica de la subcuenca del río Guayalejo-Tamesí, con un 7.0%.

5. *Proyecto 5*. Proyecto integral de escurrimientos en la subcuenca del río Guayalejo-Tamesí, con un 6.6% de prioridad.
6. *Proyecto 13*. Estudio para la identificación y localización de todas las fuentes de contaminación, puntual y difusa, en toda la red de drenaje de la subcuenca del río Guayalejo-Tamesí, con un 6.1% de prioridad.

Cabe mencionar que estos pesos indican a la vez que los proyectos asociados a dichos proyectos específicos tienen la misma prioridad, es decir, los proyectos asociados al proyecto específico *Proyecto 6* Integral de autonomía económica, financiera y de gestión (P6) tienen la misma prioridad de 10.1%.

Este mismo criterio se aplicó a los restantes proyectos específicos ponderados. La Figura 5, muestra la jerarquía que identifica los seis principales proyectos, que ayudarán a lograr la meta de obtener un Programa de Gestión de la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí.

Figura 5. Resultado final de la jerarquización del modelo del Proceso Analítico Jerárquico.



Análisis de sensibilidad

Después de haber obtenido la síntesis global, se procedió a realizar el análisis de sensibilidad, que como señala Saaty (1997), se deben realizar

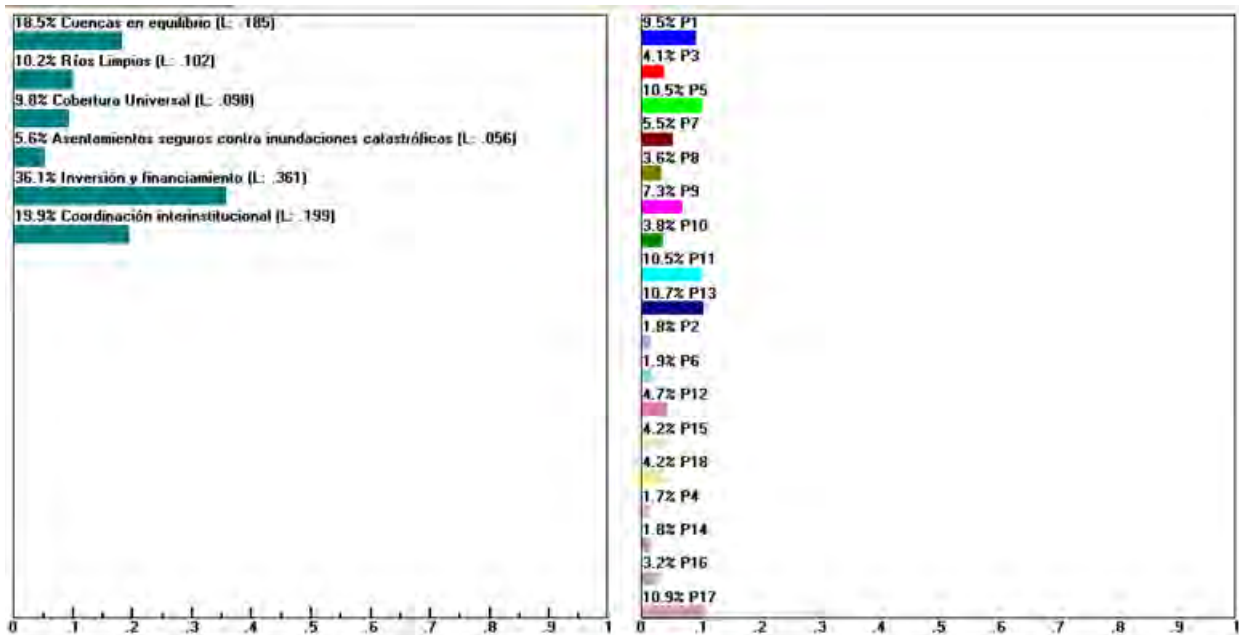
cambios en las prioridades de los criterios principales del modelo, y observar que cambios ocurren por el hecho de la variación en los criterios importantes. En nuestro caso se analizaron tres



cambios a cada una de las ponderaciones de los criterios del modelo desarrollado, comenzamos variando las ponderaciones del criterio: cuencas en equilibrio, ríos limpios, cobertura universal, asentamientos seguros contra inundaciones catastróficas, inversión y financiamiento, y coordinación interinstitucional. En la figura No. 11, se presenta la gráfica de sensibilidad dinámica, en el lado izquierdo se aprecian los criterios

jerarquizados y en el lado derecho los proyectos alternativos con su jerarquización global. Los resultados mostrados nos indican que es más importante la inversión y financiamiento con un 36.1%, la coordinación interinstitucional con 19%, cuencas en equilibrio con 18.5 %, ríos limpios con un 10.2%, cobertura universal con 9.8%, y con un 5.6% asentamientos seguros contra inundaciones catastróficas.

Figura 6. Análisis de sensibilidad dinámico



Conclusiones

Al revisar varios posibles escenarios, mediante el análisis de sensibilidad dinámica, se pudo observar que los cambios no modifican la mayoría de los resultados obtenidos originalmente, sólo en los casos en el que el criterio analizado se prefirió por sobre los demás, en esas situaciones se presenta algunas modificaciones en el orden jerárquico, sin embargo, los criterios principales como inversión y financiamiento y coordinación institucional, transitan del primer lugar al segundo, y del segundo al tercero. Por lo que, si se presentaran cambios en la forma de pensar de los involucrados en el problema, el orden jerárquico no cambiaría.

Fuentes de Consulta

1. Arnell, N.; R. Compagnucci; L. da Cunha; K. Hanaki; C. Howe; G. Mailu; I. Shiklomanov and E. Stakhiv (2001). Hydrology and Water

Resources In: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, K. S. White. Cambridge University Press, pp. 192-233.

2. Bates, B.C., Kundzewicz ; Z.W., S. y Palutikof, J.P. Eds., (2008). "Climate Change and Water." Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
3. Bhushan, N., y Rai, K.(2004). *Strategic decision making. Applying the analytic hierarchy process*. United States of America. Springer-Verlag. 2004, pp. 15-17.



4. CONAGUA (2004): *Programa De Manejo Integral Del Sistema Lagunario Del Río Tamesí*. Gerencia Regional Golfo Norte Gerencia de Planeación Hidráulica.
5. Doumpos, M., Zopounidis. C. (2002). *Multicriteria decision aid classification methods*. Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
6. Figueira, J., Greco, S., y Ehrgott, M. (2005). *Multiple criteria decision analysis. State of the art surveys*. United States of America. Springer Science+business Media.
7. Gay, C. (2000). México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México. Resultados de los Estudios de Vulnerabilidad del País Coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM, USCSP. 220 pp.
8. Gilliams, S., Raymaekers, D., Muys, B., y Orshoven, J. V. (2005). "Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation". *Computers and Electronics in Agriculture*.
9. González Turrubiates. D., González Turrubiates., J. G., y Sánchez Torres E., G. (2007): *Informe Final del Taller de Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico al Manejo Sustentable del Acuífero Río Verde en el Estado de San Luis Potosí*.
10. González Turrubiates. D., Haces Zorrilla., M. A., y Sánchez Torres E., G. (2007): *Informe Final del Taller de Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico al Manejo Sustentable del Acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala en el Estado de Hidalgo*.
11. Noble, B. F. (2004). "A multi-criteria analysis of Canadian electricity supply futures". *The Canadian Geographer*. 48. No.1. pp.11-28.
12. Saaty, Thomas L. (1997): *Toma de decisiones para líderes. El proceso analítico jerárquico la toma de decisiones en un mundo complejo*. RWS Publications. USA.
13. Saaty, T., Vargas, L. (1994): *Decision making in economic, political, social and technological environments. With the analytic hierarchy process. vol. VII*. RWS Publications. USA.
14. Saaty, T. L (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. United States of America. RWS Publications, pp. 32-33.
15. Trenberth, K.E., Dai A., Rasmussen, R y Parsons, D.B. (2003). "The changing character of precipitation." *Bulletin. American Meteorological. Society*, 84(9) pp.1205-1217.
16. Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Netherlands. KluwerAcademicPublishers.

Anexo

Temas que pudieran ser objeto de investigación en el contexto de cambio climático:

1. Percepción social de perturbaciones climáticas en comunidades rurales y urbanas.
2. Gestión de la Adaptación de eventos extremos a nivel cuenca.
3. Impactos y Adaptación de las zonas costeras del Golfo de México ante eventos extremos



Aplicación de modelos de nicho ecológico en la especie *Pinus Hartwegii* Lindl bajo escenarios de cambio climático en México.

José Jiménez López¹, Maricela Hernández Vázquez¹, María de Lourdes Nieto Pérez¹, José Luis Martínez y Pérez¹, María del Carmen² Corona Vargas, Jorge Tililayatzí Cocoltzí², Hermila Orozco Bolaños², Guillermina García Juárez²

¹Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala

²Facultad de Agrobiología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala

Email: josejilo@hotmail.com

Resumen

El nicho ecológico de una especie existe cuando las condiciones ambientales son las adecuadas para que esta misma se desarrolle, con el modelado de nicho ecológico se pueden producir áreas de distribución potencial con base a sitios conocidos de presencia y ausencia de la especie de *Pinus hartwegii* Lindl. En este estudio se realizó la modelación de la distribución potencial de esta especie, con las variables bioclimáticas actuales utilizando el modelo MaxEnt, bajo los escenarios climáticos para los años 2030 y 2050 del grupo A1B2 (CCCMA_CGCM31_2030s y CCMA_CGCM31_2050s).

La modelación de la distribución de *Pinus hartwegii* emplea un algoritmo para generar una distribución de la especie en base a registros de presencia y de diferentes variables ambientales. Los registros de presencia se obtuvieron de la CONABIO y del herbario de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, mientras que los parámetros bioclimáticos de la fuente de BIOCLIM. Como resultado se obtuvo una disminución del 9.78 % de la cobertura vegetal para el escenario 2030 y para el escenario 2050 una disminución de 21.84 %, se puede definir que la especie del *Pinus hartwegii* es susceptible a los efectos del Cambio Climático, por lo cual se recomienda el desarrollo de programas de manejo sustentable de los bosques.

Introducción

El cambio climático global hoy en día es pensado como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente, en diversas escalas de espacio y tiempo.

Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmósfera y/o el océano; o por forzamientos externos, como puede ser algún cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las características del planeta concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), cambios en el uso de suelo, entre otros. (Martínez y Fernández 2004).

Debido a las actividades humanas que han modificado considerablemente los patrones climáticos del mundo (IPCC, 2007), es necesaria la realización de escenarios climáticos, los cuales son imágenes alternativas de cómo sería el mundo en el futuro, si uno o varios factores se modifican, mostrando diferentes aspectos de lo que podría suceder en los próximos años (Carter *et al.*, 2007).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) la elaboración de escenarios de cambio climático son indispensables para la implementación de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. Los modelos y los escenarios tienen diversas perspectivas, por ejemplo, determinar la distribución geográfica de una especie o de un grupo de especies, lo cual contribuirá para establecer prioridades de conservación.

En México, el pino *hartwegii*, es una de las especies de pino mexicano que se desarrolla justo en las zonas boscosas más frías de las sierras del país, por tanto, tiene una distribución restringida, y los



efectos del cambio climático implicaran un cambio en la abundancia y en su distribución espacial.

Estudios concuerdan en el hecho de que el incremento en el calentamiento global afecta a la biodiversidad y toca distintos aspectos de la historia natural y biogeográfica de las especies a diferentes escalas y de diversas formas como son: a) variaciones en los rangos de especies y en la composición de las comunidades, b) desplazamientos altimétricos y/o latitudinales de comunidades vegetales o ecosistemas, y c) cambios en el funcionamiento de los ecosistemas. A nivel de especie podría ocurrir: desplazamiento, adaptación o extinción local como consecuencia de las anomalías climáticas (Peterson *et al.*, 2001), pues es posible una mayor probabilidad de extinciones locales para las especies que tienen una distribución restringida (endémicas), mientras las especies con distribuciones amplias se verán probablemente menos afectadas (Thuiller *et al.*, 2005).

La especie *Pinus hartegii* se encuentra seriamente amenazada por factores naturales y antropogénicos, lo que conlleva a poblaciones reducidas, fragmentadas y aisladas entre sí (López, 1993), además está limitada por las condiciones ambientales actuales en dichas zonas como las bajas temperaturas y escasas de precipitación (Hernández, *et al.*, 2005). El objetivo de este estudio fue modelar la distribución potencial de *Pinus hartegii* en México aplicando modelos de nicho ecológico, bajo escenarios de cambio climático. El cual tiene gran importancia a nivel científico ya que genera nuevos conocimientos sobre la distribución de esta especie que es endémica de México, a nivel económico es una especie de gran importancia ya que su madera es utilizada para diversas artesanías, así como en la elaboración de carbón y la carpintería, por otro lado a nivel ambiental se utiliza para la reforestación y para la captación de agua.

Antecedentes

Cambio Climático

Durante las últimas décadas se está produciendo un cambio climático acelerado que, aunque es un fenómeno de causas complejas, es producido en

gran medida por la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de CO₂ y otros GEI. Dicho cambio climático da lugar a un abanico de efectos directos e indirectos que se ven acentuados por la interacción con otros motores del cambio global (contaminación ambiental, cambios de uso de suelo). Como consecuencia se están produciendo cambios en el medio físico local (temperatura, humedad del suelo, luminosidad, entre otros.) que pueden tener efectos muy perjudiciales sobre las especies con menor amplitud ecológica o sobre aquellas que presentan una distribución muy fragmentada, así como poblaciones relicticas y marginales de muchas especies (Herranz, *et al.*, 2006).

Incluso en las proyecciones y escenarios más benignos de cambio climático en el siglo actual, con tasas muy bajas de emisiones de CO₂ y otros GEI, las previsiones para mitad de siglo son de un aumento de la temperatura media anual de 1,5-2,5°C y una disminución de las precipitaciones comprendida entre un 10-20%. De hecho en las tres últimas décadas ya se ha constatado un aumento de la temperatura media de 1,5 °C. También se prevé un aumento de la amplitud y frecuencia de las anomalías térmicas, aumentando el número de días con temperaturas máximas extremas y disminuyendo las temperaturas mínimas extremas. Tal es el caso del clima que depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja.

A diferencia del concepto tradicional del clima, como el promedio de algunas variables, hoy en día se piensa en éste como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente, en diversas escalas de espacio y tiempo. Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmósfera y/o o el océano; o por forzamientos externos, como pueden ser algún cambio en el intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las características del planeta (concentración de GEI, cambios en el uso de suelo, entre otros) resultado de la actividad humana. Las formas de variabilidad del clima son muchas y, por tanto, pronosticarlo a largo plazo no es fácil. Es por ello que distinguir qué



produce cambios en el clima de un año a otro, o en escalas mayores de tiempo, constituye un reto científico.

Saber qué parte de la variabilidad del clima es predecible abre la posibilidad de realizar predicciones útiles en diversas actividades socioeconómicas. Estas predicciones estacionales, por ejemplo, ya se han realizado para regiones altamente afectadas por el fenómeno (ENOS) Fenómeno del Niño Oscilación del Sur. En ese caso, la lenta respuesta térmica del océano constituye una memoria útil para el clima. Hoy en día se sabe que la humedad en el suelo también constituye un mecanismo de memoria que puede afectar el clima. Es por ello que la deforestación o la urbanización resultan en variabilidad o cambio climático, al afectar la humedad que puede ser retenida por el suelo.

Nicho Ecológico

El conjunto de condiciones bióticas y abióticas que determinan la presencia y persistencia de una especie por lo cual mantiene el tamaño de su población es definido como nicho ecológico (Hutchinson, 1957 citado por Wiens y Graham, 2005).

El nicho de una especie es la conjunción de las condiciones ambientales que permiten satisfacer los mínimos requerimientos de una especie, de tal manera que la tasa de nacimientos de una especie es igual o mayor a la de sus muertes, tomando en cuenta los efectos del medio sobre cada individuo (Chase y Leibold, 2003).

Las relaciones interespecíficas involucran la interacción entre dos o más especies, en la cual como en el caso de la competencia o la depredación una se ve afectada negativamente por lo cual es forzada a tener cambio en su conducta o su distribución de tal forma que el efecto negativo que se está dando en la especie menos dominante sea mínimo (Ralls, y White, 1995; Anderson *et al.*, 2002; Lynn-Nelson, 2005 citado por Sosa, 2009).

Escenarios de Cambio Climático

Los escenarios climáticos son uno de los productos obtenidos con los modelos climáticos, los cuales independientemente de la metodología de reducción climática, dan una imagen de cómo sería el clima en el futuro de acuerdo a las condiciones o cambios conocidos en el presente. En ellos se incluyen características socioeconómicas futuras, que determinan los niveles de emisiones de GEI debido a las actividades humanas (Tejada-Martínez *et al.*, 2008; Carter *et al.*, 2007).

Los datos socioeconómicos y su relación con las emisiones de los GEI, son tomados de los escenarios de emisiones realizados y propuestos por el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). De acuerdo a lo anterior se establecieron cuatro familias de escenarios, las cuales son las principales líneas evolutivas hasta ahora propuestas por el IPCC. A diferencia de las demás familias de escenarios, la familia de escenarios A1 se divide en tres diferentes grupos: A1FI, el cual hace uso intensivo de los combustibles fósiles; A1T, mayor tecnología en el uso de los combustibles fósiles como fuente de energía; y A1B, en donde se utilizan todas las fuentes de energía en proporciones iguales (Carter *et al.*, 2007; IPCC, 2000).

Metodología

Para la realización del estudio se consideraron los siguientes puntos:

Los escenarios climáticos utilizados tienen que cumplir con los criterios establecidos por el IPCC. Además se debe realizar un escenario base, cuyos datos climatológicos sean de al menos 30 años de registros, de forma que sean representativos de las condiciones climáticas actuales, y buscar modelos climáticos capaces de obtener mejor resolución para que la simulación sea lo más real posible. (Aguado, 2010).

MexEnt

Es un algoritmo que utiliza la máxima entropía para crear una distribución de las especies en función de diferentes variables (climáticas, topográfica, edáficas entre otras), esto quiere decir que entre



todas las distribuciones que se generan se elige la más uniforme, mediante la asignación de una probabilidad a cada uno de los puntos de un conjunto de valores de una distribución, calculando de esta forma su entropía (Benito, 2009; Phillips *et al.*, 2006).

MaxEnt sólo utiliza datos de presencia, lo que facilita los trabajos con los registros incompletos de las especies, puede manejar variables continuas y categóricas. La validación de MaxEnt se hace mediante el área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés), la cual se basa en una matriz de confusión. Para la AUC, MaxEnt determina un umbral con el que genera una tasa de omisión. De esta forma traza una curva con la que se discrimina si la distribución predicha es mejor que el azar (por arriba de la curva) o no (por debajo), (Benito, 2009; Longoria, 2008; Phillips Dudik, 2006). Con lo anterior también se puede hacer un umbral de evaluación independiente, porque al igual que las matrices de confusión, una vez teniendo los errores por omisión y comisión se puede calcular la sensibilidad (errores por omisión) y la especificidad (errores por comisión). MaxEnt puede trabajar sin datos de ausencia porque genera datos de pseudo-ausencia que utiliza para los análisis antes mencionados (Phillips Dudik, 2006).

El umbral sirve para transformar el mapa de las probabilidades de ocurrencia (resultado de la distribución con máxima entropía) a uno de distribución potencial para una especie. También el modelo proyecta un mapa en el que se pueden ver las áreas, donde existe un mayor efecto de restringir los valores de las variables ambientales al rango de los valores encontrados. (Phillips y Dudik, 2006).

Procesamiento se descargaron los escenarios climáticos A1B2, para el 2010, 2030 y 2050 de los modelos (CCCMA CGCM31_2030s y CCMA CGCM31_2050s), desde el sitio web <http://gisweb.ciat.cgiar.org/GCMpage>. Los datos georeferenciados del pino se obtuvieron de <http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/snib/html> y del Herbario de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, se superpusieron en un mapa de la república mexicana, el archivo se guardo con la extensión .cvs delimitado por comas para después ser ingresado a MaxEnt.

Los parámetros del modelo fueron los utilizados por (Phillips y Dudik, 2006), los cuales vienen por defecto en el programa: umbral de convergencia = 10^{-6} , número máximo de iteraciones = 1000, y la regla de corte elegida fue "igual sensibilidad y especificidad del entrenamiento" (Equal training sensitivity and specificity), debido a que éste se genera mediante la curva de ROC, la cual en los modelos no binarios sirve para su evaluación y poder elegir el umbral de forma no subjetiva a diferencia de que se hubiera seleccionado una probabilidad mínima al azar como punto de corte (Liu *et al.*, 2005), citado por Aguado 2010. El tipo de replicado fue por validación cruzada. Las 19 variables bioclimáticas se tomaron como continuas.

Resultados

Los resultados de la modelación fueron diferentes mapas de la distribución de *Pinus hartwegii* Lindl, de acuerdo a cada uno de los escenarios climáticos utilizados, así como las áreas que fueron medidas para cada escenario (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de reducción de cobertura vegetal.

Escenario	Hectáreas	Porcentaje	Reducción
Actual	15,540,348.89	100%	
2030	14,021,237.14	90.22 %	9.78%
2050	12,146,510.23	78.16%	21.84 %

Mapa 1. Presentación de *Pinus hartwegii* Lindl en México. La especie de pino se distribuye principalmente en el sistema neovolcánico transversal y en la sierra madre occidental. Esta especie de pino es endémica de México y solo una pequeña parte de Centroamérica. Su distribución refleja su adaptación en zonas altas y frías. El mapa 2. Muestra el Área actual de distribución potencial de *Pinus hartwegii* Lindl en México, con un total 15,540,348.89 hectáreas, existen zonas ecológicas y climáticas que favorecen su desarrollo, como son las altas montañas y las temperaturas mínimas.

El escenario 2030 proyecta la distribución de *Pinus hartwegii* Lindl (Mapa 3). En él se observa la



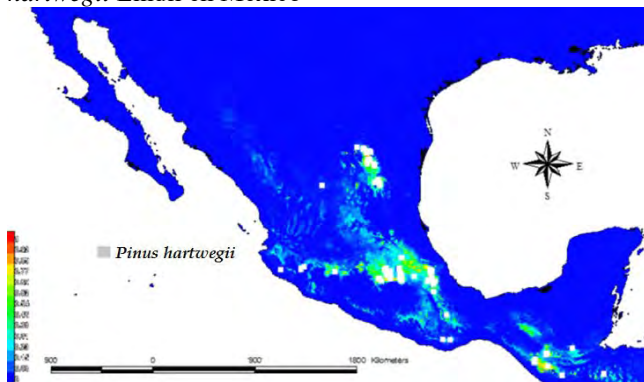
reducción del área de distribución de las condiciones ecológicas y ambientales en un 9.8%. Sí en un futuro la temperatura aumenta por el Cambio Climático se verá una reducción en las condiciones ambientales de esta especie.

Finalmente la proyección de *Pinus hartwegii* Lindl para el escenario 2050 (Mapa 4), muestra que el Mapa 1. *Pinus hartwegii* en México



Elaborado con ArcGis

Mapa 2 Área actual de distribución potencial de *Pinus hartwegii* Lindl en México



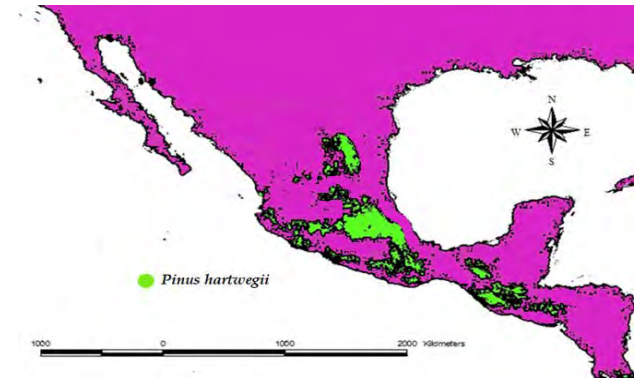
Elaborado con ArcGis

Discusión

El modelo de nicho ecológico MaxEnt, tiene un poder predictivo significativo (Terry, 2010), considerando que es capaz de predecir cualquier especie en estudio. Junto a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser herramientas de gran utilidad, ya que permiten hacer un gran número de operaciones y realizar

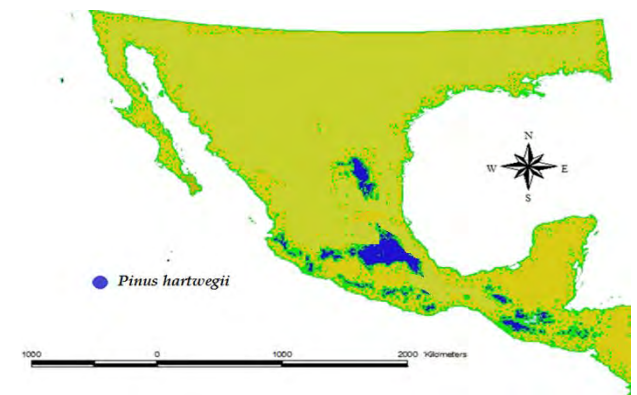
área de distribución se reduce en un porcentaje del 21.8 %, es decir un 12% más que el escenario 2030. Los resultados muestran que los efectos del Cambio Climático serán más drásticos y duraderos para el 2050.

Mapa 3. Escenario 2030 *Pinus hartwegii* Lindl



Elaborado con ArcGis

Mapas 4. Escenario 2050 *Pinus hartwegii* Lindl



Elaborado con ArcGis

estudios dirigidos a la conservación de la biodiversidad.

Modelar nicho ecológico ha demostrado ser una herramienta útil para predecir la distribución potencial de las especies en el contexto del cambio climático. En este estudio se utilizó el modelo MaxEnt para modelar la distribución de *Pinus*



hartwegii Lindl en el país, de igual manera, se proyectó su distribución potencial bajo escenarios de Cambio Climático que se espera que ocurran en 2030 y en 2050, basándose en una prospectiva de cambio climático conservador (A1B1 siendo los que recomienda en su cuarto informe el IPCC ya que son una familia de escenarios prometedores).

Actualmente *Pinus hartwegii* Lindl tiene un área de distribución potencial 15, 540,349 ha, sin embargo, los resultados indican que se reducirá el área potencial para la especie en un 9.78% para el 2030 y 21.84% para el 2050, es importante mencionar que existen diferentes factores (biótico y abióticos) que pueden influir en la distribución y abundancia de las poblaciones de las especies a lo largo de su rango geográfico.

Algunos estudios prevén que para el 2050, casi la mitad de las especies de plantas y mamíferos perderán su área de distribución alrededor del 64% (Trejo *et al.*, 2011) la afectación a los bosques templados por el aumento de temperatura y la reducción de la precipitación durante casi todos los meses del año (Gómez *et al.*, 2011). Al igual se tendrá una disminución de las áreas de bosques de coníferas y de encinos (Gómez *et al.*, 2007), incluso hay estudios que señalan que hay especies con una capacidad de dispersión limitada dado que éstas no responden a los cambios climáticos desplazándose a zonas más favorables, sino que enfrentan una pérdida de su área de distribución (Parra, *et al.*, 2005).

Entre otros problemas que han causado la disminución de la distribución de esta especie es la deforestación, ya que en recientes estudios estiman que en México se perdieron 29,765 km² de bosque (superficie equivalente al estado de Guanajuato) de 1976 a 1993, mientras que de 1993 a 2000 se perdieron 54,306 km² (superficie equivalente al estado de Campeche). La tasa de deforestación aumentó del primer al segundo periodo, de 175 mil hectáreas a 319 mil hectáreas anuales (Velásquez *et al.*, 2002). Los incendios forestales también son un problema, pues el uso del fuego en la agricultura y la ganadería es intenso y generalmente se dirige hacia los ecosistemas forestales provocando un pérdida innumerable de especies forestales.

Al utilizar los modelos de Nicho Ecológico, los Sistemas de Información Geográfica y los escenarios de cambio climático, se pretende generar nuevo conocimiento a los tomadores de decisiones para mitigar los efectos del cambio climático y el mejor aprovechamiento y manejo de recursos, realizar planes de conservación de las especies amenazadas, diseño de reservas y manejo sustentable de los recursos de hábitats y restauración.

Además pueden llegar a tener un potencial para la ciencia teórica y aplicada en áreas como la ecología de comunidades (abundancia vs. riqueza de especies, competencia, etc.), la ecología de poblaciones (extinción, colonización y dinámica de diversificación), la biología de la conservación (identificación de áreas críticas para algunas especies), el control biológico y la ecología de la restauración (especies invasoras, cambio climático).

Fuentes de Consulta

1. Aguado, B.O. 2010. Distribución potencial de los bosques templados de Coahuila bajo los escenarios A2 y B2 generados por ECHAM5 Y HADGEM1. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. PP. 1–87.
2. Benito, B. 2009. Ecoinformática aplicada a la conservación: Simulación de efectos del Cambio Climático global en la distribución de la flora de Andalucía. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España. PP.1-228.
3. Carter, T. R., R., N, Jones., X, I, S, Bhadwal. C. Conde, L. O. Mearns, B.C. O’neill, M.d.a. Rounsevell y M. B. Zurek. 2007. New Assessment Methods and the Characterisation of Future Conditions. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. PP. 133-171.
4. Chase, J.M and M.A., Leibold. 2003. Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. University of Chicago Press.
5. Gómez, L. L. Galicia. R. Aguilar. 2007. Sensibilidad de grupos funcionales al



- cambio climático en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Num.67, PP .76-100.
6. Gómez, J. A. Monterroso. Tinoco, J. Toledo. M. 2011. Assessing current and potential patterns of 16 forest species driven by climate change scenarios in México. *Atmósfera* 24(1). PP. 31-52.
 7. Hernández, A.J., C. G. Gutiérrez. G. L. Almeida. L. y J.A.B. Ordoñez, D. 2005. Análisis dendroclimático de *Pinus hartwegii* en el Volcán nevado de Toluca. México. Memorias. Laboratorio de Biotecnología y Ecología Aplicada. LABIOTECA. Xalapa, Veracruz México. Noviembre 17 y 18, 2005. PP. 102-103.
 8. Herranz, J. M., Copete, M. A. Ferrandis, P. 2006. Posibles efectos del cambio climático sobre las especies vegetales en castilla – La Mancha. Capítulo 9. PP. 1- 26.
 9. IPCC. 2000. Escenarios de emisiones: resumen para responsables de políticas. IPCC. PP. 1-20.
 10. IPCC. 2007. Summary for Policymakers. *In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK. PP. 7-22.
 11. López, J. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 1(3). Serie recursos naturales renovables. Montecillo, México, PP. 81-95.
 12. Martínez, J. A. Fernández. 2004. Cambio Climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaria del medio ambiente y recursos Naturales, Delegación Coyoacán, México, D.F.
 13. Parra, G., E. Martínez-Meyer y G. Pérez-Ponce de León. 2005: Forecasting climate change effects on salamander distribution in the highlands of central Mexico. *Biotropica* 37(2):202- 208.
 14. Peterson, A. T. V. Sánchez C. J. Soberón. J. Bartley. R. Buddemeier. A. Sánchez N. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modeling* 144. PP. 21-30.
 15. Phillips, S. J. M. Dudík. 2006. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31. PP. 161-175.
 16. Sosa, L.D.J. 2009. Modelación de la distribución geográfica potencial de los roedores endémicos del estado de Oaxaca, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal. México. 76 pág.
 17. Terry. R. et al. (2010). Predicción de la distribución de un parásito usando el modelo de nicho ecológico, GARP. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81. PP. 902, 2010.
 18. Tejada, A. C. Conde. L. Conde. T. García. M. E. Guadarrama. A. Gutiérrez, E. López. V. Magaña. C. A. Ochoa. G. V. Salas. S. Salazar y C. M. Welsh. 2008. Guía para la elaboración de programas estatales de acción ante el cambio climático. INE, Universidad Veracruzana, CCA. México. PP. 83.
 19. Thuiller, W. S. Lavorel. M. B. Araújo. M. T. Sykes. I. C. Prentice. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102. PP. 8245-8250.
 20. Velásquez, A., J.F. Mas, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P.C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta* 62. Instituto Nacional de Ecología.
 21. Wiens, J.J. and Graham C.H. 2005. Niche Conservation: Integrating Evolution, Ecology, and Conservation. Department of Ecology and Evolution, Stony Brook University, Stony Brook, New York. 11794-5245



Identificación de escalas decadales de la variabilidad de series de tiempo de días consecutivos secos/húmedos del Altiplano mexicano

Morales Acoltzi, Tomás¹, Magaña Rueda, Víctor O.² y Bernal Morales, Rogelio³

¹Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, D.F., acoltzi@atmosfera.unam.mx

²Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. vorlando@igg.unam.mx

³Facultad de Agrobiología, UATx, Ciencias Ambientales, Campus Tlaxco, Tlaxcala. rbernal07@hotmail.com

Resumen

En los estudios de cambio climático, el **IPCC/WMO** recomienda aplicar un análisis de calidad a bases de datos, de series de tiempo de registros diarios de temperaturas máximas y mínimas, precipitación, principalmente, con el software **RClimDex**. Otra recomendación que hace el **IPCC** es realizar los escenarios con la climatología base de 1961 a 1990, argumentando que de estarse dando el cambio climático actualmente, al utilizar bases de datos de 1991 a 2010, se introduciría un sesgo. Así que vamos a investigar las tendencias de este último periodo, buscando una posible firma del Cambio Climático. Analizamos series de tiempo de registros diarios de precipitación. Hacemos énfasis en los índices: días consecutivos secos (**CDD**) y días consecutivos húmedos, (**CWD**), ambos por sus siglas en inglés, de acuerdo a las salidas de **RClimDex**. Los resultados muestran un comportamiento diferenciado, mostrando la importancia de lo local. Comparamos el comportamiento de los mismos índices para ambos periodos base: 1961-1990 y 1991-2010, para identificar variabilidad decadal.

Introducción

El cambio climático global está provocando, entre otras cosas, la intensificación de la variabilidad climática natural. Los sistemas hidrometeorológicos extremos como las ondas de calor, las lluvias intensas, o las sequías prolongadas afectan, en una cadena compleja de impactos, prácticamente a todas las dimensiones del desarrollo humano. En México la variabilidad climática se explica en una buena parte con los estados del océano: **EL NIÑO**, **NEUTRO** y **LA NIÑA**, principalmente la variabilidad climática interanual, relacionándose con la ocurrencia de sequías severas en verano en el norte

del país; o con lluvias intensas de invierno en el noroeste. En esta contribución buscaremos una variabilidad decadal en índices generados con **RClimDex**, así como la posible existencia de tendencias asociadas al cambio climático.

Desarrollo General

La base de datos diarios está formada por series de tiempo: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. Aplicamos un análisis con el software **RClimDex** para generar 27 índices de los cuales seleccionamos Días Secos Consecutivos y Días Húmedos Consecutivos. Se aplicó un análisis con Wavelets para identificar las frecuencias Activadas. En la Figura 1, se muestran los periodos base de sequía y humedad, resultando interesante investigar a que régimen pertenece la zona de transición del Altiplano Mexicano.

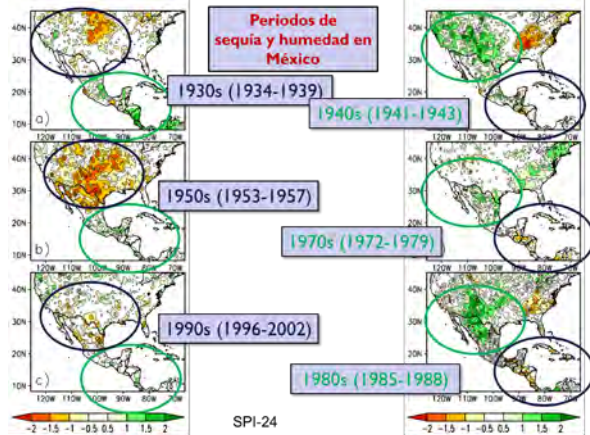
El total de estaciones que se evaluaron para el estudio fueron 25, de las cuales sólo cinco cumplieron con los parámetros que se requerían, las estaciones seleccionadas tienen más de 40 años de datos, con una fecha de inicio de 1961/1965 y con fecha final de registro de datos de 2008/2010. En la Figura 2, se muestra el área de estudio.

En la Figura 3 se presenta el análisis del periodo de humedad y sequía de las estaciones seleccionadas entre la latitud 19°24'36" y 19°25'48", las cuales son: 30068 Los Ídolos, Veracruz, 30198 Zalayeta, Veracruz, 21052 Alchichica, Puebla, 29002 Apizaco, Tlaxcala, 15063 Nueva Santa Elena, Estado de México y una del norte del país con la que tienen mayor correlación, 28087 San Gabriel, Tamaulipas. En las primeras cuatro estaciones 15063, 30068, 29002 y 28087 se encuentra un comportamiento similar al periodo mostrado de humedad (1985-1988) y sequía (1996-2002), donde destaca la



estación 15063 ya que es muy marcado el comportamiento.

Figura 1. Periodos de sequía y humedad en México.



Fuente: Méndez y Magaña, 2010.

Figura 2. Ubicación de las estaciones seleccionadas



En las estaciones 30198 y 21052 el comportamiento es contrario, es decir, sequía (1985-1988) muy marcada y humedad (1996-2002) precipitación anual dentro promedio. A continuación se presentan los análisis de los **CDD** y **CWD** de las estaciones 15063, 30068, 29002, 28087, 30198 y 21052 de los periodos 1961-1990 y 1991-2010.

En la Figura 4, se presenta la estación 15063, donde para el primer periodo 1961-1990 los **CDD** tienen una tendencia a la alza y los **CWD** tienen una tendencia a la baja, y para el segundo periodo 1991-2009 las tendencias se mantienen igual en los **CDD** y **CWD**, pero con menor proporción. Finalmente, se presenta en una sola gráfica los dos periodos evaluados, de los **CDD** y **CWD**, donde se aprecia mejor la tendencia y la variabilidad. Donde ésta es mayor en el segundo periodo en los **CDD**, mientras que en los **CWD** se reduce la variabilidad.

En la Figura 5, se presenta la estación 30068, donde para el primer periodo 1963-1990 los **CDD**

tienen una tendencia lineal ligeramente negativa y los **CWD** tienen una tendencia a la baja, y para el segundo periodo 1991-2008 la tendencia va a la baja en los **CDD** y en los **CWD** la tendencia es a la alza. Finalmente, se presenta en una sola gráfica los dos periodos evaluados, de los **CDD** y **CWD**, donde se aprecia mejor la tendencia y la variabilidad. Donde ésta es mayor en el segundo periodo en los **CDD**, mientras que en los **CWD** se reduce la variabilidad.

En la Figura 6, se presenta la estación 29002, donde para el primer periodo 1961-1990 los **CDD** y los **CWD** tienen una tendencia a la baja, y para el segundo periodo 1991-2010 la tendencia va a la alza tanto en los **CDD** como en los **CWD**. Finalmente, se presenta en una sola gráfica los dos periodos evaluados, de los **CDD** y **CWD**, donde se aprecia mejor la tendencia y la variabilidad. Donde ésta es mayor en el segundo periodo en los **CDD**, mientras que en los **CWD** se mantiene la variabilidad.

En la Figura 7, se presenta la estación 28087, donde para el primer periodo 1961-1990 los **CDD** tiene una tendencia ligeramente a la alza y los **CWD** tiene una tendencia a la baja, y para el segundo periodo 1991-2009 la tendencia es a la baja en ambos, es decir **CDD** y **CWD**. Finalmente, se presenta en una sola gráfica los dos periodos evaluados, de los **CDD** y **CWD**, donde se aprecia mejor la tendencia y la variabilidad. Donde en los **CDD** ésta es menor en el segundo periodo, mientras que en los **CWD** se mantiene la variabilidad

En la Figura 8, se presenta la estación 30198, donde para el primer periodo 1965-1990 los **CDD** tienen una tendencia ligeramente a la alza y los **CWD** tienen una tendencia ligeramente a la baja, y para el segundo periodo 1991-2008 la tendencias se mantienen igual en los **CDD** y **CWD**, pero la línea es más pronunciada. Finalmente, se presenta en una sola gráfica los dos periodos evaluados, de los **CDD** y **CWD**, donde se aprecia mejor la tendencia y la variabilidad. Donde ésta en los **CDD** es mayor en el segundo periodo, mientras que en los **CWD** se reduce la variabilidad.

En la Figura 9, se presenta la estación 21052, donde para el primer periodo 1965-1990 los **CDD** tienen una tendencia a la alza y los **CWD** tienen una tendencia a la baja, y para el segundo periodo 1991-2008 la tendencia en los **CDD** se mantiene lineal y en los **CWD** la tendencia es a la baja. Finalmente,



se presenta una gráfica los dos periodos evaluados, de los **CDD** y **CWD**, donde se aprecia mejor la tendencia y la variabilidad. Donde en los **CDD** y

CWD la variabilidad es igual en los dos índices en los periodos evaluados.

Figura 3. Periodos de humedad (1985-1988) y sequía (1996-2002) en México

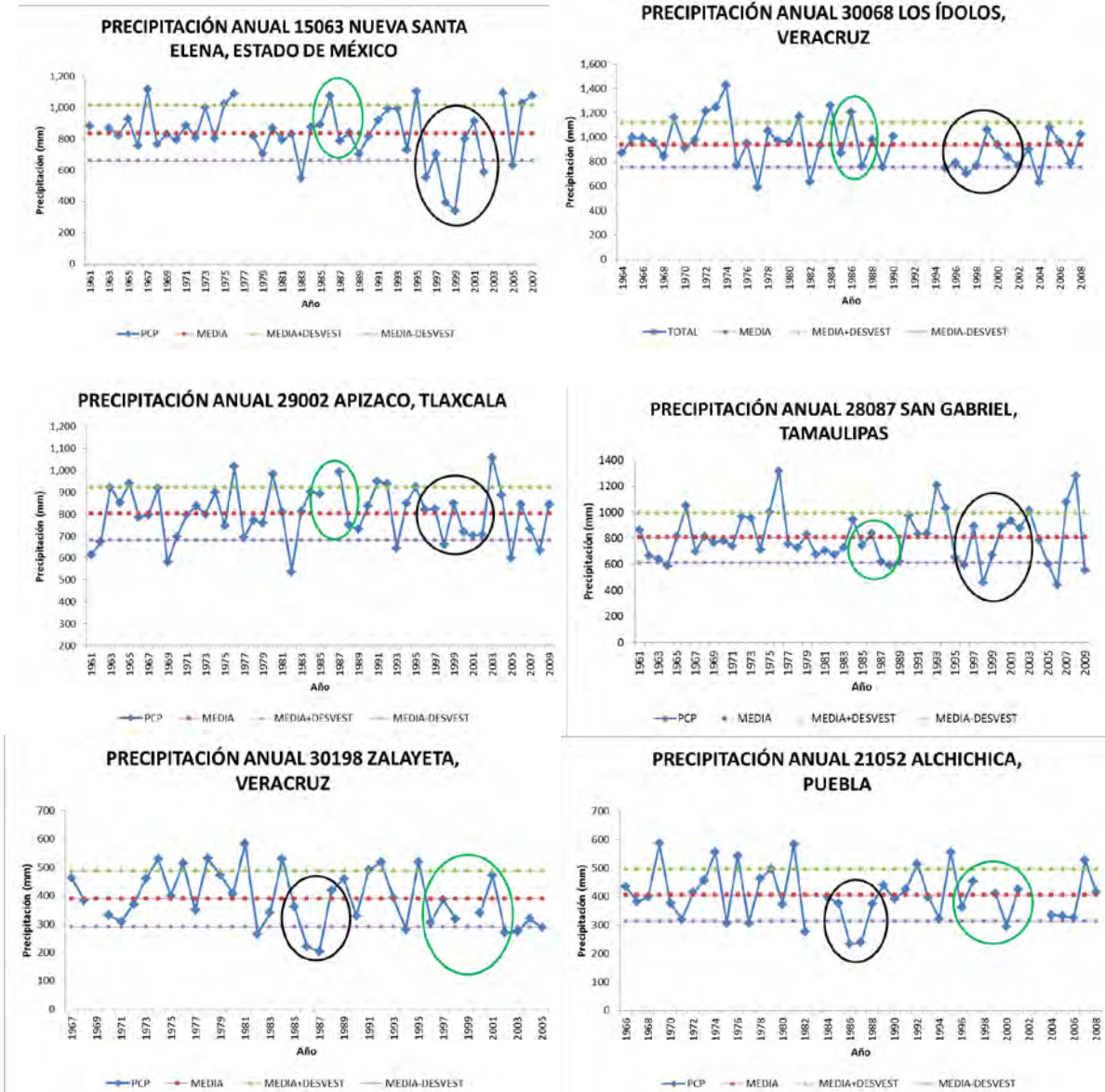




Figura 4. CDD y CWD de la estación 15063

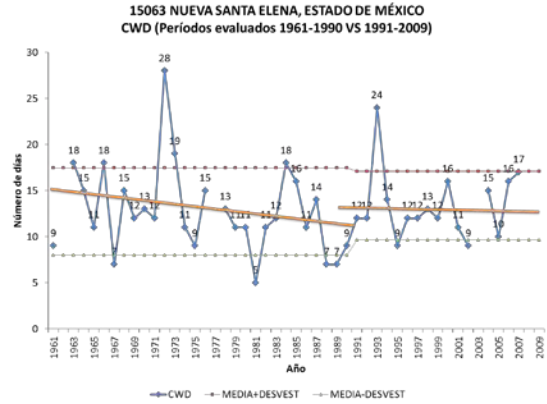
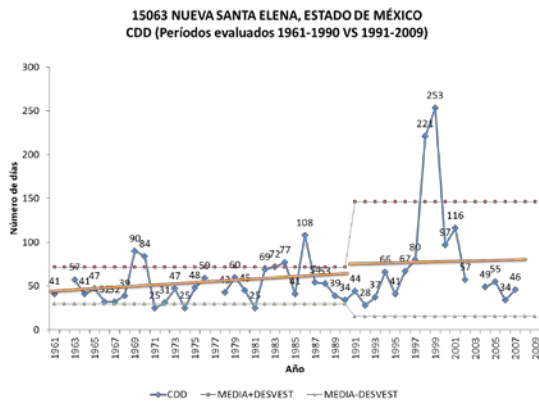
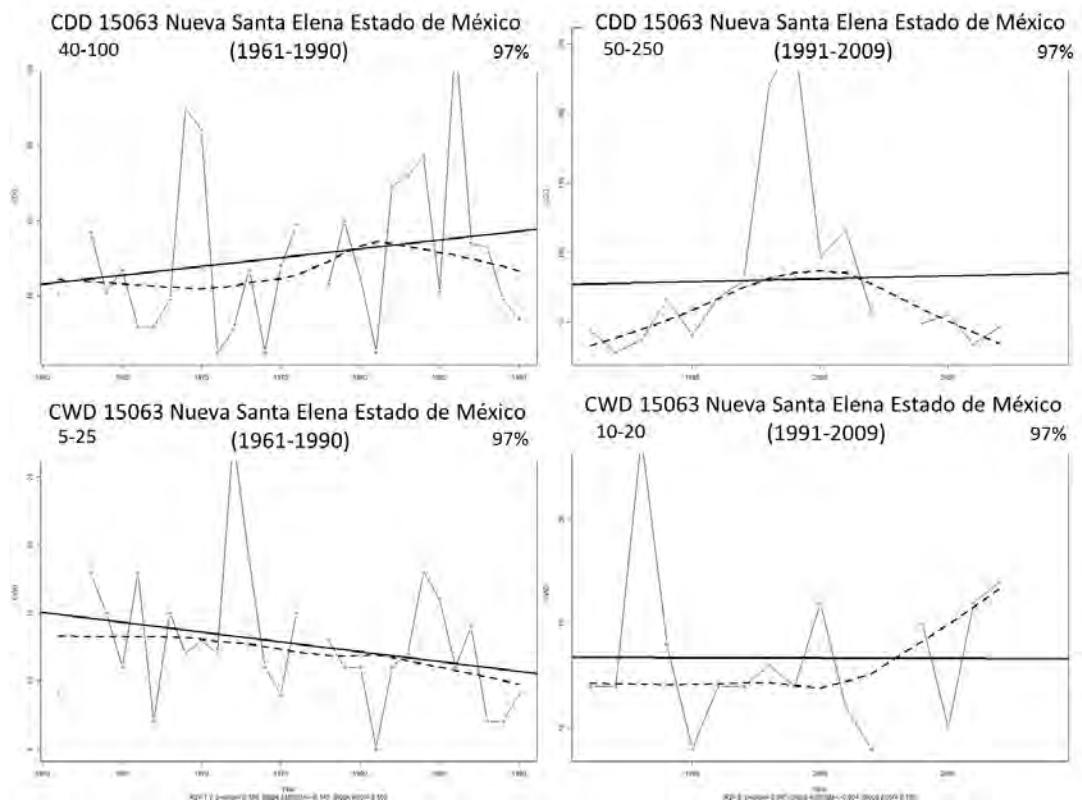




Figura 5. CDD y CWD de la estación 30068

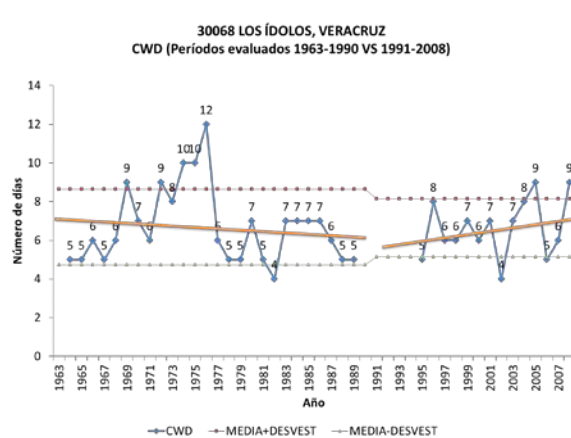
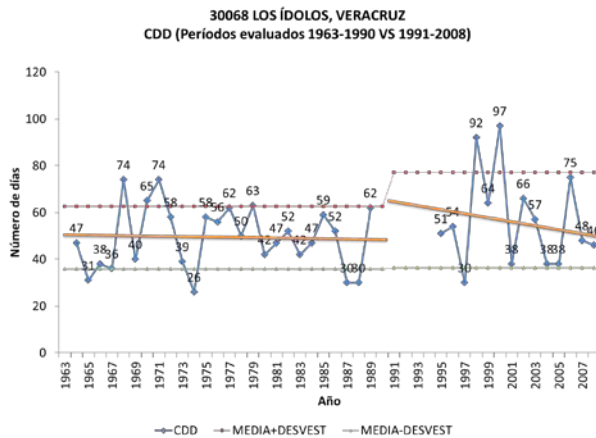
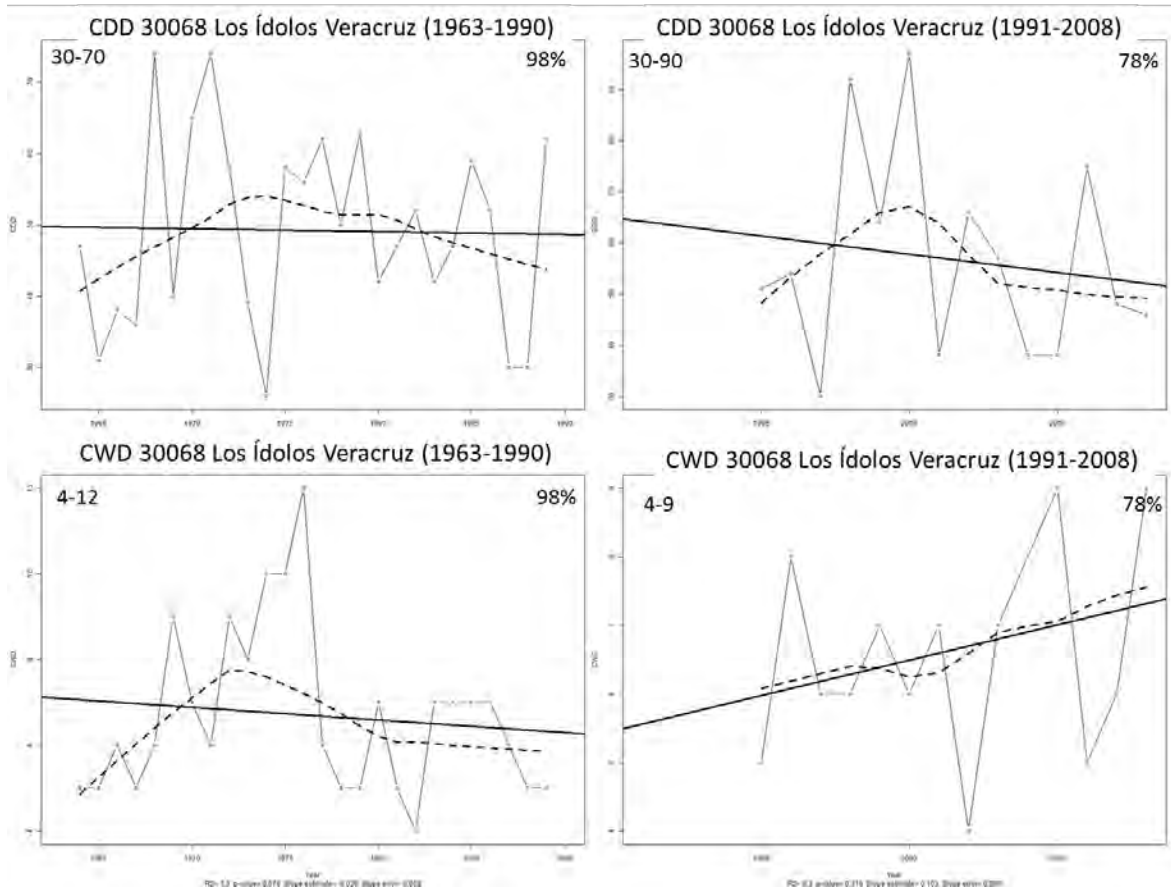




Figura 6. CDD y CWD de la estación 29002

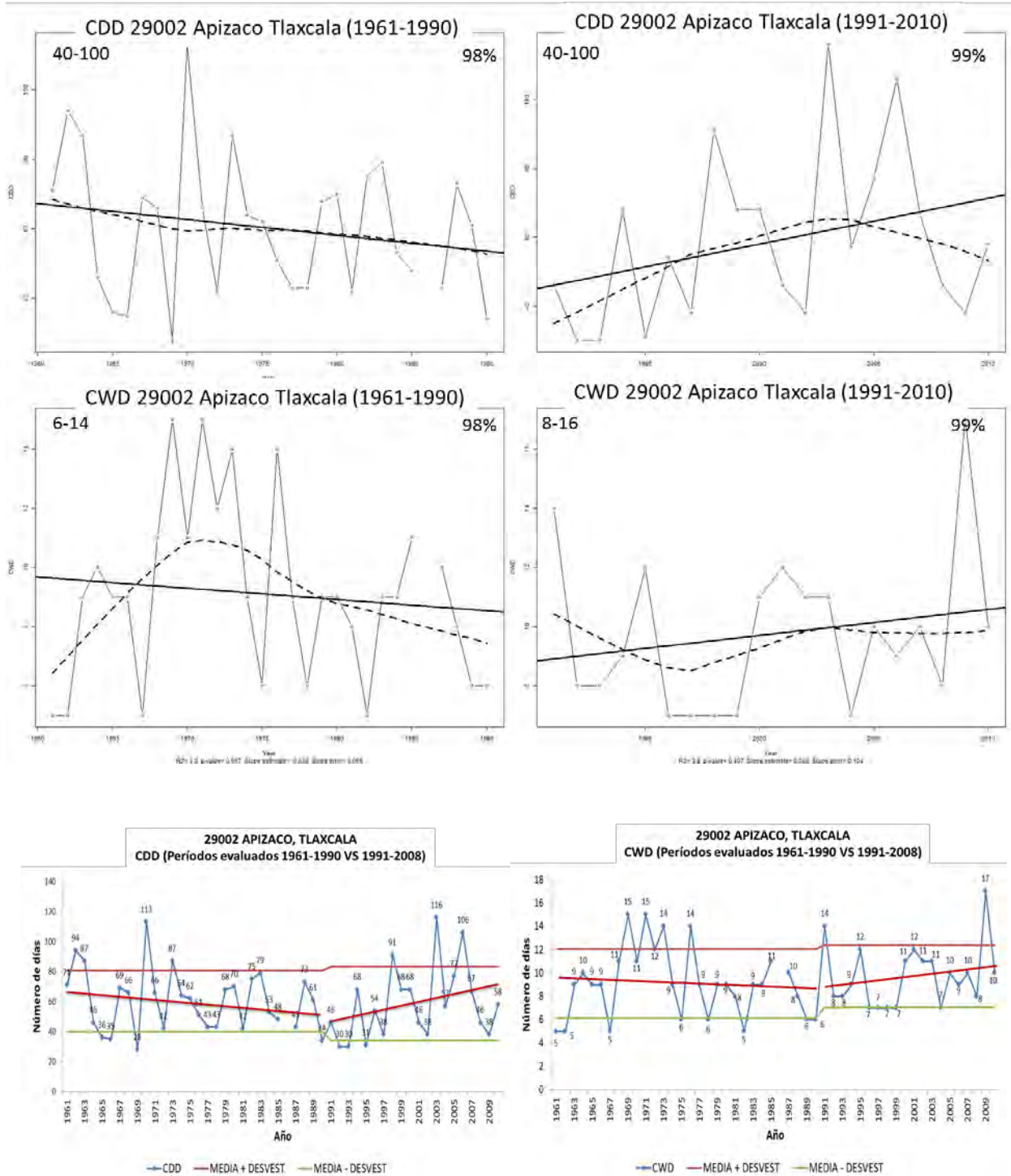




Figura 7. CDD y CWD de la estación 28087

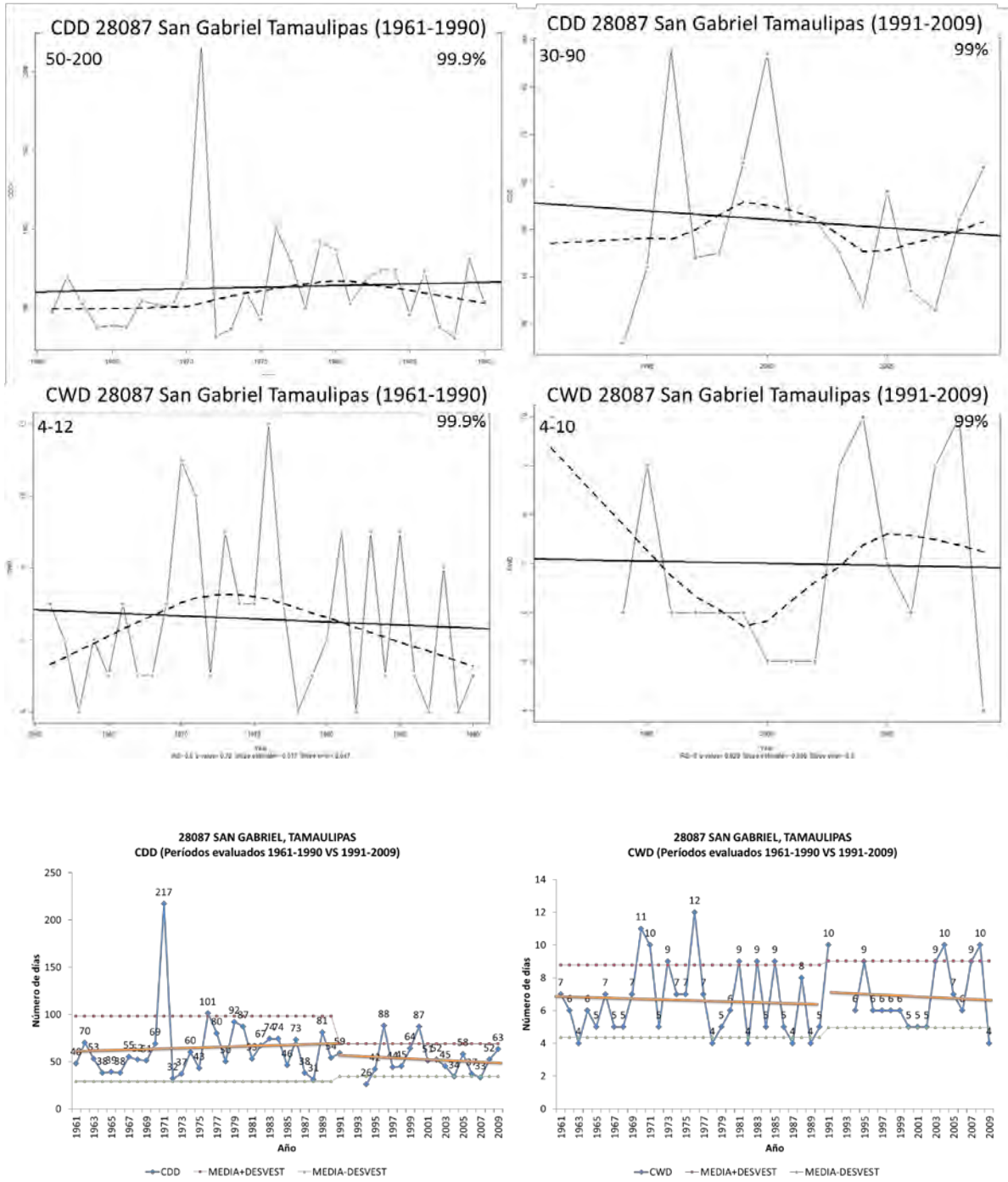




Figura 8. CDD y CWD de la estación 30198

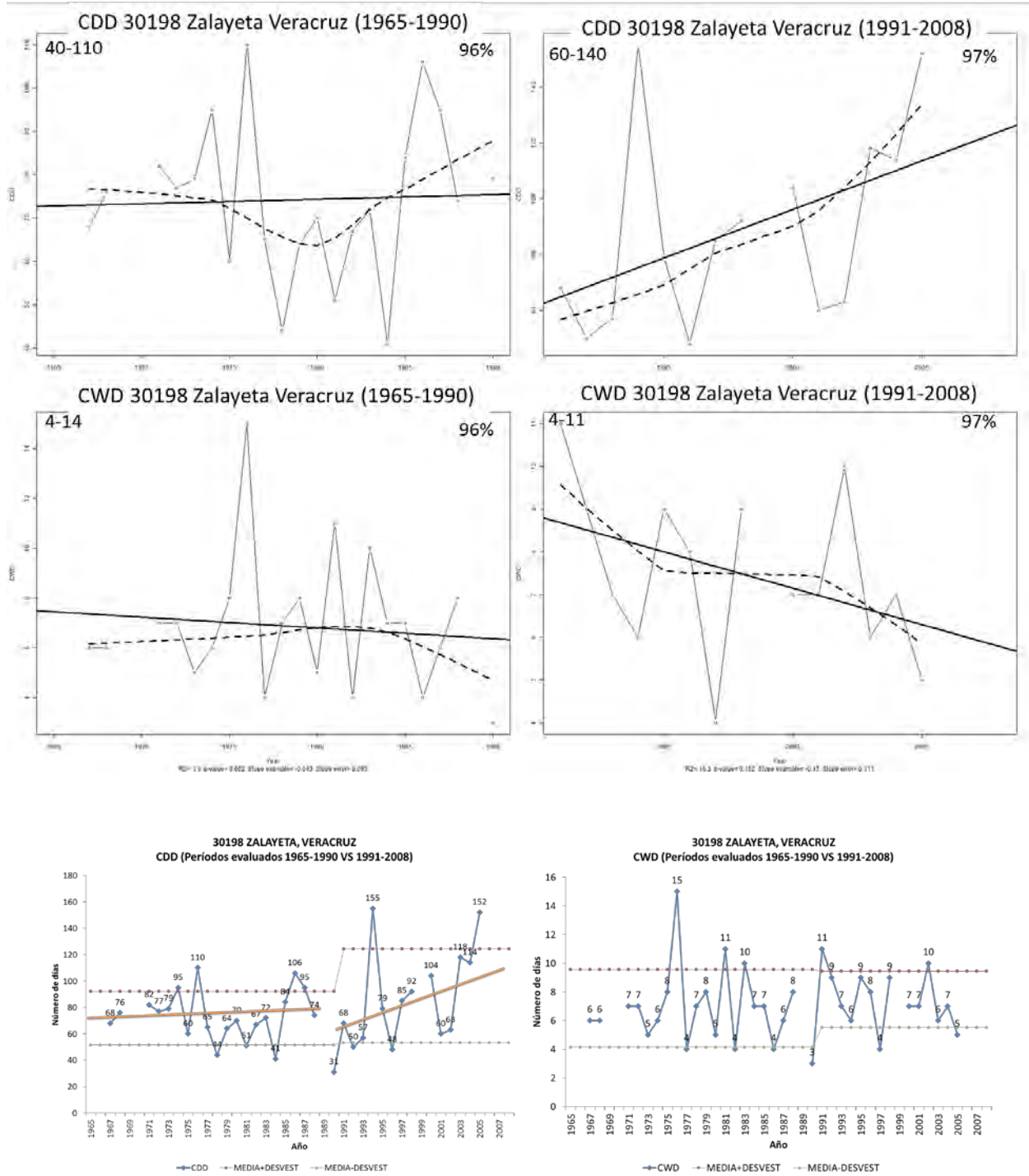




Figura 9. CDD y CWD de la estación 21052

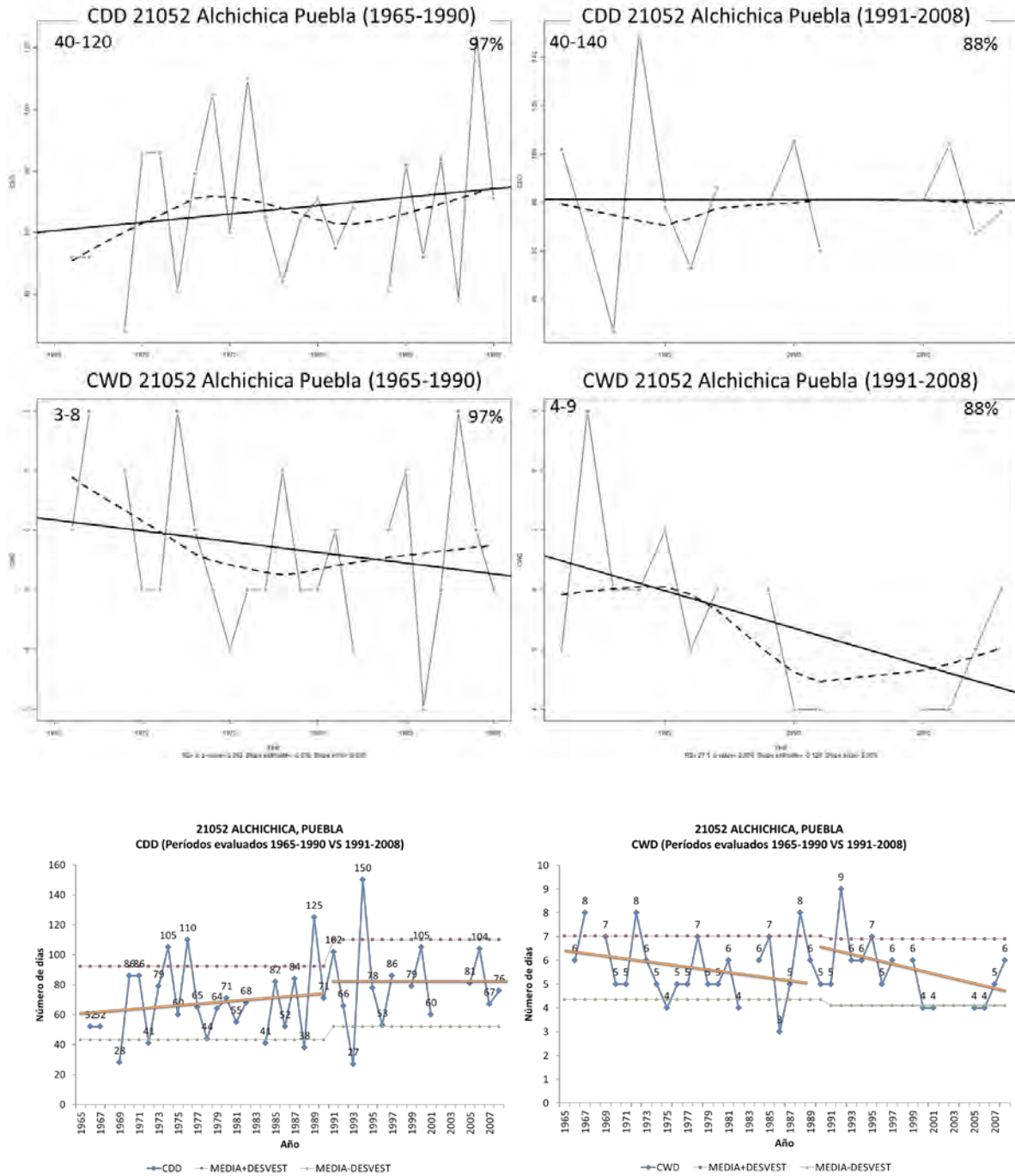
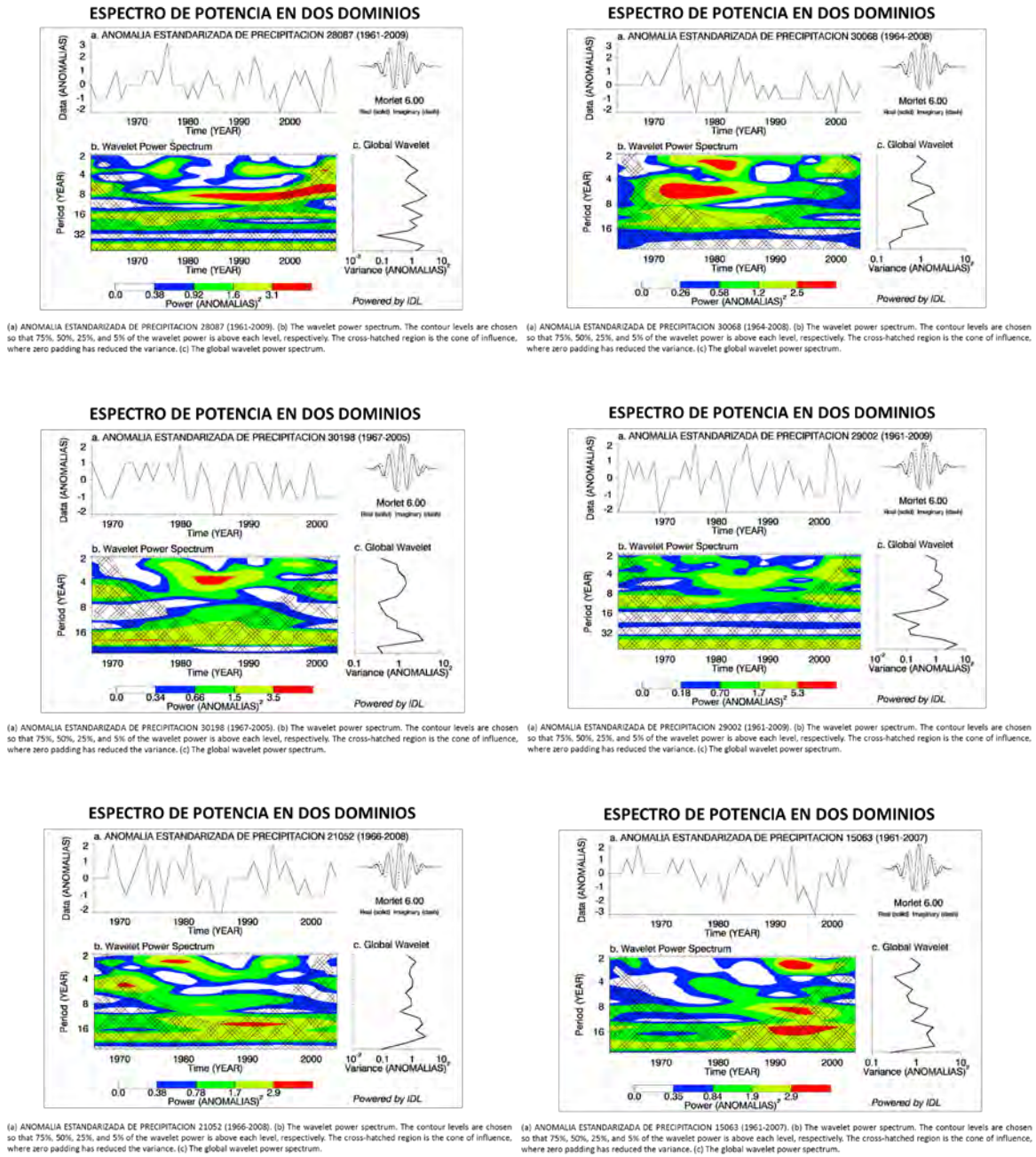




Figura 10. Análisis de Wavelets



En la Figura 10, se presentan los análisis con Wavelets, donde destaca la variabilidad a escala

decadal de la estación 28087, seguida de la variabilidad cada cuatro años de las estaciones



30068, 30198 y 29002, y por último la variabilidad a escala bianual de las estaciones 21052 y 15063, tenemos diferentes escalas asociados a forzantes distintos.

Conclusiones

En las estaciones Nueva Santa Elena, Los Ídolos, Apizaco y San Gabriel muestran un comportamiento similar al periodo de humedad (1985-1988) y sequía (1996-2002), donde destaca la estación Nueva Santa Elena, con una marcada evolución similar. Mientras que las estaciones Zalayeta y Alchichica muestran un comportamiento contrario, es decir, sequía (1985-1988) muy marcada y humedad (1996-2002) con precipitación anual dentro del promedio.

En las estaciones Nueva Santa Elena, San Gabriel, Zalayeta y Alchichica, muestran para el primer periodo 1961-1990 que los **CDD** tienen una tendencia a la alza y los **CWD** tienen una tendencia a la baja, mientras que para las estaciones de Apizaco y Los Ídolos los **CDD** y **CWD** tienen una tendencia a la baja. Mientras que para el segundo periodo 1991-2010 en las estaciones de Nueva Santa Elena y Zalayeta la tendencia es a la alza en los **CDD** y a la baja en los **CWD**, destacando una mayor proporción la estación de Zalayeta. En la estación de Los Ídolos la tendencia va a la baja en los **CDD** y a la alza en los **CWD**, mientras que en la estación de Apizaco tanto los **CDD** como los **CWD** mantienen una tendencia a la alza, y en la estación de San Gabriel la tendencia es a la baja en ambos índices, y en la estación de Alchichica la tendencia es lineal en los **CDD** y en los **CWD** la tendencia es a la baja. Podemos concluir que en el segundo periodo existe una mayor variabilidad en la tendencia de los **CDD** y **CWD**.

En el análisis de Wavelets, en la estación de San Gabriel destaca la variabilidad a escala decadal, mientras que en las estaciones de Los Ídolos, Zalayeta y Apizaco se presenta una variabilidad cada cuatro años y, por último, en las estaciones de Alchichica y Nueva Santa Elena la variabilidad es a escala bianual. Así que tenemos la influencia de la variabilidad de los océanos a diferentes escalas.

Fuentes de Consulta

1. Aguilar, E., C. Peterson, P. Ramírez Obando, R. Frutos, J. A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. González García, R. M. Araujo, A. Rosa Santos, V. E. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Álvarez, M. Bautista, C. Castañón, L. Herrera, E. Ruano, J. J. Sinay,

- E. Sánchez, G. I. Hernández Oviedo, F. Obed, J. E. Salgado, J. L. Vázquez, M. Baca, M. Gutiérrez, C. Centella, J. Espinosa, D. Martínez, B. Olmedo, C. E. Ojeda Espinoza, R. Núñez, M. Haylock, H. Benavides, y R. Mayorga, 2005: Changes in precipitation and Temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003, *J. Geophys. Res.*, 110, D23107, doi:10.1029/2005JD006119.
2. Centro Nacional de Prevención de Desastres – Sistema Nacional de Protección Civil (**CENAPRED-SINAPROC**, 2001. Programa Especial de Prevención y Mitigación del riesgo de desastres 2001-2006. Plan Nacional de Desarrollo, Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación. México. 137 pp.
3. **CEPAL-BID**, 2000. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2000. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. Documento presentado en el Seminario “Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo”. Nueva Orleans, 25 y 26 de marzo de 2000. Elaborado por Zapata R, Rómulo C y Mora S. pp. 47.
4. **CONAGUA**, 2008. Programa Nacional Hídrico 2007-2012. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 164 pp.
5. **CONAPO**, 2006. La Situación demográfica de México 2006. Consejo Nacional de Población, Secretaría de Gobernación, México.
6. **DOF**, 2003a. Reforma a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, LGEEPA. Diario Oficial de la Federación 13 de junio del 2003. Secretaría de Gobernación. México.
7. **DOF**, 2003b. Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico. Diario Oficial de la Federación, 8 de agosto del 2003. Secretaría de Gobernación. México.
8. Eakin, H., V. Magaña, J.L. Moreno, J.M. Martínez, O. Landavazo y J. Smith. 2007. A stakeholder driven process to reduce vulnerability to climate change in Hermosillo, Sonora, Mexico. En: *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Springer Netherlands.



9. Gay, C., 2000, México: Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México. UNAM – SEMARNAP, México. pp. 119 – 142.
10. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Presidencia de la República, 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Poder Ejecutivo Federal. México. 317 pp.
11. Hernández, G. R. y G. Herrerías, 2002. Una experiencia exitosa de desarrollo regional sostenible: El caso del Programa “Agua para Siempre”. Tehuacán Puebla, Alternativas y procesos de participación social, A.C. México.
12. **INE-UNAM**, 2007. Informe de resultados del Proyecto: “Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba”. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, **PNUD-GEF**. México 31 pp.
13. **IPCC**, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.[Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Panel Intergubernamental de Cambio Climático, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
14. Lorenz, E., 1960, Energy and numerical weather prediction. Boston, Tellus, pp. 364-373.
15. Magaña, R. V. O., 1999. Los impactos de “**EL NIÑO**” en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera **UNAM**, Dirección General de Protección Civil, Secretaría de Gobernación, México. 229 pp.
16. Magaña, V., J. Vázquez, J. L. Pérez y J. Pérez, 1998. Impact of **EL NIÑO** on precipitation in México. Geofísica Internacional. Vol. 42. Núm. 3. p. 313 – 330.
17. Magaña, V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En: Martínez, J. y A. Fernández. Cambio climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. P. 17-27.
18. Magaña, V. 2005. Elaboración de escenarios climatológicos para la región de México, Centroamérica y Cuba. Informe de avance de trabajo. Proyecto “Fomento de capacidades para la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba”. **UNAM, INE, PNUD-GEF**. Octubre del 2005. México.
19. Martínez, P. 2007. Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 76 pp.
20. Méndez, Matías, Víctor Magaña, 2010: Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over Mexico and Central America. J. Climate, 23, 1175–1188
21. Obasi, G., 2000. Mitigation of Natural Disasters: **WMO's** Contributions to Societal Needs in the New Millennium. **USA**, World Meteorological Organization Long Beach, **USA**, 10 January 2000.
22. Ortiz, S. C. y P. Méndez, 2000. En México: Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México. Gay, Carlos. 2000. **UNAM-Semarnap**. México. p. 119 – 142.
23. Puebla, Gobierno del Estado 2005-2011, **SMRN** Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales “Síntesis de la Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante Cambio Climático.
24. Rauscher, Sara A., Fred Kucharski, and David B. Enfield The Role of Regional **SST** Warming Variations in the Drying of Meso-America in Future Climate Projections. Journal of Climate, April 2011, Vol. 24, No. 7: pp. 2003-2016
25. Semarnat, 2007. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012, **PNMARN**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 170 pp.
26. Wilhite y Glantz 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International Num. 10. 110-120 pp.



Ingeniería de métodos aplicada para el diseño de un aerogenerador de bajo costo

Azahel Treviño Villegas¹, Lourdes Y. García Rivera, David Lara Alabazares, José O. Coronado Gutiérrez y Gerardo Romero Galván.

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe

¹E-mail: azatrevi@hotmail.com

Resumen

El uso de nuevas fuentes de energía que no sean dañinas para el medio ambiente y afronten el cambio climático, es de suma importancia actualmente en México. Muchas instituciones del sector público y privado han realizado investigaciones en este campo de la ingeniería; tal es el caso, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, donde actualmente se desarrolla un proyecto con enfoque en la energía eólica. Este documento presenta la metodología utilizada en el diseño de un pequeño aerogenerador para uso rural y doméstico. La Ingeniería de Métodos fue tomada como base para la planificación de su construcción y ensamblaje de manera sencilla y segura.

La metodología implementada en este documento establece los pasos a seguir durante la construcción. En primer lugar, el diseño de cada parte integral del aerogenerador puede realizarse mediante la utilización del diseño asistido por computadora (CAD); como son: el rotor, que está diseñado para el óptimo aprovechamiento de una amplia gama de velocidades de viento; el sistema multiplicador de velocidades, el cual aumenta la velocidad recibida del eje del rotor y la multiplica en el eje del generador, para producir la energía eléctrica deseada; el mástil, cuyo diseño está elaborado para soportar la góndola y el rotor, y todas las fuerzas que intervienen sobre ellos. Así, el sistema completo puede visualizarse para la verificación de su correcto ensamblaje y funcionamiento. Posteriormente se elabora un diagrama de flujo el cual muestra de manera detallada cada uno de los aspectos abordados durante la construcción y ensamblaje del aerogenerador.

Palabras Clave: Energía Renovable, Aerogenerador, Ingeniería de Métodos, CAD.

Introducción

El uso de la energía eléctrica resulta fundamental en la actualidad y para el desarrollo futuro, y su uso se encuentra en una demanda que crece continuamente, por lo que encontrar la manera de satisfacer esta necesidad es un reto, tomando en cuenta la reducción de los combustibles fósiles y el cambio climático por el efecto invernadero derivado de la emisión de gases contaminantes.

Una alternativa para la generación de energía eléctrica, sin la utilización de dicho tipo de combustibles, es la energía renovable, tal como lo es la energía eólica. Este tipo de energía es altamente abundante en la mayoría de la superficie del planeta y existe una tendencia muy fuerte en su utilización [1]. El empleo de la fuerza del viento se ha hecho visible desde la antigüedad, un ejemplo de ello, eran las máquinas accionadas por el viento utilizadas en Mesopotamia para el riego y la molienda de granos. A principios del siglo XVII, la fuerza del viento era utilizada para el bombeo de agua [3].

Hoy en día, muchas organizaciones internacionales de países desarrollados se han visto interesadas en el desarrollo de sistemas accionados por la fuerza del viento para la generación de energía eléctrica, su esfuerzo es orientado hacia el descubrimiento de las mejores condiciones de trabajo para el desarrollo de sistemas eficientes [2]. Actualmente, Latinoamérica genera poco menos de 1500 MW de energía eólica, lo que representa tan solo el 1% de la totalidad de energía eólica producida mundialmente. México, en particular, genera alrededor de 53 GW de energía eléctrica, que se generan mediante los recursos del petróleo (49%), hidráulico (21%), gas (15%), carbón mineral (10%), nuclear (3%), y geotérmica (2%), y en el área de la



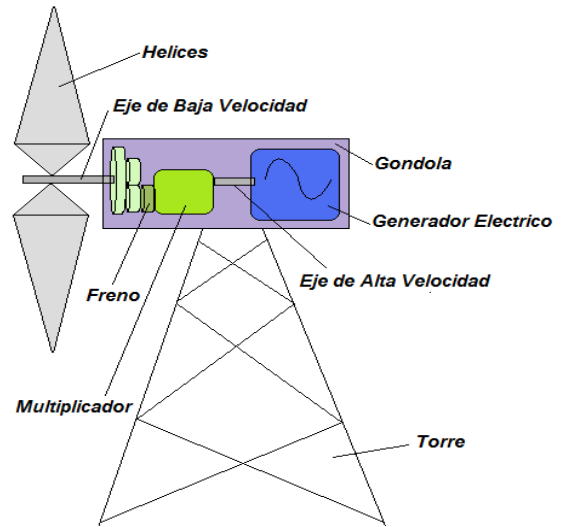
energía eólica la capacidad de su producción ha llegado a los 500 MW, esto derivado de proyectos estatales y la inversión privada, y representa el 0,9% [4]. Aún con todo esto, en México existen regiones en donde el servicio de energía eléctrica no es accesible. Por lo tanto, un pequeño aerogenerador de uso domestico puede ser la solución a esta deficiencia. Además, esta alternativa puede contribuir a la economía del hogar en residencias de zonas urbanas. Tomando como base lo anterior, es que muchas universidades y centros de investigación han desarrollado proyectos relacionados con la generación de energía eólica, tal como lo hace la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en su Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe, cuyo objetivo es el desarrollo de un pequeño aerogenerador de bajo costo para uso rural y domestico. El presente documento muestra una metodología detallada del proceso de construcción de un pequeño aerogenerador, teniendo como herramienta principal la ingeniería de métodos para su óptima construcción y su enfoque está dirigido principalmente a la industria y estudiantes de ingeniería. Los materiales utilizados resultan de bajo costo en el mercado. Los autores proponen un ensamble simple y sencillo de todas las partes integrales del aerogenerador. Otro aspecto importante dentro de este documento es la utilización de software CAD* para el diseño y cálculo de los coeficientes aerodinámicos.

Conceptos básicos

Un aerogenerador es un dispositivo que toma la energía del viento y la transforma a energía eléctrica. Se compone de un generador eléctrico accionado por un rotor aerodinámico. La fuerza del viento suministra de energía dinámica al rotor, que a través de un sistema de transmisión mecánica, hace girar el eje de un generador. Entonces la energía mecánica de rotación es convertida en energía eléctrica [5]. La Figura 1 muestra los elementos principales de un aerogenerador, los cuales son: a) el mástil, el cual soporta la góndola, y su parámetro principal es la altura, b) la góndola, la cual alberga el sistema multiplicador de velocidades y el generador eléctrico, c) el rotor, consiste en tres palas aerodinámicas montadas sobre un disco, captura la energía del viento y transmite su potencia al eje de baja velocidad, d) el sistema multiplicador de velocidades, recibe la velocidad transmitida del eje

de baja velocidad y la aumenta para un giro más rápido en el eje del generador, y e) el generador, que consta de una máquina eléctrica que convierte el movimiento giratorio en electricidad [13].

Figura 1. Componentes de un aerogenerador



A. Principios aerodinámicos.

La aerodinámica de un aerogenerador describe la fuerza del flujo de viento que actúa sobre dicho aparato [8]. La Figura 2 muestra un aerogenerador de eje horizontal, en donde puede observarse un flujo de aire que pasa a través del rotor con una velocidad de entrada y una velocidad de salida, V_1 y V_2 , donde $V_2 < V_1$. La velocidad V_2 está dada por $V_2 = V_1(1 - 2a)$ y la velocidad del viento esta expresada por $V_r = V_1(1 - a)$, donde a representa el coeficiente de velocidad inducida; entonces, de acuerdo con el teorema de Froude tenemos [9]:

$$V_r = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

La energía mecánica se da en función de la energía disipada, como se muestra a continuación:

$$P_m = (\rho V_r \frac{\pi D^2}{4}) (\frac{1}{2} V_1^2 - \frac{1}{2} V_2^2)$$

Esto puede expresarse también como:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho V_1^3 \frac{\pi D^3}{4} (1 - a)(1 - (1 - 2a)^2)$$



Considerando el valor óptimo $a = 1/3$, se obtiene:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho V \frac{\pi D^3}{4} \frac{16}{27}$$

En forma adimensional se puede expresar como:

$$C_p = \frac{P_m}{\frac{1}{2} \rho V_1^3 \frac{\pi D^3}{4}}$$

Este coeficiente indica la cantidad de energía útil obtenida del viento que pasa por el rotor. De acuerdo con la ley de Betz, el coeficiente $C_p = 16/27$, entonces, un aerogenerador puede convertir en energía mecánica hasta un 60% de la energía cinética del viento que pasa por el rotor. Otro parámetro importante es el torque T transmitido del eje del rotor al generador. Este parámetro puede ser representado por el coeficiente C_q , y está dado por:

$$C_q = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho V_w^2 \frac{\pi D^3}{8}}$$

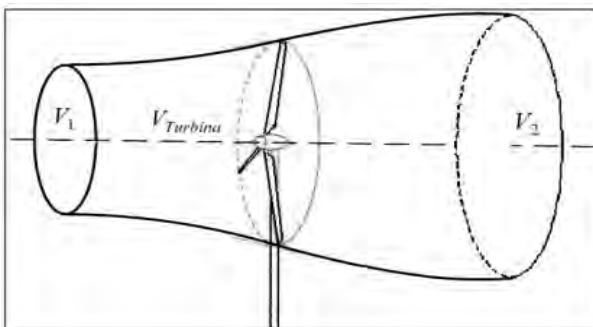
Donde V_w es la velocidad del viento. La relación entre la velocidad tangencial del rotor y la velocidad del viento se conoce como Tip Speed Ratio* (TSR) y está definida por la siguiente fórmula:

$$\lambda = \Omega \frac{D/2}{V_w}$$

Donde Ω es la velocidad angular del rotor. La potencia está dada por el producto de la velocidad angular y el torque $P_m = T - \Omega$, por lo tanto

$$C_q = C_p / \lambda$$

Figura 2. Flujo de viento a través de un turbina eólica



B. Fuerzas aerodinámicas.

Para el diseño de palas del rotor del aerogenerador, resulta necesario analizar la acción del viento sobre la superficie del material de la pala, que puede considerarse como la superficie de sustentación mostrada en la figura 3. La cuerda c es una línea que conecta el borde de entrada con el borde de salida y forma un ángulo α (llamado ángulo de ataque) con la dirección relativa del flujo de aire. La fuerza que actúa sobre la pala del rotor es el efecto causado por la velocidad relativa del viento V_{rel} [10]. La velocidad total es la relación entre la velocidad del viento y la velocidad de rotación de la pala. La fuerza resultante es la suma de las fuerza de sustentación (L) y de arrastre D [11].

Fuerza de sustentación (L), es producida por una característica de la pala cuando el viento actúa sobre ella, esta se dirige de abajo hacia arriba y perpendicular al viento relativo. En un rotor de un aerogenerador, el viento que lo ataca de frente produce la rotación. Esta fuerza puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$L = \frac{\rho c V_{rel}^2 C_L}{2}$$

Donde ρ es la densidad del aire, V_{rel} es la velocidad relativa del aire, c es la cuerda, C_L es el coeficiente de sustentación.

Fuerza de arrastre (D), actúa en dirección opuesta al movimiento de la pala, y está dada por la siguiente expresión:

$$D = \frac{\rho c V_{rel}^2 C_D}{2}$$

Donde C_D es el coeficiente de arrastre. Tanto el coeficiente de sustentación como el de arrastre, son funciones del ángulo de ataque y puede ser expresado como $\alpha = \phi - \beta$, donde ϕ es el ángulo entre la dirección del flujo local y el plano de rotación, y β es el ángulo de inclinación de la pala [12].

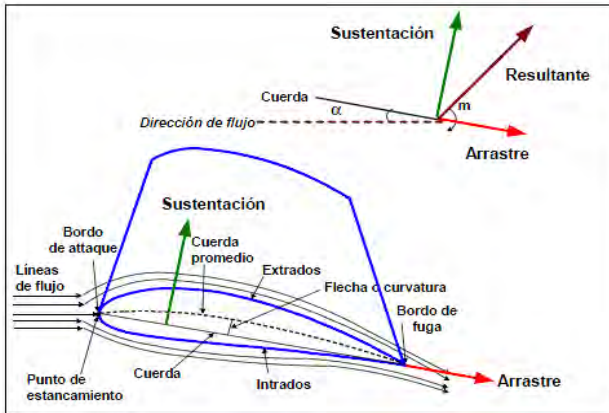
Diseño de prototipo

El diseño de un producto o su innovación es de suma importancia para el desarrollo de la economía y los estándares de vida. Aunque existen empresas internacionales que experimentan muy pocos cambios en sus productos, la mayoría de ellas están



en constante evolución. En estas circunstancias, la introducción de nuevos productos es un estilo de vida, y por lo tanto se han puesto en marcha métodos sofisticados para el desarrollo de ellos.

Figura 3. Fuerzas que actúan en la pala del rotor



Mediante el uso de la Ingeniería de Métodos, el desarrollo de un producto puede realizarse mediante diferentes etapas, que deben seguirse para la obtención de una solución adecuada a todos los problemas involucrados en la vida útil del producto.

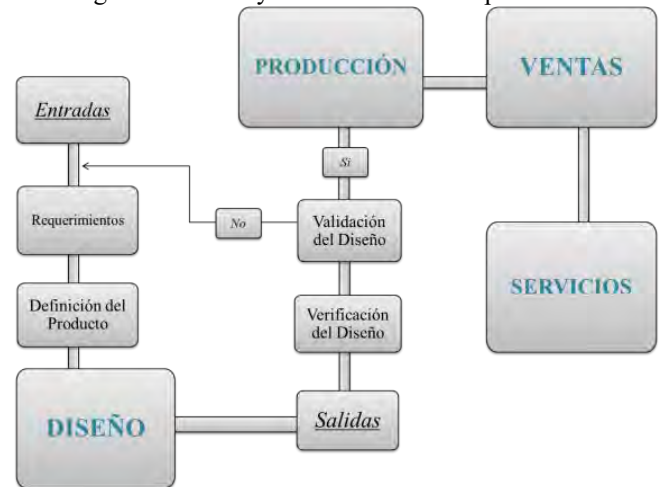
El diseño es la primera etapa en el ciclo de vida de un producto y surge del hecho de satisfacer una necesidad que no había sido prevista o que puede ser mejorada de acuerdo a la evolución de las mismas, esto se puede observar en la figura 4. Durante esta etapa, es necesario tomar en cuenta los principios de funcionamiento en acorde con la necesidad y el producto propuesto. El siguiente paso consiste en determinar la forma, dimensiones, materiales, componentes y procesos a seguir durante la construcción o la aplicación de producción en masa.

A. Ingeniería de métodos.

Se refiere a una técnica para el aumento de la producción por unidad de tiempo. Como consecuencia el costo por unidad disminuye, y puede definirse como una técnica que somete cada operación en particular del producto a un análisis detallado, con el fin de eliminar cualquier operación innecesaria. De esta forma, se puede encontrar el camino más rápido para realizar cualquier tipo de operación. La Ingeniería de Métodos comprende la estandarización de los equipos, métodos y condiciones de trabajo y la capacitación del

operador, para seguir la metodología establecida y sea capaz de cumplir ordenadamente cada uno de los pasos establecidos [15]. Aunado a ello, determina de acuerdo a estudios muy precisos, la cantidad de tiempo en que un operador, en condiciones normales, puede realizar el trabajo [13].

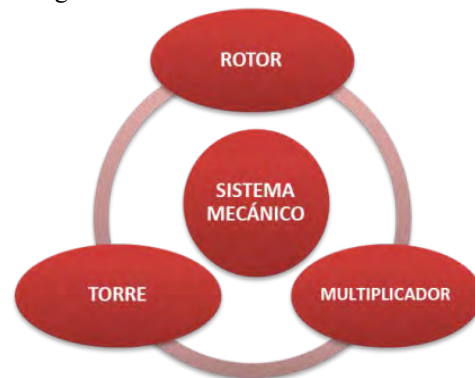
Figura 4. Diseño y ciclo de vida de un producto



B. Diseño de sistema mecánico.

Para el diseño mecánico primeramente se deben establecer los parámetros del sistema, entonces se realizan todos los cálculos sobre él. Posteriormente, con la herramienta CAD, se realiza un dibujo de todo el sistema y de los planos de construcción usando los criterios adecuados sobre la distribución de mecanismos y esquemas de montaje. El sistema mecánico del aerogenerador se puede dividir en tres grupos, tal y como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Partes de un sistema mecánico





El rotor del aerogenerador, está formado por tres palas diseñadas bajo un perfil NACA 4412*. El diámetro del rotor se calcula considerando la potencia del aerogenerador. De acuerdo con el diámetro del rotor aunado a otros aspectos como el coeficiente de potencia, la densidad del aire y la velocidad promedio del viento, es que se puede calcular el área barrida por la turbina. Los parámetros aerodinámicos se calculan por medio de software de análisis de fluidos. En este caso utilizamos el programa JAVAFOIL, el cual es un programa de libre distribución [14].

La mayoría de los aerogeneradores disponen de una caja de engranes como sistema multiplicador [16]. Sin embargo, el prototipo propuesto en esta investigación, utiliza un sistema basado en bandas y poleas, debido a su bajo precio y fácil adquisición. El diseño propuesto, consta de tres conjuntos de éstas, con el fin de conseguir un factor de multiplicación de por lo menos 30 veces la velocidad de rotación del eje de entrada; y así, alcanzar la velocidad nominal del generador. La potencia que se puede transmitir a través de las bandas va a depender del tipo de material usado por el fabricante. El factor de multiplicación de una polea que gira a $N_1 RPM$ a otra que gira a $N_2 RPM$ esta dado por $K = K_1 + K_2$. La selección del tipo de banda depende de la potencia que se desea transmitir y el número de RPM en cada polea. Para calcular la velocidad de rotación de la polea accionada se multiplica el diámetro de la polea motriz por su velocidad de rotación, y el resultado se divide por el diámetro de la polea impulsada. El cálculo de la longitud de las bandas se realiza basándose en el diámetro de las poleas y la distancia entre sus centros.

La góndola está montada sobre un mástil tubular, que se encuentra en equilibrio sujetado por cuatro cables tensores, dos de ellos alineados al plano de simetría XZ , mientras que los otros dos al plano YZ . Existen dos parámetros principales para realizar los cálculos de las fuerzas que actúan sobre el mástil, las cuales son el peso y la altura del aerogenerador. El peso total soportado por el mástil se refiere a la suma entre el peso del generador, el rotor, el sistema multiplicador y el propio peso del mástil. Otro aspecto que se debe tener en consideración en cuanto al diseño, es la fuerza ejercida por el viento sobre cada uno de los

elementos del rotor. Con ayuda de la mecánica vectorial se puede calcular la tensión en cada cable, así como la tensión en las tuercas de los pernos y los tensores. Por último, se debe definir el tipo de cimentación, que depende de las características del mástil, cables de tensión y el suelo.

Diseño asistido por computadora

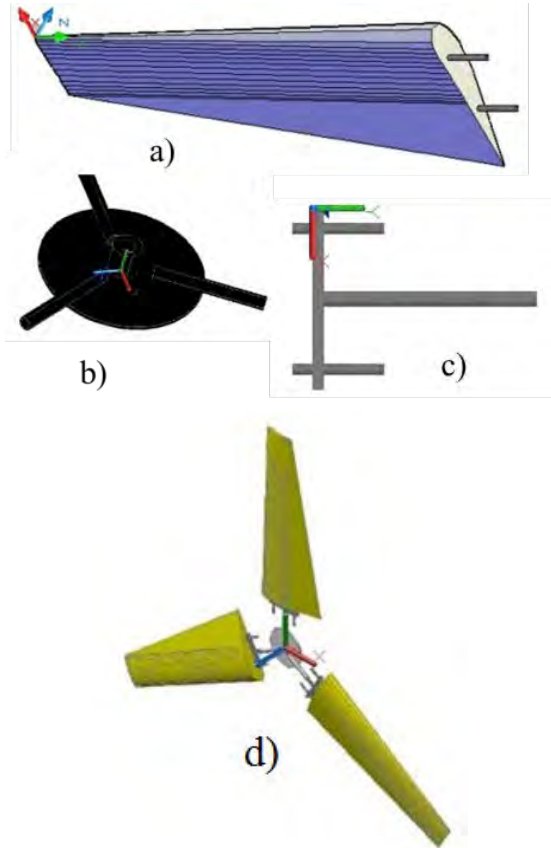
Para el diseño asistido por computadora, existen diversos programas computacionales para realizar el diseño preliminar del sistema y que sirven como base para la elaboración de sistemas mecánicos. AutoCAD es un programa para el diseño de dibujos en 2D y 3D, aunque este no presenta la facilidad de analizar el comportamiento en condiciones reales [17]. La figura 6-a muestra el diseño de la pala con perfil NACA 4412, la cual tiene una longitud de 1.30 m. Con ayuda del programa JAVAFOIL* se determinan los puntos que definen su forma, una vez obtenidos, se exportan a AutoCAD para dibujar cada elemento de la pala. Dichos elementos se dibujan utilizando el comando "line". El diseño del disco de rotor se muestra en la figura 6-b, y se compone de tres tubos soldados a éste, separados 120° uno con respecto al otro, estos sirven para el montaje de las palas. Con el fin de lograr el ensamble entre el disco de rotor y la pala, se diseñó un acoplamiento, el cual es una varilla cilíndrica soldada perpendicularmente a una barra rectangular con dos barrenos en sus extremos, en los cuales embona la pala, como lo indica la figura 6-c; el dibujo de esta pieza es sencillo y se realiza utilizando los comandos "circle" y "extrude" para dibujar el cilindro, y se une en el centro de la varilla rectangular. Finalmente usando los comandos "line", "circle", "arc" y "extrude", todas las partes son dibujadas y unidas entre sí por medio del comando "union", que permite formar el sistema completo y que se puede visualizar utilizando la función "view", como se puede observar en la figura 6-d. El rotor cuenta con un diseño aerodinámico para la captura de la energía del viento. El sistema multiplicador de velocidades, basa su diseño en bandas y poleas, y transmite la velocidad de giro del eje del rotor a una velocidad nominal al eje del generador.

Como se puede observar en la figura 7, el sistema se compone de barras de metal rectangulares, ejes, poleas y rodamientos estándar. El dibujo del mástil está hecho con base en los comandos "circle" y "extrude" para obtener un cilindro alargado, posteriormente con el comando "union", dicho



cilindro se une perpendicularmente a una placa cuadrada que representa la base del mástil.

Figura 6. Diseño en AutoCAD de las piezas del rotor



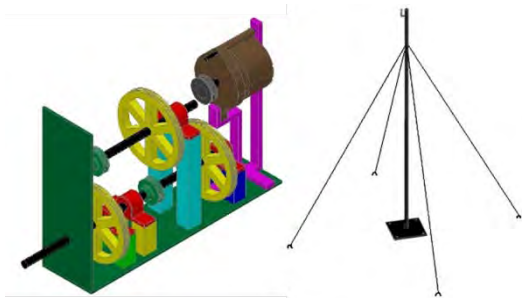
esqueleto de las palas está construido a base de 13 costillas de madera con perfil de ala, éstas costillas se unen mediante una varilla de madera que es colocada en el centro de esqueleto, y dos varillas metálicas situadas paralelamente a la varilla central. Las dos varillas metálicas están roscadas de uno de sus extremos, para la fijación de la pala en el disco del rotor. El interior de las cavidades formadas por las costillas dentro de la pala son rellenas con espuma de poliuretano.

Las palas están cubiertas por fibra de vidrio y resina, así mismo están protegidas por varias capas de pintura a base de aceite para una mayor durabilidad y para reducir la fricción del aire. El vínculo para unir las palas con el disco de rotor, fue construido con una varilla cilíndrica de acero inoxidable (largo: 11", diámetro: 0.5"), la cual fue soldada en el centro de una barra de PTR de 9" de largo. Esta barra de PTR presenta en sus extremos un orificio, para sujetar las palas.

El disco del rotor (figura 8) fue diseñado de tal forma, que permita ajustar el ángulo de ataque adecuado de las palas y fue construido de metal con un diámetro de 8". Tiene soldados 3 tubos, con una separación de 120° cada uno; en ellos son introducidas las varillas de las palas, para lograr su unión con el rotor.

El sistema multiplicador presenta un mecanismo basado en poleas, tal como se muestra en la figura 9, y tiene un factor de multiplicación de 30; entonces para una entrada angular de 50 RPM, la potencia de su salida será de 1500 RPM, que es la velocidad nominal de un alternador de automóvil.

Figura 7. Diseño de sistema multiplicador y mástil



Construcción y ensamble

El material utilizado en la construcción de las palas del rotor, resulta muy accesible y económico. El

diseño establece que el montaje y desmontaje de los elementos sea lo más simple posible. Para el montaje es necesario hacer algunos ajustes, los cuales consiste en alinear cada par de poleas, y calibrar la tensión de las bandas. Un par de chumaceras son utilizadas para cada eje de poleas, las cuales deben lubricarse periódicamente para lograr su óptimo rendimiento.

Con ayuda de un dinamómetro apoyado en un brazo de palanca, se midió el torque necesario para hacer girar el eje principal de la caja multiplicadora. Se realizó una prueba de banco en la cual se midió la velocidad angular de entrada y de salida con la ayuda de un tacómetro, permitiendo así encontrar el



factor de multiplicación del sistema. El sistema presenta también, una estructura o bastidor para el montaje del generador eléctrico, así como un dispositivo para fijar la veleta del aerogenerador.

El mástil del aerogenerador está conformado por un tubo con una longitud de 6 metros y un diámetro de 3". La base del mástil es una placa cuadrada que está unida a una base de concreto por medio de cuatro pernos. Este dispositivo está equilibrado con cuatro cables tensores, de los cuales, dos están alineados al plano de simetría XZ y los otros dos al plano YZ, teniendo una distancia de 5 metros en el suelo a partir de la base de concreto.

Para el proceso de izamiento del aerogenerador se utilizaron dos vehículos, uno para tirar del mástil y levantarlo, y otro para sostenerlo. La figura 10 muestra el aerogenerador instalado en campo.

Resultados

A. Diagrama de flujo.

La etapa de montaje del aerogenerador, requiere de la selección correcta del lugar de colocación y de un proceso ordenado para el ensamble de cada pieza. Para lograr este fin, un diagrama de flujo es elaborado durante la etapa de diseño. Un diagrama de flujo es una representación de la interacción de los elementos durante los procedimientos. Es una herramienta que resulta esencial en la Ingeniería de Métodos debido a que presenta gran ayuda en el diseño de cualquier representación grafica de un proceso o parte del mismo.

El primer paso en la construcción del aerogenerador fue el diseño del diagrama de flujo. La figura 11 muestra un diagrama de flujo general y describe la forma de montar cada componente. Es importante mencionar que la Lista de Materiales (BOM, por sus siglas en ingles) juega un papel importante dentro del proceso, en caso de no estar completa, resulta imposible concluir la construcción del aerogenerador.

Contiene toda la información necesaria que explica el funcionamiento y el uso del aerogenerador, así como su forma de construcción. El contenido de este manual de usuario debe ser claro, y debe contener una descripción completa y eficiente de la construcción del aerogenerador, de manera simple y sin presentar contratiempo alguno. También

conocido como guía, muestra una descripción gradual del diagrama de flujo. La figura 12, muestra una parte del manual de usuario, se trata de una ilustración que aclara el montaje final y permite al usuario apreciar la forma en la que deben ensamblarse cada uno de los componentes del sistema multiplicador.

Figura 8. Rotor de aerogenerador



Figura 9. Sistema multiplicador

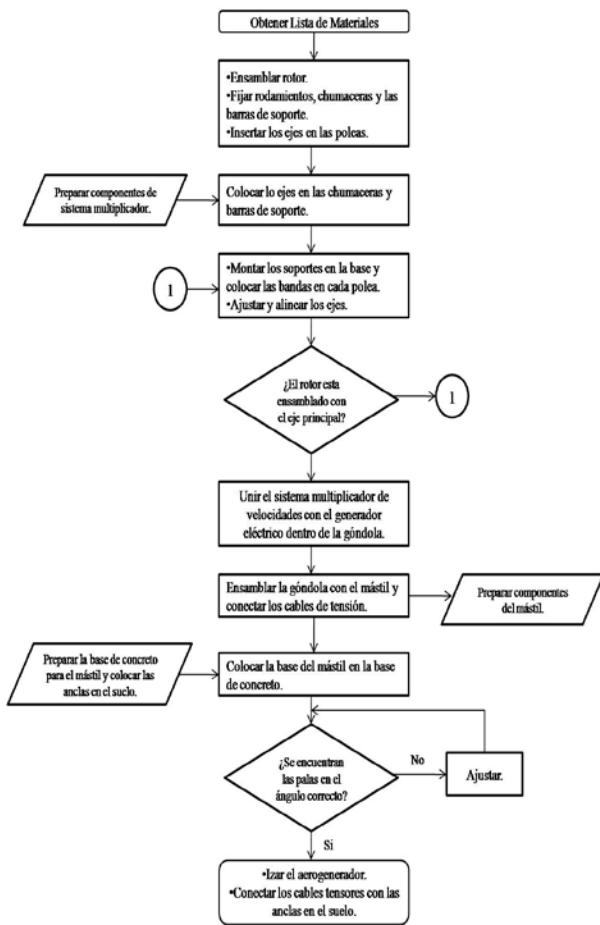


Figura 10. Aerogenerador instalado





Figura 11. Diagrama de flujo de construcción



B. Manual de usuario.

Primeramente se montan las barras de metal sobre la placa de base, y sobre ellas los rodamientos y chumaceras, posteriormente los ejes y las poleas y finalmente las bandas se colocan en cada conjunto de poleas.

C. Datos experimentales.

Los datos experimentales se obtuvieron durante un intervalo de tiempo. Por medio de la ayuda de un tacómetro y un anemómetro, es que pudo ser medida de la velocidad del rotor y del viento respectivamente. Los datos se organizaron tomando como base la velocidad del viento, con el fin de obtener una función de la velocidad del rotor con respecto a la del viento. Por medio del comando "polyfit" de MATLAB es que dicha función pudo ser conseguida. Un polinomio de segundo orden se ajusta con los datos medidos. La figura 13 muestra

el comportamiento de esta función, cuyo sentido esta dado desde el punto de vista de la mecánica. Es necesario mencionar que la velocidad medida del rotor pertenece al sistema sin carga en el generador.

Figura 12. Esquema de construcción del sistema multiplicador.

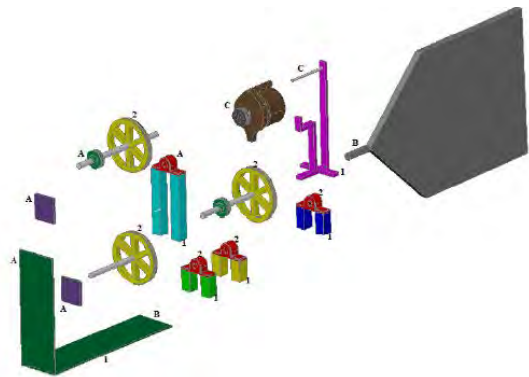
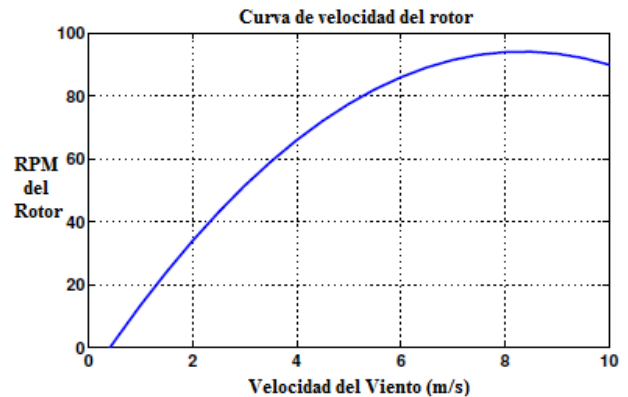


Figura 13. Gráfica de la función de la velocidad del rotor.



Conclusiones.

En este trabajo de investigación, se logró la construcción de un pequeño aerogenerador, tomando de base los lineamientos establecidos por la Ingeniería de Métodos. Lo que resulta altamente útil para propósitos educativos y establece un punto de partida para investigaciones futuras en el área de energías renovables dentro de nuestra institución. Esto, teniendo en cuenta que las plataformas experimentales utilizadas para validar algoritmos de control o sistemas eléctricos para aerogeneradores, actualmente en el mercado, resultan muy costosas. En consecuencia, esta metodología es muy



importante en el desarrollo de este tipo de sistemas cuando se tiene un presupuesto limitado.

Algunos resultados obtenidos de la implementación del prototipo, son el manual de usuario y el diagrama de flujo, permitiéndole al usuario una puesta en marcha del aerogenerador sin dificultades. Resultando esto posible gracias a la aplicación del dibujo asistido por computadora en conjunto con la Ingeniería de Métodos.

Los materiales, componentes y herramientas utilizados durante el proceso de fabricación del aerogenerador, son de buena calidad, accesibles en el mercado y de bajo costo.

Con los resultados de los datos experimentales del aerogenerador, fue posible la obtención de la curva de velocidad del viento, la cual será utilizada para el diseño del sistema eléctrico.

Fuentes de Consulta

1. J. L. Rodríguez, S. Arnalte, y J. C. Burgos, “*Sistemas Eólicos de producción de energía eléctrica*”. Primera edición. España: Rueda S.L, 2003.
2. A. Pullen, L. Qiao y S. Sawyer, (2008, Dec), Global wind 2008 report, global wind 2008 report.pdf, [Online]. Disponible: <http://www.gwec.net/fileadmin/documents/>
3. J.A. Carta, R. Calero, A. Colmenar y M. A. Castro, “Centrales de Energías Renovables”, Primera edición. España: Pearson, 2009.
4. –, (2012) Comisión Federal de Electricidad México, [Online]. Disponible: www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/Paginas/QuienesSomos.aspx
5. J.F Manwell, J.G. Mc Gowan y A.L.Rogers, “*Wind Energy Explained, Theory, Design and Application*”. Segunda edición. Reino Unido: Wiley, 2009.
6. A. Hemami, “*Wind Turbine Technology*”. Primera edición. E.U.A.: Cengage Learning, 2011.
7. E. Hau , “*Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Application, Economics*”. Segunda edición. Alemania: Springer, 2005.
8. O. Anaya, N. Jenkins, J. Ekanayake, P. Cartwright y M. Hughes, “*Wind Energy Generation, Modelling and Control*”. Primera edición. Reino Unido: Wiley, 2009.
9. Munteaun, A.I. Bratcu, N.A. Cutululis y E. Ceanga, “*Optimal Control of Wind Energy Systems*”. Primera edición. Reino Unido: Springer, 2010.
10. F.D. Bianchi, H. De Battista, R.J. Mantz, “*Wind Turbine Control Systems, Principles, Modelling and Gain Scheduling Design*”. Primera edición. Alemania: Springer, 2010.
11. M.O.L. Hansen, “*Aerodynamics of Wind Turbines*”. Segunda edición. Reino Unido: Earthscan, 2008.
12. D. Wood, “*Small Wind Turbines, Analysis, Design and Application*”. Primera edición. E.U.A.: Springer, 2011.
13. H.B. Maynard, “*Manual de la Ingeniería de la Producción Industrial*”. Quinta edición. México: McGraw Gill, 2004.
14. M. Hepperle (2006), JAVAFOIL, Analysis of airfoils [Online]. Disponible: www.mh-aerotools.de/airfoils/javafoil.htm
15. B.W. Niebel y A. Freivalds, “*Methods, Standards and Work Design*” Undécima edición, E.U.A.: McGraw-Hill, 2003.
16. P. Jamieson, “*Innovation in Wind Turbine Design*”. Primera edición. Reino Unido: Wiley, 2011.
17. C. Cebolla Cebolla, “*AutoCad 2007*”. Primera edición. España: Alfaomega, Rama, 2007.



Desbalance hidrológico y brecha hídrica en cuencas de zonas áridas de Baja California Sur, Noroeste de México

Enrique Troyo-Diéguez¹, Sara C. Díaz-Castro¹, Arturo Cruz-Falcón¹, Mariano Norzagaray-Campos², Raúl López-Aguilar¹

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Email: etroyo04@cibnor.mx

² Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. CIIDIR -IPN Sinaloa.

Resumen

En Baja California Sur (BCS) prevalecen climas muy secos-semicálidos y cálidos, asociados con la tendencia extremosa de las temperaturas diurnas y con la sequedad ambiental. En el estado, la temperatura máxima en verano sobrepasa los 40 °C y la mínima oscila de 5 a 12 °C, con mínima estatal de 2 °C en invierno en la parte alta de la Sierra de La Laguna; sólo en la región de Los Cabos se presenta un clima cálido subhúmedo.

Debido a que la precipitación en el estado es baja, oscilando de 310 mm en el sur a 120 mm anuales en la porción norte, los escenarios en condiciones de cambio climático apuntan hacia una acentuación de las sequías. Con los valores de t y PP correspondientes a diferentes escenarios de cambio climático para cuatro estaciones y mediante una modificación escalar del Índice de De Martonne, se calcularon los indicadores IDHA (índice de disponibilidad hidroambiental) e ISHA (índice de sequía hidroambiental), y se aplicaron para estimar la brecha hídrica estandarizada (BHE), cuantificación del déficit hídrico que se propone en este trabajo.

El máximo valor de BHE (10 unidades), el cual indica prevalencia de sequía, se observó de febrero a junio en prácticamente todo el estado. Se concluye que el análisis de las tendencias de PP y t y su integración en indicadores biparamétricos, constituye una herramienta confiable para la construcción de escenarios de cambio climático.

Introducción

El concepto “desierto” tiene que ver y está relacionado con un lugar que puede sostener y brindar hábitat a un número relativamente limitado de seres vivos, es decir, se trata de un territorio con poca biomasa y escasa productividad biológica (ONU, 1994).

Por su parte, ‘aridez’ es una palabra de origen latino

(*aridus*) que significa seco, es decir, sin humedad. Sin embargo, la aridez es algo más que sequía, puesto que en su concepto intervienen diversos elementos y factores climáticos, entre lo que destacan las altas temperaturas, baja precipitación y la intensa radiación. Desde el punto de vista hidrológico, la aridez se define en términos de volumen de flujo anual, como una relación directa entre los atributos de los almacenamientos o depósitos superficiales, la hidrología subterránea y los procesos geomorfológicos (Watkins, 2003). Por otro lado, la eficacia del agua en el suelo depende de numerosos factores terrestres, entre los que destaca la evaporación (Mercado-Mancera *et al.*, 2010).

Los recursos agua, suelo, biota y energía, se encuentran estrechamente asociados interactuando con el clima, cuyas variaciones y fluctuaciones pueden modificar las propiedades y atributos del entorno ambiental, causando procesos de degradación, como la erosión y desertificación.

El entendimiento de las causas que modifican el uso del suelo y que generan cambios en la cubierta vegetal está dominado por simplificaciones que fundamentan las políticas de desarrollo y conservación del ambiente (Lambin *et al.*, 2001). La falta de agua dulce, la degradación del suelo y la pérdida de diversidad biológica, expresados en la desertificación, constituyen la amenaza más implacable para la humanidad; al respecto, la desertificación es uno de los principales problemas ambientales a los que se enfrentan los países con clima árido, semiárido y seco-subhúmedo.

Los síntomas de las fluctuaciones climáticas, de la erosión y desertificación, son evidentes en áreas que tienden a ensancharse. La desertificación ha llegado a ser uno de los más importantes temas ambientales en los ámbitos científico, político y también popular (ONU, 1994). La desertificación fue uno de los principales problemas abordados en la



Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992.

La gestión de los recursos naturales en Sudcalifornia y en el noroeste de México, ante el siglo XXI y en el marco de un desarrollo perdurable, deberá evaluar la vulnerabilidad de sus ecosistemas y agrosistemas frente a potenciales y diversos escenarios originados por la desertificación y el cambio global, en términos del agotamiento hídrico, degradación, fragmentación y pérdida de recursos.

El estado de BCS es extraordinariamente seco y árido; el presente análisis se centra en la evolución de las precipitaciones en las que se observan marcados ciclos de sequía. Se analizan los índices de aridez en esta entidad de la República Mexicana y se hace especial mención a las sequías, analizando las aportaciones de agua a cuencas prioritarias que sostienen el desarrollo socioeconómico (Troyo-Diéguez *et al.*, 2010).

En ese sentido, se expone un análisis comparativo de las tendencias de la temperatura, precipitación y aridez hidroambiental entre localidades contrastantes de BCS, mediante la aplicación de 'Índices de Aridez' y la determinación de la brecha hídrica estandarizada (BHE), a través de una modificación numérica escalar del 'Índice de De Martonne' (IM) y su derivación en indicadores hídricos, para adecuarlos como estimadores de la deficiencia de agua, aridez y desertificación a las condiciones climáticas de BCS, en escenarios de cambio climático.

Métodos

Se definieron cuatro regiones en BCS conformadas por valles o cuencas actualmente vulnerables al cambio climático y a procesos de desertificación, dado su perfil termo-pluviométrico y las condiciones de explotación agropecuaria en las que se encuentran (Cuadro 3).

De acuerdo con los gradientes de precipitación y oscilaciones de temperatura, el clima de BCS varía del tipo subtropical seco al extremadamente árido, con vegetación dominante de tipo sarcocaula, matorral espinoso y algunas gramíneas anuales con densidades de población reducidas, principalmente en las épocas de sequía. Mediante la aplicación del método de zonificación climática según el criterio de interpretación del Índice Climático (Ic) desarrollado

por FAO-UNESCO (Simota y Dumitru, 2010), las regiones evaluadas corresponden a una zona árida.

Por otra parte, los acuíferos que abastecen las localidades estudiadas se encuentran en condiciones de sobreexplotación, siendo el acuífero de San José del Cabo, en el sur del estado, el que acusa un mayor déficit hídrico, alcanzando una magnitud de -5.91 Mm^3 anuales (DOF, 2010, 2011).

Para la cuantificación numérica de la aridez y sequía, y su aplicación en la interpretación del proceso de desertificación, diferentes métodos se han propuesto y utilizado para la delimitación y caracterización de las zonas áridas y semiáridas.

El cálculo de la relación PP/t , en $\text{mm}/^\circ\text{C}$, es una de las alternativas numéricas que se aplica en este tipo de estudios (Amador-García *et al.*, 2011), la cual fue publicada y ha sido referida como el Índice de Lang (Hubálek y Horáková, 1988; Sánchez-Torres Esqueda *et al.*, 2011).

Entre los indicadores que se han reportado, el Índice de Martonne (IM) es muy utilizado por su sencillez, requiriendo únicamente datos mensuales de precipitación y temperatura (Amestoy-Alonso y Amestoy-García, 2009); dicho índice se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$IM = (12 * PP)/(t + 10) \quad (1)$$

Donde, PP: precipitación mensual (mm) y t : temperatura media mensual ($^\circ\text{C}$); 12 es una constante para la aplicación del modelo al análisis de datos mensuales.

Cuando el índice mensual de De Martonne (ecuación 1) es superior a 20, se considera un mes húmedo, si su valor fluctúa entre 10 y 20 corresponde a un mes semi-árido, y un mes árido es aquel cuyo índice tiene un valor inferior a 10.

La dificultad en la aplicación del ÍM radica en la escasa posibilidad que presenta para realizar comparaciones de estaciones o regiones cuantitativamente similares, además de reflejar una condición de pluviosidad y no de aridez o sequía, toda vez que aumenta su valor de manera directamente proporcional a la PP.

Para alcanzar una mayor resolución del índice mencionado, se realizó un análisis numérico del



mismo para detectar e incrementar su sensibilidad a un gradiente de valores de PP y t, con períodos de precipitación muy baja o nula. Lo anterior obedeció a que la tendencia del IM es numéricamente imperceptible para el período seco, tendencia caracterizada por valores muy bajos (Mercado-Mancera *et al.*, 2010).

Con el propósito de encontrar un ajuste apropiado a la ecuación de De Martonne, mediante el método de los mínimos cuadrados dicha ecuación se ajustó a un modelo numérico alternativo que estuviese altamente correlacionado con el déficit hídrico y que a la vez fuese sensible a valores bajos de precipitación.

El planteamiento surgió ante la necesidad de contar con un índice cuya escala esté limitada de 0 a 10 unidades y sea aplicable a condiciones de precipitación menor a 100 mm mensuales, característico de las zonas áridas.

El mencionado indicador alternativo modificado a partir de la ecuación del IM, fue definido mediante la función:

$$IDHA = Ke (12*PP)/(t + 10) \quad (2)$$

Donde: *IDHA* es el Índice de Disponibilidad Hidroambiental, *PP* es la precipitación mensual en mm, *t* es la temperatura media mensual en °C y *Ke* es un coeficiente adimensional de ajuste de escala, con valor de 0.193.

A su vez, para complementar la condición hídrica a partir del índice *IDHA* (Ecuación 2), se definió la siguiente relación:

$$ISHA = 10 - IDHA \quad (3)$$

Donde: *ISHA* es el Índice de Sequía Hidroambiental. El factor de ajuste *Ke* en la Ecuación 2 propuesto para modificar el IM se estableció con valor de 0.193, dado que en las condiciones de aridez de la zona estudio, ajusta con mayor sensibilidad numérica a la variación de los periodos de sequía. Los cálculos se realizaron para cada estación climática analizada de manera individual y, posteriormente, en conjunto para cada región.

Para el análisis de las tendencias hídricas estimadas a partir del cambio climático se consideraron seis escenarios: (1) tendencia de *PP* y temperatura actual, (2) *PP* actual con aumento de

1.5 °C, (3) *PP* actual con aumento de 3 °C, (4) decremento de *PP* en 30%, en condiciones actuales de temperatura, (5) decremento de *PP* en 30%, con aumento de 1.5 °C, y (6) decremento de *PP* en 30%, con aumento de 3 °C.

Una vez determinados los valores de *t* y *PP* correspondientes a los diferentes escenarios de cambio climático para las estaciones consideradas, se procedió a calcular los indicadores *IDHA* e *ISHA* (ecuaciones 2 y 3), para determinar su tendencia y la consecuente brecha hídrica estandarizada (*BHE*) en cada caso.

El cálculo de la *BHE* se realizó restando al valor del índice *ISHA* el valor del *IDHA* registrado para el mismo mes o período en las localidades estudiadas; en consecuencia, *BHE* se determina mediante las siguientes ecuaciones, en valores adimensionales:

$$BHE = ISHA - IDHA \quad (4)$$

$$BHE = 10 - (2*IDHA) \quad (5)$$

En términos de las variables utilizadas, la *BHE* se expresa de la siguiente manera:

$$BHE = 10 - [4.632*PP/(t+10)] \quad (6)$$

Con los datos obtenidos se construyeron los gráficos de *IDHA*, *ISHA* y *BHE*, asociados a cada escenario de cambio climático, en las localidades estudiadas.

Resultados y discusión

De las áreas analizadas en BCS, la región de Los Cabos en el sur del estado presenta la mayor precipitación, observándose una tendencia a la disminución de la misma, la cual se exagera hacia el norte del estado, donde la estación Gustavo Díaz Ordaz -Vizcaíno, en el Municipio de Mulegé, mostró la menor precipitación en BCS (Cuadro 1, Figura 1).

El déficit hidrometeorológico (evaporación menos precipitación) fue significativo, siendo de mayor magnitud en el área de influencia de la estación ubicada en Ciudad Constitución. La disponibilidad hidro-ambiental (*IDHA*) en las estaciones analizadas mostró valores muy bajos (*IDHA* promedio estatal = 1.00) con respecto al valor máximo posible (*IDHA* = 10), el cual representaría una pluviometría óptima; el valor mínimo promedio se observó para la estación Gustavo Díaz Ordaz-Vizcaíno, con *IDHA* prom = 0.8 (Cuadro 1).



Cuadro 1. Valores de parámetros hidroambientales y de la brecha hídrica estandarizada, estimados para seis escenarios de cambio climático, en cuatro regiones de BCS.

Parámetro	----- Estaciones -----				-- Estadísticos --	
	G. Días Ordaz- Vizcaíno ^a	Ciudad Consituición ^b	La Paz ^c	Los Cabos ^a	Media	Desviación Estándar
Temperatura media anual, °C	20.4	22.0	23.3	23.4	22.3	1.4
Precipitación anual (PP), mm	119.5	149.7	182.6	309.7	190.4	83.6
Evaporación anual (Ev), mm	1950.3	2,030.2	1996.5	1943.1	1980.0	40.9
Déficit hidrometeorico (Ev-PP)	1830.8	1880.5	1813.9	1633.4	1789.7	107.9
Evapotranspiración potencial (Eto), mm	1722.0	1461.5	1759.8	1709.7	1663.2	136.2
Índice climático $I_{c_{FAO-UNESCO}}$ (PP/Eto)	0.07	0.10	0.10	0.14	0.11	0.03
Índice de Lang (PP/t)						
IDHA promedio anual	0.8	0.9	1.0	1.3	1.0	0.2
IDHA máximo anual	2.2	2.2	3.3	5.1	3.2	1.4
IDHA mínimo anual	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ISHA promedio anual	9.2	9.1	9.0	8.7	9.0	0.2
ISHA máximo anual	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0
ISHA mínimo anual	7.8	7.8	6.7	4.9	6.8	1.4
BHE mínima anual	5.60	5.6	3.4	0.0 ^d	3.6	2.6
Escenarios de cambio climático						
BHE mín, PP actual, +1.5°C	5.8	5.8	3.6	0.2	3.9	2.6
BHE mín, PP actual, +3.0°C	6.0	5.8	3.8	0.6	4.1	2.5
BHE mín, PP-30%, temp act	7.0	6.9	5.4	2.8	5.5	1.9
BHE mín, PP-30%, +1.5°C	7.1	7.0	5.6	3.2	5.7	1.8
BHE mín, PP-30%, +3.0°C	7.2	7.2	5.8	3.4	5.9	1.8

^a Historial de 29 años, ^b 28 años, ^c 30 años, ^d El dato real es -0.2.

Para el caso de la cuenca de La Paz, se observó un IDHA cuyo valor se aproxima al ISHA (Figura 2) únicamente en el mes de septiembre, cuando la BHE disminuye, alcanzando en ese momento su valor mínimo en el año (BHE mín = 3.4), aunque de cualquier manera prevalece un IDHA bajo, lo que implica una escasa disponibilidad de agua para la mayor parte del año.

Por su parte, en la región de Los Cabos, la BHE tiende a cero e incluso adquiere un valor negativo

en el mismo mes de septiembre, sitio y época en que existe oferta hídrica, contrastando con los demás sitios de estudio, donde a lo largo del año prevalece una sequía hidroambiental. Según los resultados, la BHE tiende a incrementarse y magnificarse en condiciones de cambio climático, lo cual es más notorio desde el sur hacia el norte del estado.

La BHE que puede pronosticarse con mayor acentuación habrá de ocurrir en la región de



Gustavo Díaz Ordaz-Vizcaíno, Municipio de Mulegé, donde alcanzaría un valor de BHE mínima = 7.23 (con 30% menos de pp y una temp incrementada en 3 °C), el cual denota extrema sequía y corresponde al valor máximo entre localidades, estimado para los escenarios evaluados (Cuadro 1).

El desempeño numérico del IM está estrechamente asociado a la fluctuación de la precipitación, por lo que en una serie de datos históricos, su sensibilidad obedece principalmente a las variaciones pluviométricas.

Figura 1. Tendencias de las variables termoplumiométricas (precipitación, temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima), para cuatro microrregiones de B.C.S.

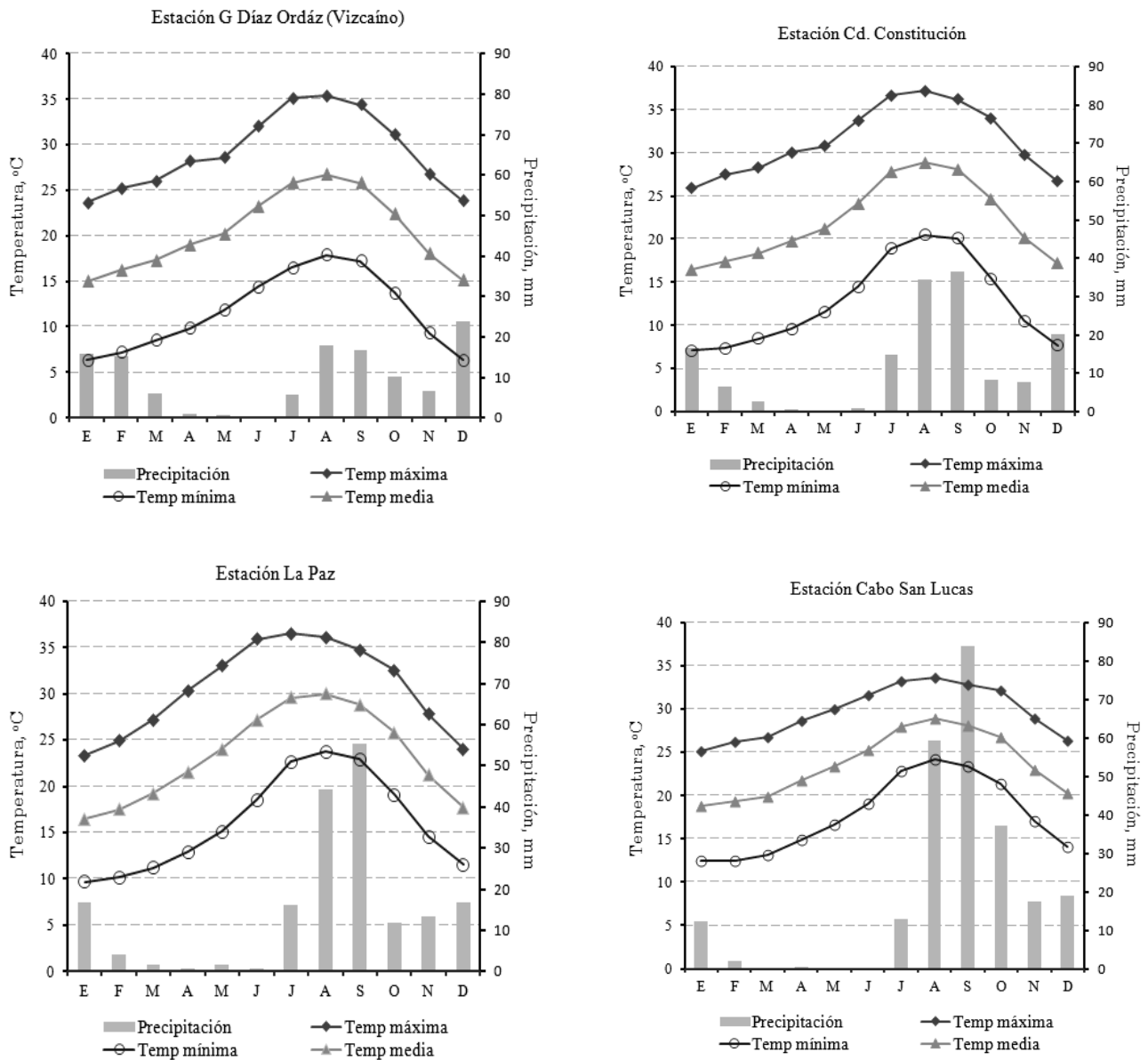




Figura 2. Fluctuación de los indicadores IDHA (Índice de Disponibilidad Hidroambiental) e ISHA (Índice de Sequía Hidroambiental) en cuatro microrregiones de B.C.S.

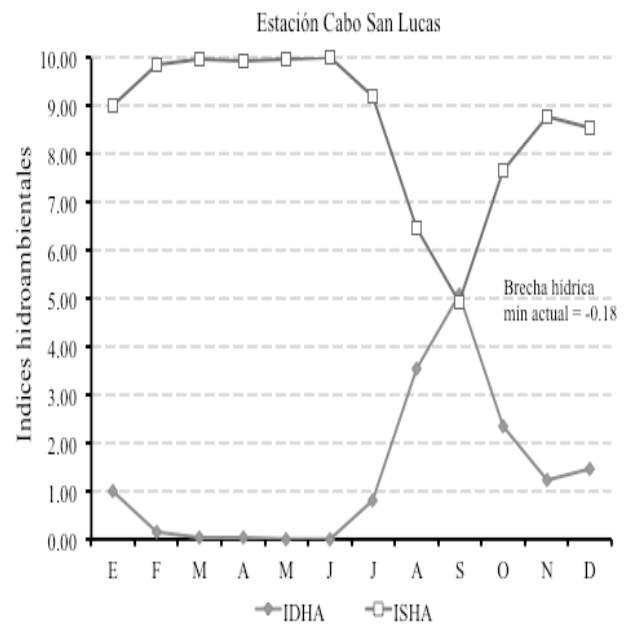
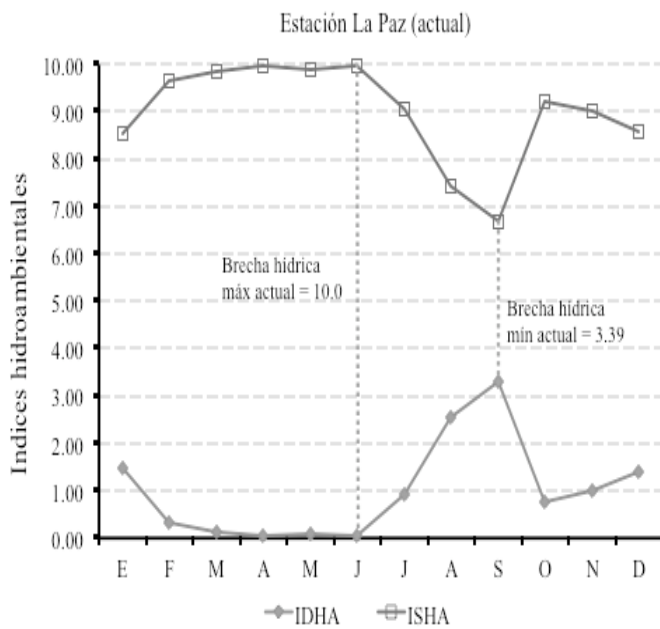
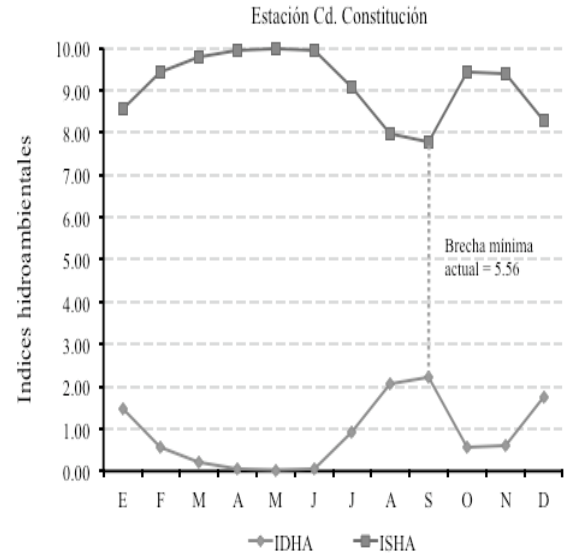
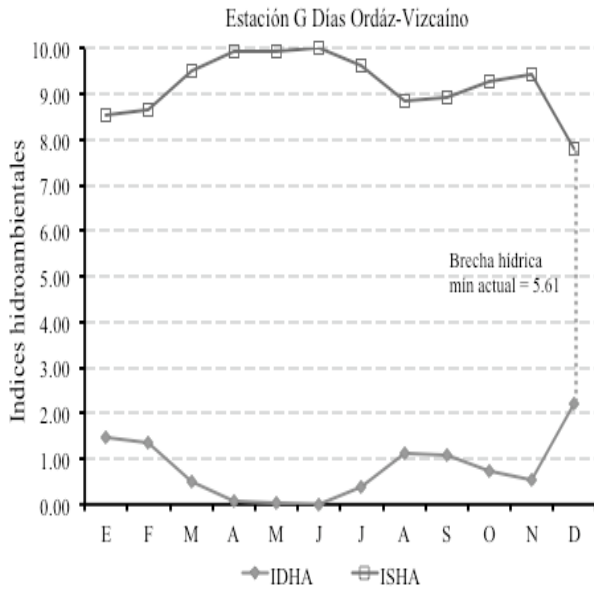




Figura 3. Tendencia de la temperatura media, precipitación y del Índice de De Martonne para el área de influencia de la estación G. Días Ordaz-Vizcaíno, Municipio de Mulegé, BCS. Período 2009-2011.

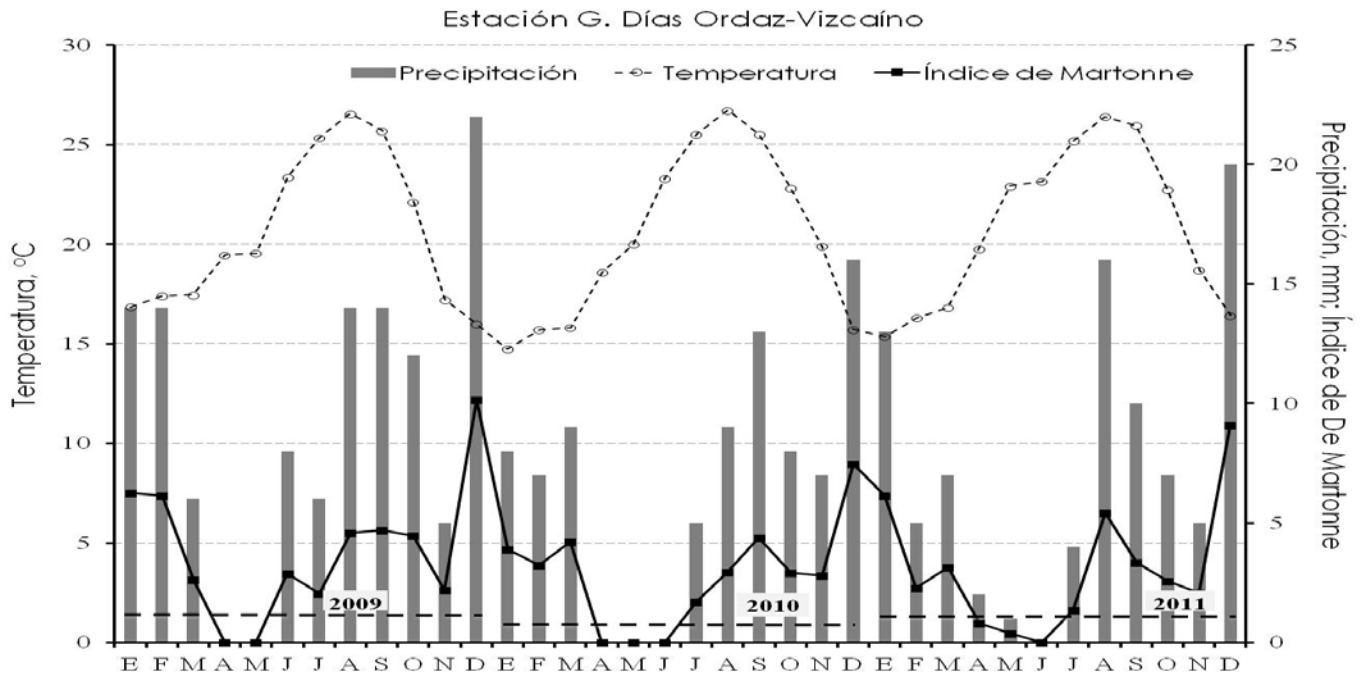


Figura 4. Tendencia de la temperatura media, precipitación y del Índice de De Martonne para el área de influencia de la estación Cabo san Lucas, Municipio de Los Cabos, BCS. Período 2009-2011.

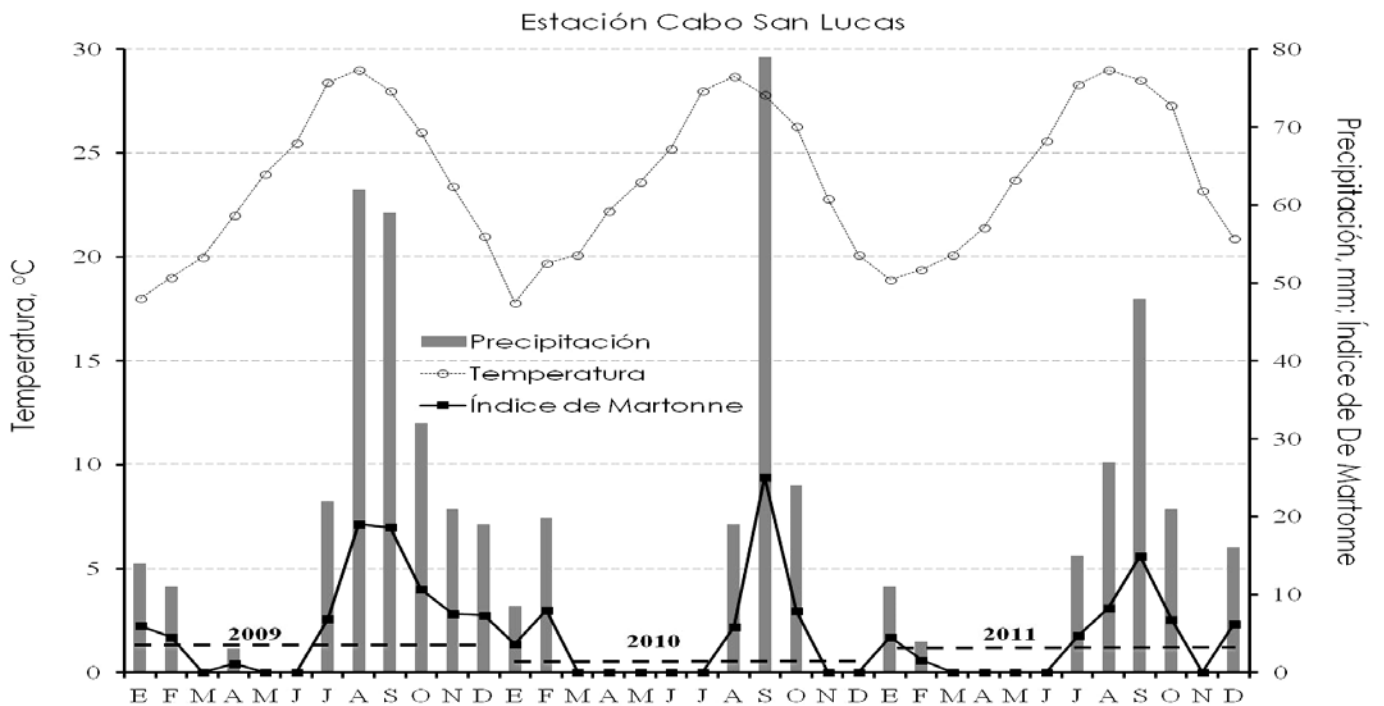
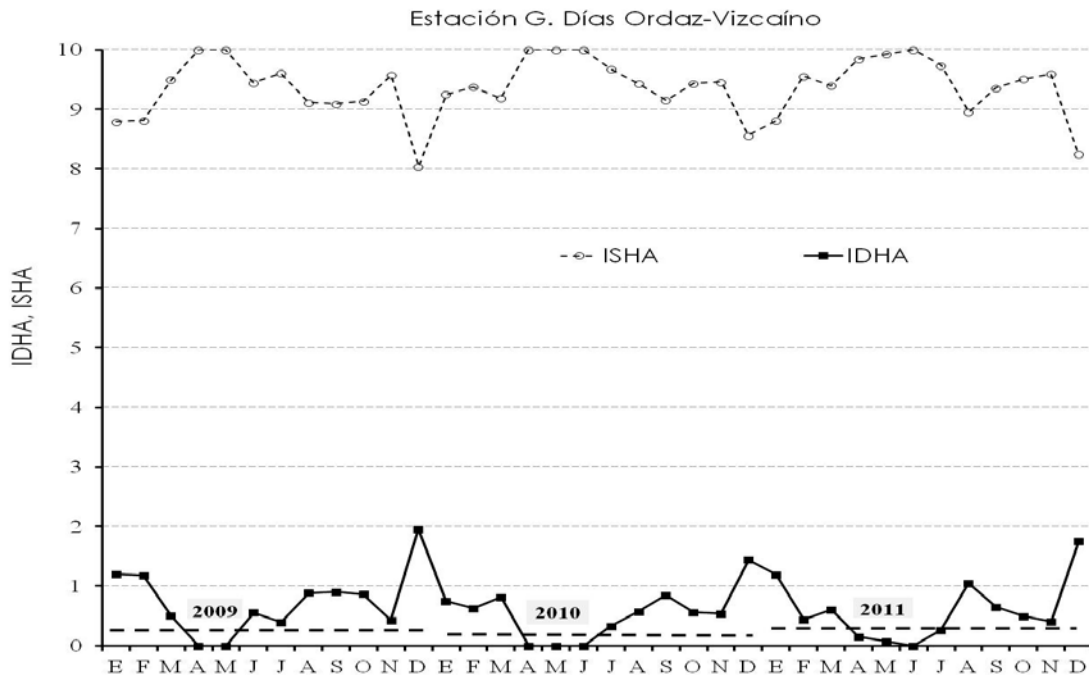




Figura 5. Fluctuación de los indicadores IDHA e ISHA, para el área de influencia de la estación G. Días Ordaz-Vizcaíno, Municipio de Mulegé, BCS. Período 2009-2011.



En la Figura 3 se observa la escasa precipitación registrada para la estación G. Días Ordaz-Vizcaíno, en el norte de Baja California Sur, del 2009 al 2011

Por su parte, en la Figura 4 se observa el efecto de los fenómenos convectivos pluviométricos en la región de Cabo San Lucas hacia el sur del estado, donde las mayores precipitaciones se presentan en agosto y septiembre, con la tendencia representada por el IM, mostrando una alta correlación.

En la Figura 5 la tendencia de los indicadores IDHA e ISHA reflejan en una escala estandarizada las fluctuaciones de las épocas húmedas y secas en las áreas de influencia de las estaciones G. Días Ordaz-Vizcaíno (norte de BCS) y de Cabo San Lucas, BCS, para el trienio 2009-2011.

Mediante los índices desarrollados, es posible comparar la condición hídrica reflejada por diferentes localidades, con el potencial para detectar con suficiente resolución la presencia y longitud de los períodos húmedos y secos. En las figuras 8 y 9 es posible detectar que el período de sequía hidrometeorológica en la estación G. Días Ordaz-Vizcaíno se prolonga prácticamente a lo largo del trienio analizado, toda vez que el índice ISHA no

disminuye de un valor alrededor de ocho en el período, en tanto que en Cabo San Lucas, se detectan incrementos de humedad en agosto y septiembre.

Conclusiones

Los cambios significativos en los sistemas físicos y biológicos se están produciendo en todos los continentes y en la mayoría de los océanos, con una concentración de los datos disponibles en Europa y América del Norte (Rosenzweig *et al.*, 2008); en zonas áridas, dichos cambios afectan de manera significativa la disponibilidad y calidad de los recursos agua y suelo.. Al planificar el desarrollo tecnológico y aplicar métodos de diagnóstico hidroambiental y de disponibilidad del agua para la prevención de la desertificación, es difícil determinar el balance óptimo entre las estrategias y atributos involucrados en la conservación del agua y suelo y aquellos requeridos para optimizar la producción, que logren al mismo tiempo consolidar el desarrollo socio-económico.

Dicho balance depende, de manera compleja, de la naturaleza del suelo, de la geografía, del clima particular en cada caso (particularmente de la probabilidad de las próximas sequías y



precipitaciones), del potencial y condición agrícola, y del perfil socio-económico y tecnológico del usuario del agua y del productor (Troyo-Diéguez *et al.*, 2010).

En el caso particular del agua como recurso limitante en zonas áridas, la variabilidad climática y el agua subterránea deben valorarse como factores clave, considerándolos partes centrales y activas del entorno y sus recursos, por lo que se requiere un entendimiento detallado del clima y de los sistemas de flujo involucrados, de tal forma que puedan clarificarse y definirse con precisión los problemas relacionados e instrumentar así las soluciones pertinentes que puedan mitigar oportunamente los efectos ambientales, considerando la naturaleza geoclimática y el perfil socioeconómico (Carrillo-Rivera *et al.*, 2008).

Además de la disponibilidad, una eventual degradación de la calidad del agua subterránea puede prevenirse o controlarse si los procesos involucrados son entendidos e integrados en los planes de ordenamiento y de manejo sustentable de los recursos (Cardona *et al.*, 2004).

A manera de ejemplo de las consecuencias que genera sacrificar el balance hídrico en aras de una mayor capacidad de producción agropecuaria, la agricultura en el Valle de Santo Domingo, municipio de Comondú, ha mostrado en décadas pasadas una alta tasa de incremento en la productividad, aunque los rendimientos máximos posibles al parecer ya han sido alcanzados, con efectos de degradación hídrica y disminución en la disponibilidad y calidad del agua extraída del acuífero (Troyo-Diéguez *et al.*, 2008).

En los últimos años, la disponibilidad hídrica y en consecuencia la productividad en el Valle de Santo Domingo, BCS, ha disminuido debido a la sobreexplotación del agua subterránea para el riego, lo cual se manifiesta mediante un déficit de -1.16 Mm^3 . Además, la intrusión de agua salobre, exacerbada por la extracción inmoderada de agua de pozos profundos, ha inducido problemas de salificación y sodificación, lo cual hace que los paquetes tecnológicos generados por la 'Revolución Verde' e incluso por investigaciones más recientes sean ineficientes (Salinas-Zavala *et al.*, 2006).

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación básica CONACyT-SEP, mediante el Proyecto "DETERMINACION Y CONSTRUCCION DE INDICADORES DE LA HUELLA HIDRICA Y DESERTIFICACION", con clave interna CONACYT 180C.

Fuentes de consulta

1. Amador García, A.; Granados López, E. y Mendoza, M. E. (2011). "Three approaches to the assessment of spatio-temporal distribution of the water balance: the case of the Cuitzeo basin, Michoacán, Mexico", *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 76: 34-55.
2. Cardona, A.; Carrillo-Rivera, J. J.; Huizar-Alvarez, R. y Granel-Castro, E. (2004). "Salinization in coastal aquifers of arid zones: an example from Santo Domingo, Baja California Sur, México", *Environmental Geology*, 45: 350-366.
3. Carrillo-Rivera, J. J.; Cardona, A.; Huizar-Alvarez, R. y Granel, E. (2008). "Response of the interaction between groundwater and other components of the environment in Mexico", *Environmental Geology*, 55: 303-319.
4. DOF. Diario Oficial de la Federación (2011). *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 50 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas administrativas que se indican*, Diario Oficial de la Federación, 25 de enero, México, D.F.
5. ----- (2010). *Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 44 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican*. Diario Oficial de la Federación, 8 de julio, México, D.F.
6. ----- (2009). *Acuerdo por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos*, Diario Oficial de la Federación, 28 de agosto, México, D.F.



7. Hubálek, Z. y Horáková, M. (1988). "Evaluation of climatic similarity between areas in biogeography", *Journal of Biogeography*, 15, 409-418
8. Lambin, E. F.; Turner, B. L.; Geist, H. J.; Agbola, S. B.; Angelsen, A.; Bruce, J. W.; Coomes, O.T.; Dirzo, R.; Fischer, G.; Folke, C.; George, P.S.; Homewood, K.; Imbernon, J.; Leemans, R.; Li, X.; Moran, E.F.; Mortimore, M.; Ramakrishnan, P.S.; Richards, J. F.; Skånes, H.; et al. (2001). "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths", *Global Environmental Change*, 11 (4): 261-269.
9. Mercado-Mancera, G.; Troyo-Diéguez, E.; Aguirre-Gómez, A.; Murillo-Amador, B.; Beltrán-Morales, L. F. y García-Hernández, J. L. (2010). "Calibración y aplicación del Índice de Aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas", *Universidad y Ciencia*, 26 (1): 51-64.
10. ONU. Organización de Naciones Unidas (1994). *Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Naciones Unidas - Centro de Información. México, Cuba y República Dominicana*. Informe oficial en línea. http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/desert.htm. (04 de junio, 2012).
11. Rosenzweig, C.; Karoly, D.; Vicarelli, M.; Neofotis, P.; Wu, O.; Casassa, G.; Menzel, A.; Root, T.L.; Estrella, N.; Seguin, B.; Tryjanowski, P.; Liu, C.; Rawlins, S. e Imeson, A. (2008). "Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change", *Nature*, 453: 353-357.
12. Salinas-Zavala, C. A.; Lluch-Cota, S. E. y Fogel, I. (2006). "Historia del desarrollo del cultivo invernal de trigo en cinco distritos de riego en el Desierto de Sonora, México", *Interciencia* (Venezuela), 31(4): 254-261.
13. Sánchez-Torres Esqueda, G.; Jospina-Noreña, J. E.; Gay-García, C. y Conde, C. (2011). "Vulnerability of water resources to climate change scenarios. Impacts on the irrigation districts in the Guayalejo-Tamesí river basin, Tamaulipas, México", *Atmósfera*, 24(1): 141-155.
14. Simota, C. y Dumitru, M. (2010). "Biophysical Criteria Designating Agriculture Drought Affected Areas in the Context of Climate Changes", *BALWOIS – Ohrid*, 1-10.
15. Thornthwaite, C. W. (1931). "The Climates of North America: According to a New Classification", *Geographical Review*, Vol. 21, No. 4, pp. 633-655
16. Troyo-Diéguez, E.; Cruz-Falcón, A.; Norzagaray-Campos, M.; Beltrán-Morales, L. F.; Murillo-Amador, B.; Beltrán-Morales, F. A.; García-Hernández, J. L. y Valdez-Cepeda, R. D. (2010). "Agotamiento hidroagrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México", *Estudios Sociales*, 18 (36): 177-201.
17. Watkins, J. R. (1969). "The definition of the terms hydrologically arid and humid for Australia", *Journal of Hydrology*, 9 (2): 167-181.

Temas a investigar en el contexto del cambio climático:

- 1) Desbalance hidrológico
- 2) Aridez
- 3) Desertificación



Distribución de las variables físicas, químicas y biológicas en dos transectos del Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS).

Irene Vázquez-Martínez.¹, Espinosa Carreón T. L.¹, Ulloa Pérez A. E.¹, Beier E.² y Valencia Martínez S.¹

¹ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR-Sinaloa, IPN.

² Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Resumen.

La producción de materia orgánica en los océanos, recae en el fitoplancton, cuya variabilidad espacio-temporal depende de las condiciones ambientales, así como de procesos físicos de mesoescala. En el Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS) se originan procesos físicos como surgencias costeras, frentes y remolinos. Este trabajo, analiza los factores físico-químicos que influyen en la variabilidad de la comunidad fitoplanctónica del SFBCS; se obtuvieron registros verticales de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y alícuotas para determinar la concentración de clorofila-*a*, nutrientes inorgánicos disueltos ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) y fitoplancton de diferentes profundidades (10, 20, 30, 50, 75, 100 y 150m). Se presentan secciones verticales de los transectos C y D, que de acuerdo a la altura del nivel del mar, en la zona costera se observa un evento de surgencia y explica que el máximo de clorofila-*a* ($C > 0.8 \text{ mg m}^{-3}$ y $D > 2 \text{ mg m}^{-3}$) se localice entre los 20-50m de profundidad; el transecto C, también atraviesa una zona de transición entre dos procesos físicos, mientras que el transecto D, atraviesa un remolino anticiclónico, observándose en ambas zonas, el hundimiento de las isolíneas de temperatura, oxígeno disuelto y la nutriclina (50-70m). En los primeros 10m de profundidad, la estación C04 que se ubica en zona de surgencia, presenta menor concentración de células fitoplanctónicas ($9.73 \times 10^4 \text{ celL}^{-1}$) en comparación con la estación D04 ($1.02 \times 10^5 \text{ celL}^{-1}$), que se encuentra en el remolino anticiclónico, teniendo en ambas estaciones como grupo dominante, el nanofitoplancton.

Introducción.

La producción de materia orgánica en los océanos, recae en el fitoplancton por lo que es considerado, el primer eslabón de la trama trófica acuática tradicional ya que comprende la mayor porción de organismos productores primarios del océano y llega a determinar la riqueza específica de los niveles tróficos superiores (González *et al.*, 2006); de igual manera en la interacción océano-atmósfera, el fitoplancton es el componente biótico que tiene influencia sobre el clima global, debido fundamentalmente al intercambio de CO_2 y O_2 , también produce compuestos sulfurados que actúan en la atmósfera como núcleos condensadores de nubes, además, en el océano modifica las propiedades ópticas del agua relacionadas con la absorción de luz (Holligan, 1992).

La variabilidad espacio-temporal de la comunidad de fitoplancton, depende de las condiciones ambientales, así como de procesos físicos de mesoescala que ocurren en los océanos: como surgencias, advección, mezcla turbulenta, ondas internas y remolinos, que influyen en la variabilidad de biomasa y productividad primaria del fitoplancton, algunos de estos procesos pueden incrementar o disminuir la disponibilidad de nutrientes inorgánicos en la zona eufótica, así como limitar o permitir el acondicionamiento de los organismos a diversos regímenes de irradiancia (Hernández-Becerril, 1993).



Frente a las costas de Baja California Sur, se encuentra una región biológicamente rica y dinámicamente muy activa denominada Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS), reconocido como uno de los más importantes del Pacífico Mexicano debido a su alta productividad captada desde satélites y al registro telemétrico de depredadores superiores (Turk *et al.*, 2001). En el sistema frontal, la diferencia de densidad entre las masas de agua, actúa como un mecanismo de acumulación de fitoplancton y zooplancton a lo largo del borde frontal, e induce la advección vertical de nutrientes y plancton, en esta zona habitan grandes poblaciones de depredadores superiores y especies de importancia ecológica y comercial, lo que indica que el sistema frontal es una zona de alimentación con alta concentración de organismos holoplanctónicos y meroplanctónicos (Moser y Smith, 1992).

Área de Estudio.

El SFBCS es considerado una región dinámicamente activa, presenta alta densidad de estructuras horizontales con rasgos de frentes térmicos; su origen se atribuye a la confluencia de aguas frías de baja salinidad de la Corriente de California (CC) que forma parte del sistema de corrientes, con flujos hacia el ecuador, llamadas "Corrientes de frontera oriental", las cuales han sido reconocidas por su alta productividad oceánica (Barber y Smith, 1981; Carr, 2002), así mismo tiene influencia de aguas templadas de la Contra Corriente de California (CcC) añadiéndole además, los forzamientos atmosféricos de los que aún se desconoce el peso relativo en el SFBCS, catalogado como un sistema frontal pelágico (Etnoyer *et al.*, 2004).

La zona de estudio abarca un área oceánica de 500 x 250 km aproximadamente y se encuentra centrada a 150 km aprox. de la costa de Baja California Sur, se ubica de los 21° a 27° latitud Norte y 109° a 117° longitud Oeste

Materiales y Métodos.

La campaña oceanográfica se llevó a cabo del 15 de junio al 1 de julio de 2010, la recolección de

alícuotas para la determinación de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos y nitritos), Clorofila-*a* (C1a) y abundancia fitoplanctónica, se realizó a profundidades estándar (10, 20, 30, 50, 75 y 100m), utilizando botellas Niskin acopladas a una roseta, los registros de temperatura y salinidad se realizaron mediante un CTD (Conductivity Temperature Depth Profile) marca Sea Bird modelo 911 plus. Los datos obtenidos con el CTD (temperatura, salinidad, profundidad y el cálculo de densidad) fueron procesados con el software del fabricante, siguiendo la metodología descrita por Godínez *et al.* (2007).

Para determinar la concentración de clorofila-*a* se utilizó el método fluorimétrico (Yentsch y Menzel, 1963 y Holm-Hansen *et al.* 1965), el conteo de células se realizó mediante el método de Utermöhl (1958) y el análisis de nutrientes se llevo a cabo siguiendo los métodos descritos en manual de Strickland y Parsons (1972).

Resultados.

Transecto C y D.

Las estaciones del transecto C, se localizan de la costa (C01) al océano (C12) y se sitúan en una zona de transición (Figura 3), se aprecia poca estratificación en la columna de agua; se aprecia un núcleo con bajos valores de salinidad (<34), siendo el valor más bajo de salinidad observado en los tres transectos, este núcleo se sitúa en las estaciones costeras (C01 a C06) entre los 50-70m de profundidad, mientras que en las estaciones oceánicas (C07-C12) se hunde y se registra entre los 70 y 120 m de profundidad (Figura 2b).

La concentración de oxígeno disuelto exhibe hundimiento hacia estaciones oceánicas teniendo las máximas concentraciones de la superficie hasta los ~70m (Figura 2c). La nutriclina se registra a ~50m en las estaciones costeras (C01-C05) hundiéndose en el resto del transecto hacia los 70m (Figura 2d) de igual forma a lo largo del transecto se registraron tres núcleos de clorofila-*a* (0.8 mg m⁻³).

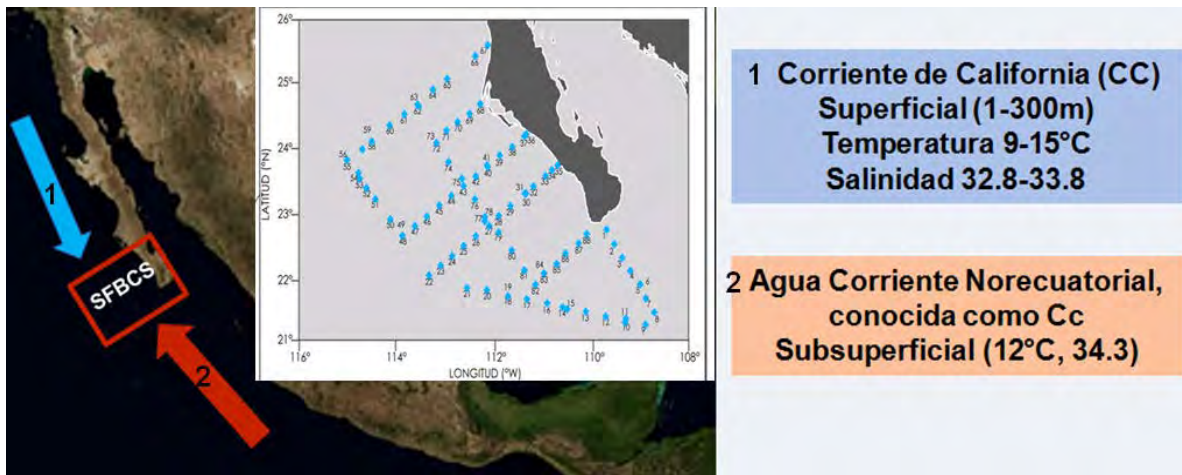


Figura 1. Localización del SFBCS con ejemplificación de las 2 corrientes que influyen en la zona y el derrotero de las estaciones de muestreo en el área

En el transecto D, las estaciones cercanas a la costa (D02, D03 y D04) presentan una temperatura superficial (20m) entre 18-19°C, con salinidades de 34-34.1, en comparación con estaciones alejadas de la costa (D05 a D11), con temperaturas superficiales de 22-19°C cerca de los 70m de profundidad y salinidad de 34.4 a 34.1. Las concentraciones de oxígeno disuelto son altas (4.5-5mg L⁻¹) en las tres primeras estaciones (Fig. 4c).

La elevada disponibilidad de NID en las primeras tres estaciones (D02, D03 y D04) a 25-30m de profundidad, puede deberse a un bombeo de nutrientes del fondo, dejándolos disponibles en la zona fótica para los productores primarios, esto se demuestra con los altos valores de clorofila (2 mg m⁻³) que se observan a partir de los 15-20m, en las estaciones restantes los máximos de NID, se encuentran por debajo de los 70m (Fig. 4d) que puede explicarse como un hundimiento de la nutriclina, reflejándose en las concentraciones de clorofila, que si bien, son más bajas que en las primeras estaciones, llama la atención la presencia de 2 núcleos con altas concentraciones de clorofila y NID por la profundidad a la que se localizan (75m), el primero en la estación D05 (NID: 8-20 μM y Cla-a:

1.2-2 mg m⁻³) y el segundo en la estación D10 y D11 (NID: 8-16 y Cla-a: 0.5-1.2).

Estaciones C04 y D04.

El análisis de la comunidad de fitoplancton se llevó a cabo para una estación de cada transecto, que de acuerdo con los datos de altura del nivel del mar, podemos observar que la estación C04 es representativa de una zona influenciada por un evento de surgencia, mientras que la estación D04 representa una zona con influencia de remolino anticiclónico (Fig. 3).

En la estación C04, se observa que el número de células por litro en cada profundidad es heterogéneo, presentándose mayor abundancia a 10m que disminuye considerablemente hasta los 75m, donde nuevamente se tienen mayores abundancias, que no llegan a ser comparables con la observada a 10m, este valor alto de células cercanas a la superficie, se puede explicar por la influencia que ejerce un evento de surgencia en esta estación, que bombea nutrientes del fondo a la superficie, promoviendo así, el aumento en la población de fitoplancton que está compuesta principalmente por organismos del nanofitoplancton.



Transecto C.

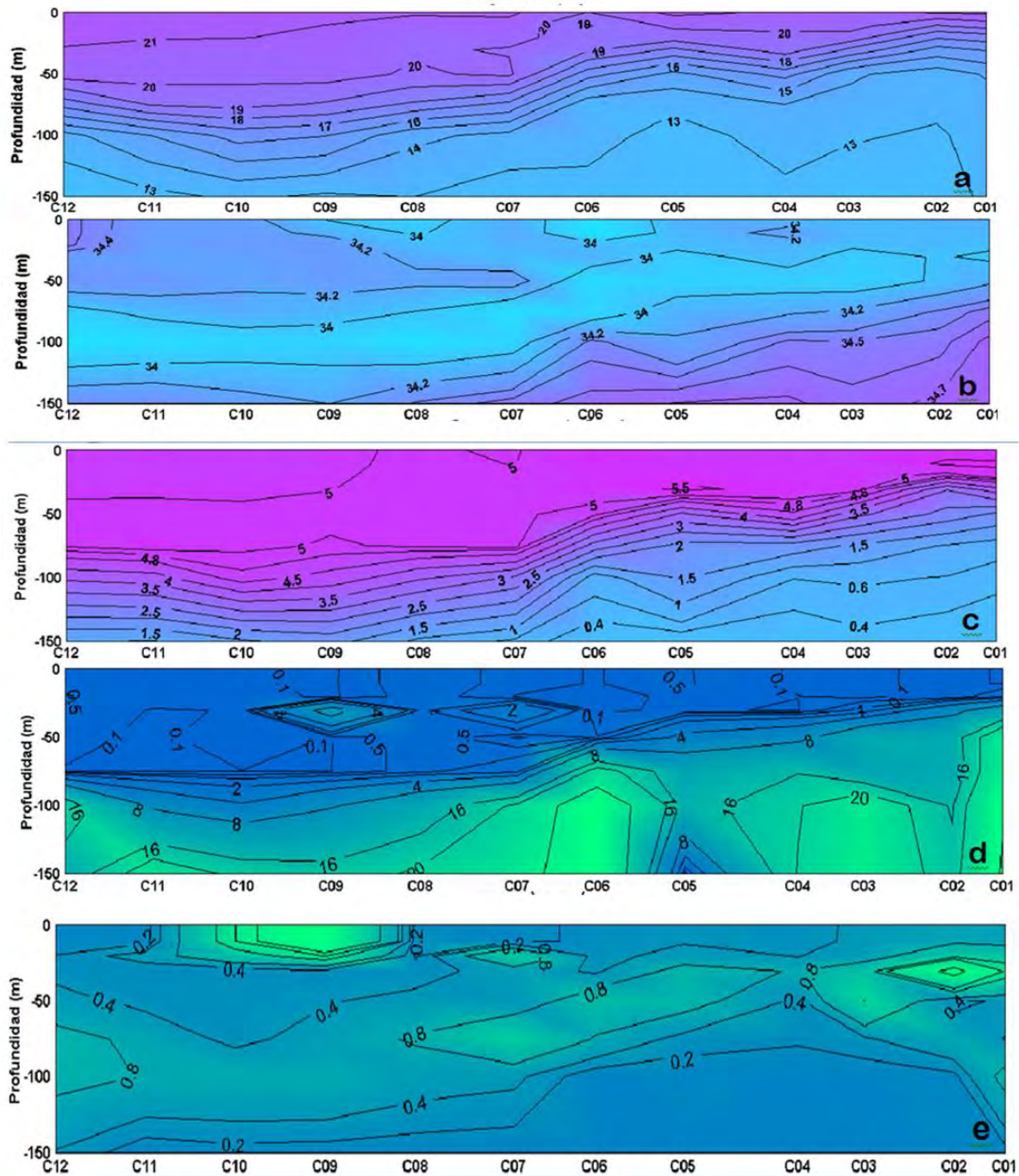


Figura 2. Transecto formado por las estaciones C01 a C12 del SFBCS. Distribución vertical de: **a)** Temperatura (°C); **b)** Salinidad; **c)** Oxígeno disuelto (mg L⁻¹); **d)** NID (nitrógeno inorgánico disuelto= NO₃+NO₂ mM) y **e)** Clorofila-a (mg m⁻³)

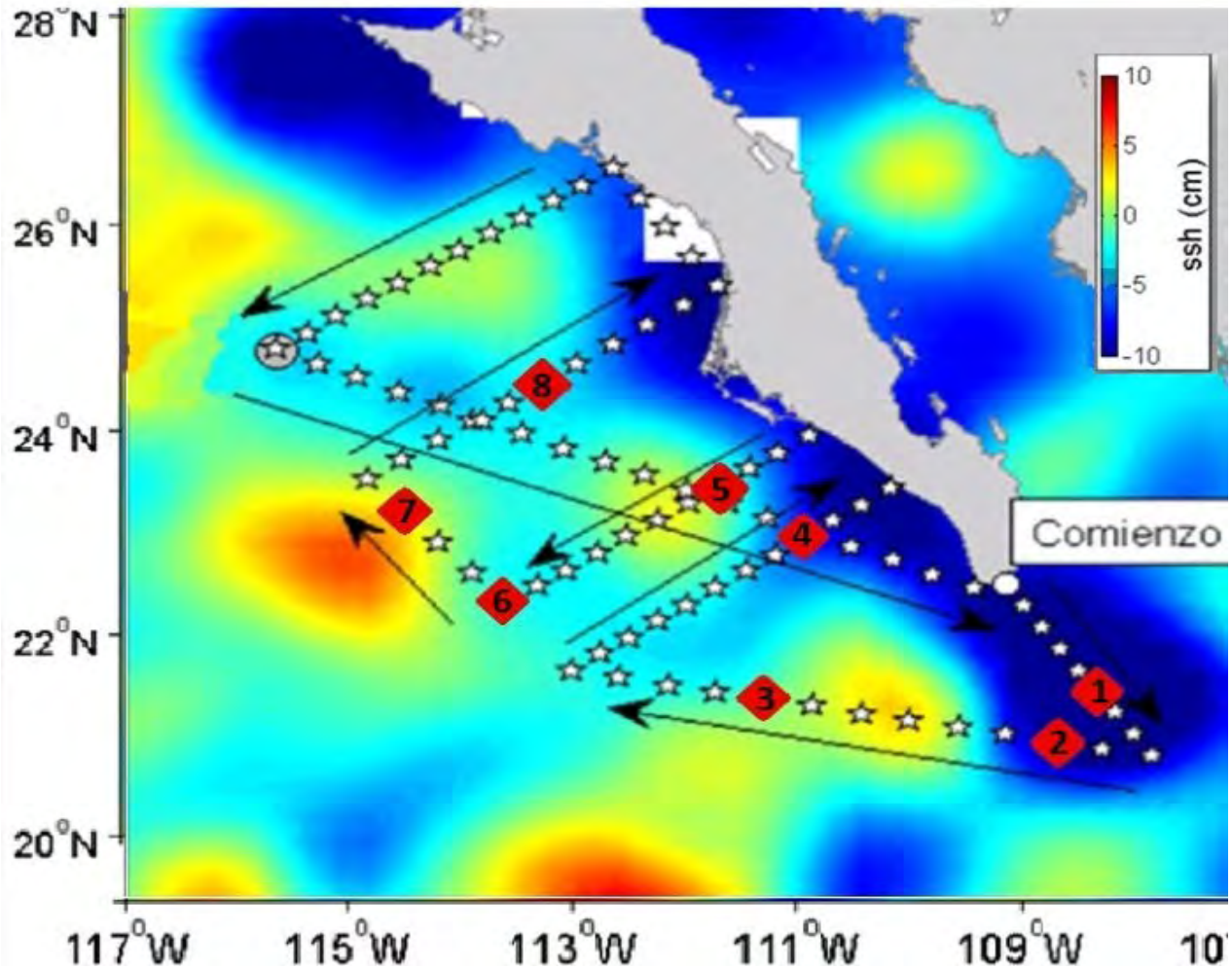


Figura 3. Localización de las estaciones de muestreo, el número 4 corresponde a la estación C04 y el 5 a la D04.

En la estación D04, se presentan concentraciones celulares más homogéneas en toda la columna de agua, estando a 10m la mayor concentración, seguida de otro máximo a 50m, este último puede explicarse por el hundimiento de las isolíneas de nutrientes, que quedan disponibles para ser aprovechados por las células adaptadas a las

condiciones que esta profundidad presenta, ya que D04 es una estación que se sitúa en zona de remolino anticiclónico provoca que también se presenten concentraciones relativamente altas a mayores profundidades, la comunidad de fitoplancton está representada principalmente por nanofitoplancton en toda la columna de agua.



Transecto D.

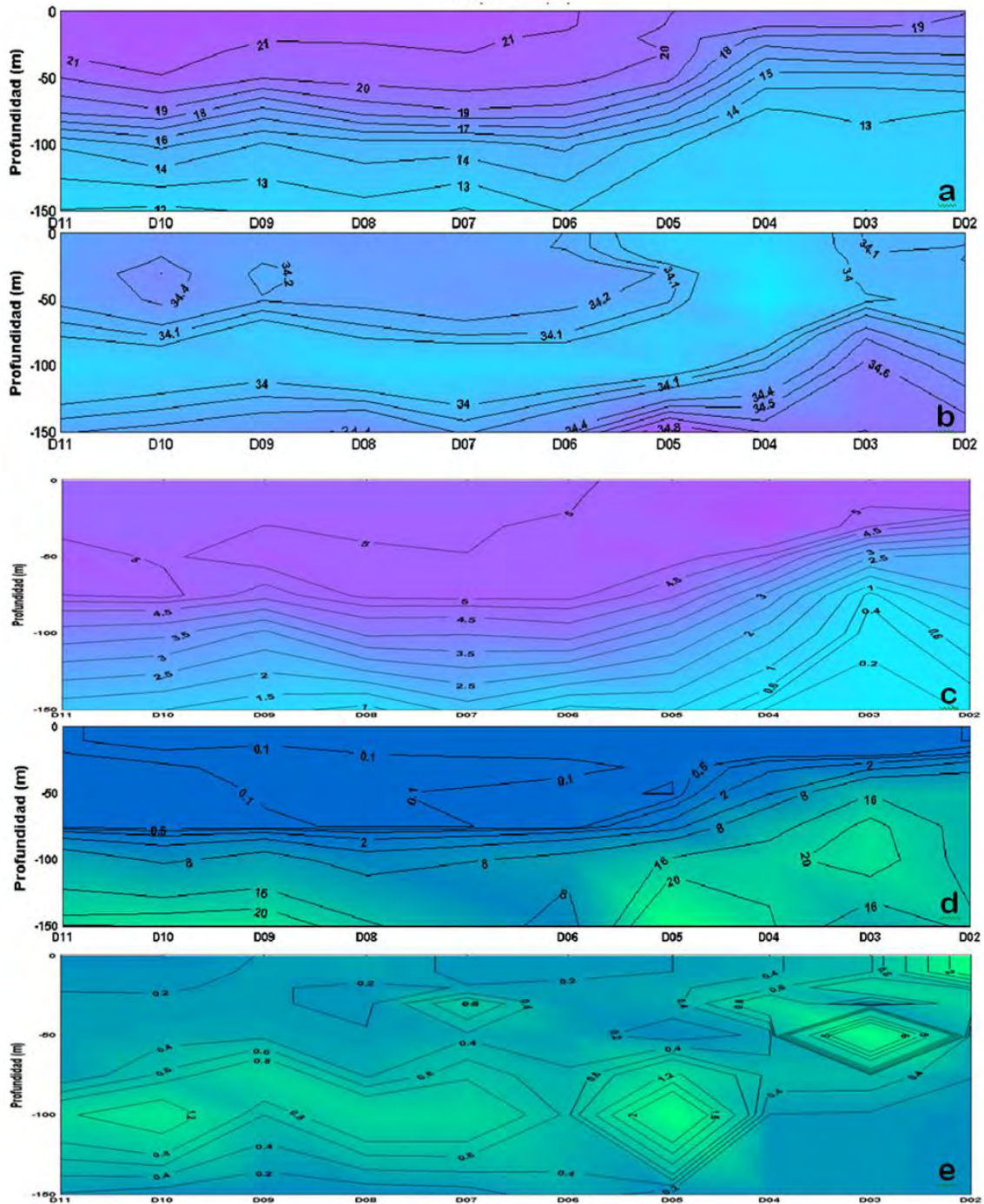


Figura 4. Transecto formado por las estaciones D02 a D11 del SFBCS. Distribución vertical de: **a)** Temperatura (°C); **b)** Salinidad; **c)** Oxígeno disuelto (mg L⁻¹); **d)** NID (nitrógeno inorgánico disuelto)

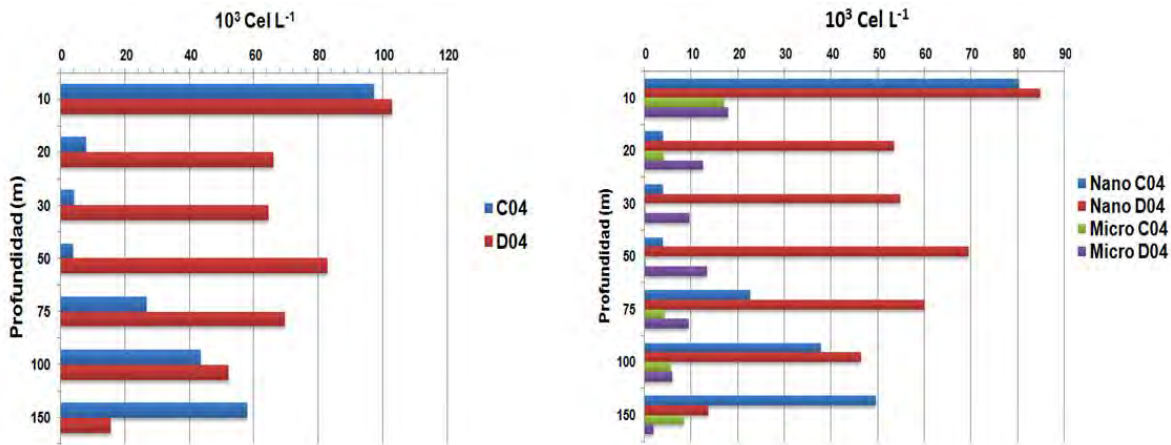


Figura 5. Número de células por litro para cada profundidad estándar, así como total de células de nanofitoplancton y microfitoplancton para las estaciones C04 y D04.

Conclusiones.

La distribución horizontal de las variables fisicoquímicas a través de los transectos C y D, representa notoriamente la influencia de los procesos físicos de mesoescala que se encontraban en la época de estudio. En el transecto C se tiene la influencia de surgencia costera y conforme se aleja de la costa atraviesa una zona de transición entre 2 procesos físicos, esto es claramente observado en la distribución de las isolíneas de temperatura, donde cerca de costa hay bajas temperaturas en superficie y conforme avanza a estaciones oceánicas se nota un ligero hundimiento permaneciendo constante al final de este transecto. Para el transecto D, en las estaciones cercanas a la costa, se observa elevación en la distribución de las isolíneas de variables fisicoquímicas, algo similar a lo que ocurre en el transecto C04, también en este transecto se tiene la influencia de un remolino anticiclónico, que provoca, que las isolíneas se hundan de manera notoria en las estaciones que se ubican en la zona de influencia del remolino.

Referencias.

1. Barber, R. T. y R. L. Smith. 1981. Coastal upwelling ecosystems [pp.32-68]. In: Longhurst, A. R. (Ed.). Analysis of Marine Ecosystems. Academia Press. New York.
2. Carr, M.E. 2002. Estimation of potential productivity in Eastern Boundary Currents

using remote sensing. *Deep-Sea Res.*, II, 49:59-80

3. Etnoyer, P., D. Canny, B. Mate y L. Morgan. 2004. Persistent pelagic habitat in the Baja California to Bering Sea (B2B) Ecoregion. *Oceanography*, 17(1):90-101
4. Godínez, V. M., E. Beier, M.F. Lavin, J.C.A. Cepeda, J. García y C. Cabrera. 2007. Datos hidrográficos frente a Cabo Corrientes y en la entrada del Golfo de California durante agosto del 2006: Campaña PROCOMEX-0608. Informe técnico. CICESE.
5. González, F., E. Zoppi de Roa y E. Montiel. Productividad primaria del fitoplancton en la bahía de Mochima, Venezuela. *Invest. Mar., Valparaíso*, 34(2):37-45
6. Hernández-Becerril, D. U. 1993. Fitoplancton marino en México. In: Salazar Vallejo, S.I. y N. E. González (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
7. Holligan, P. M. 1992. Marine Phitoplankton influence Global Climate? [pp. 487-501]. In: Falkowsky P. y A. D. Woodhead (Eds.). *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum. N. Y.
8. Holm-Hansen, L., R. Holmez, y J. Strickland. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll and colored dissolved organic



- matter concentration in the California Current. *J. Geophys. Res.*, 106:2517-2529
9. Moser, H. G. y P. E. Smith. 1992. Larval fish assemblages of the California Current region and their horizontal and vertical distribution across a front. *Bulletin of Marine Science*, 53(2):645–691
 10. Strickland, J. D. H., y T. R. Parson. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Canada: Fisheries Research Board of Canada Bulletin 167, 2da. Ed. 311 pp.
 11. Turk, D., M. Lewis, G.W. Harrison, T. Kawano, y I. Asanuma. 2001. Geographical distribution of new production in the western/central equatorial Pacific during El Niño and non-El Niño conditions. *J. Geophys. Res.*, 106:4501-4515
 12. Yentsch, C. S. y D. W. Menzel. 1963. A method for the determination of phytoplankton, chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.*, 10:221-231

Anexo.

- 1.- Ocurrencia de procesos fisicoquímicos en el SFBCS en diferentes épocas del año
- 2.- Influencia de eventos interanuales (El Niño, La Niña) sobre las comunidades de fitoplancton.
- 3.- Monitoreo de la comunidad de fitoplancton e impacto del cambio climático sobre esta.
- 4.- Monitorear la influencia del cambio climático en estado trófico de un ecosistema analizando la comunidad de productores primarios.

Sección II

Impactos, Vulnerabilidad

Y Adaptación

Impactos



Impacto ambiental asociado a la producción de la vivienda progresiva popular en Tuxtla Gutiérrez

Teresa del Rosario Argüello Méndez

Facultad de Arquitectura, UNACH

Resumen

Se presentan los resultados de la evaluación del impacto ambiental asociado a la producción de los materiales de construcción empleados en la estructura permanente de la vivienda progresiva popular en los asentamientos irregulares en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, con la aplicación del método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de forma simplificada limitando el alcance del estudio a medio ciclo de vida; siguiendo las recomendaciones de la serie normativa ISO 14040, a través del *software SimaPro 7.1 PRé Consultants*, con el uso de *CML baseline 2001-Ecoinvent*, obteniendo una aproximación suficiente de los impactos asociados al sistema del producto de acuerdo a las características de producción locales, para generar bases de datos que sean representativas de las condiciones de producción en el sitio de estudio.

Los resultados de la evaluación muestran que no obstante que el modelo constructivo de la vivienda progresiva popular en la ciudad de estudio depende en gran medida de los materiales locales, son por mucho los materiales industrializados los que provocan la mayoría de los impactos ambientales, generados en otras regiones pero de alcances globales, a causa de los requerimientos en sus procesos de la llamada energía primaria “pesada”; sin embargo, la extracción de los insumos para la producción de los materiales locales generan en la región mayor presión para controlar sus emisiones producto de la deforestación y cambios de uso del suelo que sobre su sector energético.

Palabras Claves: Análisis de ciclo de vida, materiales de construcción, impacto ambiental

Introducción

El cambio climático representa también una amenaza en la pérdida de la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas de ofrecer bienes y servicios ambientales. Nos encontramos ante dos grandes problemas ambientales: el agotamiento de los recursos necesarios para la satisfacción de las necesidades de la población y la contaminación que afecta los ciclos biogeoquímicos del planeta, a causa del cambio en los modelos de producción de la humanidad, que ha pasado de una producción basada esencialmente en el uso de los recursos orgánicos proporcionados por la biosfera, localmente disponibles, a otros modelos fundamentados en el uso sistemático de los combustibles fósiles y recursos minerales a una escala global.

Encaminarnos hacia nuevas formas de gestión de los recursos implica, en primera instancia, encontrar mecanismos que nos permitan valorar y medir las consecuencias de los sistemas de producción actual, mediante procedimientos de evaluación científicos y objetivos en el ciclo de vida completo de los procesos o actividades productivas, identificando los materiales y las energías utilizadas, así como los residuos liberados al medio ambiente, desde la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización, hasta la disposición final, y que nos brinden información que permita proponer nuevos parámetros de producción con la calidad suficiente para solventar las necesidades humanas presentes y futuras.



Una de las grandes necesidades de la humanidad actuales, especialmente en los países subdesarrollados, es el déficit existente de vivienda adecuada para sus ciudadanos, que como un requerimiento básico de la sociedad ha estado latente desde antiguo, tanto en su forma cualitativa (nivel de vida) como cuantitativa (déficit habitacional). Pero ¿Cómo conseguir que todas las personas dispongan de una vivienda adecuada, especialmente los pobres de las ciudades y el campo que carecen de ella? Y además, ¿cómo lograrlo mediante un criterio que favorezca el desarrollo y el mejoramiento de la vivienda sin perjudicar al medio ambiente?

El impacto ambiental asociado a la construcción de la vivienda se da principalmente por el alto consumo de recursos materiales y energéticos no renovables en la producción de los materiales de construcción utilizados en las edificaciones. La fabricación, extracción, o transformación de materiales como ladrillos, cemento y sus agregados, madera, etc., necesarios para la construcción de cada m² de vivienda que construimos suma más de 2 toneladas, comporta el agotamiento de recursos no renovables a causa de la extracción ilimitada de materias primas y del consumo de recursos fósiles, además, el entorno natural se ve afectado por la emisión de contaminantes, así como por la deposición de residuos de todo tipo.

Es importante recordar que el sector edificio -una de las principales fuerzas motrices de la economía en México-, tiene una gran influencia sobre el total de los consumos de recursos naturales y del impacto sobre el medio ambiente -el uso de combustibles fósiles en el sector manufacturero e industria de la construcción es responsable del 8% de las emisiones de GEI generadas en el país-, con el consecuente impacto sobre el ambiente (agotamiento de los recursos naturales, calentamiento global, lluvia ácida, smog, acumulación de residuos, etc.). En este sentido adquiere gran importancia la elección de los materiales con menor contenido energético que se utilizan en la construcción de las viviendas, ya que pequeñas mejoras comparativas que se obtengan en ellos determinan un notable impacto, al considerar la gran cantidad de viviendas requeridas año a año.

El trabajo que se presenta es producto de la evaluación del impacto ambiental asociado a la producción de los materiales de construcción empleados en la estructura de la vivienda progresiva popular y, en concreto, toma como caso de estudio los asentamientos irregulares en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, donde una parte significativa de la población vive con serios problemas de inhabitabilidad en las viviendas. En el entendimiento que el proceso de construcción de la vivienda popular es progresivo como resultado de la compleja interacción entre la evolución familiar y su mejoramiento económico, que estimula la ampliación y el mejoramiento de la vivienda. La definición cuantitativa de los materiales de construcción empleados en la estructura permanente de la vivienda durante las diversas etapas de construcción (cimentación, muros y cubiertas, sin considerar los insumos para instalaciones o recubrimientos), se realizó mediante una selección de prototipos representativos de cada etapa constructiva de la vivienda del modelo constructivo imperante; dada la simplicidad de los sistemas constructivos, el número de materiales de la estructura es reducido y fácilmente identificable, agrupados de acuerdo al material básico que la compone (acero, agua, áridos, cemento, cal, cerámicos), correspondiente de la lista de materiales genéricos que generalmente se dispone en las bases de datos en programas de valoración ambiental, definiendo los sujetos de evaluación en los que se emplea el instrumento de medición de impactos ambientales, con la aplicación del método ACV.

Metodología

La aplicación de la metodología del ACV, se realizó de forma simplificada, limitado el alcance del estudio a medio ciclo de vida (de la cuna a media vida). Considerando únicamente flujos primarios de los sistemas (materiales y energéticos), desde el transporte de las materias primas hasta la obtención del producto terminado y su puesta en obra (fases de extracción de materias primas, de producción y distribución), sin valorar los impactos ocasionados durante el uso de los materiales en la edificación ni durante su fase final, su disposición como residuo (fases de uso y disposición final). El objetivo de este análisis fue obtener información de los productos



para generar una base de datos necesaria en los inventarios requeridos en los ACV de los materiales de construcción de la vivienda progresiva popular en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Durante el desarrollo de la metodología ACV, para el Inventario del Ciclo de Vida (ICV), se creó un diagrama de flujos de los procesos del sistema (árbol de procesos) para cada producto analizado, como guía en la identificación de las entradas y salidas de recursos materiales y energéticos de cada sistema, y proceder a la recogida de datos en los sitios de producción, a partir de los cuales se hicieron las mediciones y cálculos según la correspondiente unidad funcional en cada caso. La falta de datos confiables de los flujos de materia y energía de varios de los procesos de producción de los materiales por el sistema de producción artesanal con que se realizan, hizo necesaria las mediciones directas en los sitios de producción o cálculos comparativos con otros sistemas de producción, por no existir mediciones reales. En los casos que en el sistema de producción genera coproductos (múltiples salidas), la asignación de cargas se basó en criterios de inclusión por masa (causalidad física por porcentaje). Para el desarrollo de esta actividad, procurando la confianza de las empresas de guardar la privacidad de sus procesos, es de suma importancia identificar los datos específicos de la producción necesarios para determinar las entradas y salidas del sistema. Parte de la relevancia de esta investigación radica en la experiencia obtenida en la elaboración de los inventarios de materiales de construcción.

Para obtener los resultados de la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV), cuantificando la magnitud y significancia de los impactos ambientales potenciales calculados a partir de las entradas y salidas del ICV, recurrimos al programa holandés *SimaPro 7.1*, con el apoyo de la base de datos *Ecoinvent Data v2*, y el método CML 2001 (*baseline*), desarrollado el LMC, que considera las categorías de impacto más importantes definidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente: agotamiento abiótico, acidificación, eutrofización calentamiento global, disminución de la capa de ozono, impactos ecotoxicológicos (terrestre y acuática dulce y marina), impactos toxicológicos y oxidación fotoquímica. Herramientas y métodos comúnmente utilizados para valorar las afectaciones

al medio ambiente ocasionadas por la producción de materiales de construcción.

De los productos foráneos, para el análisis del cemento se recurrió al empleo de datos generados por Rosas Millán *et al.*, en estudios de ACV de materiales de construcción en la zona centro de México (2009), quienes desarrollaron el ICV de acuerdo a producción de cementeras mexicanas. Y recurrimos al mismo *software* para el cálculo de EICV. Los datos de impactos ambientales asociados a la producción de acero para la construcción fueron extraídos de la base de datos incluida en dicho *software*. Aun con estas limitaciones y discordancias en los resultados, obtuvimos una aproximación suficiente de los impactos asociados a los sistemas de los productos de construcción regionales teniendo en cuenta las características de producción local, así como del lugar donde se produce el consumo de recursos naturales y de la deposición contaminante en la región central del estado de Chiapas.

A partir de la cuantificación de los requerimientos energéticos en el ICV y de la información proporcionada por la herramienta computacional de cálculo *SimaPro*, relativa a los impactos potenciales provocados por los sistemas de producción de los insumos de construcción empleados en la estructura permanente de las vivienda progresivas populares en Tuxtla Gutiérrez, se elaboró la tabla No. 1, Impactos ambientales por material de construcción según unidad funcional.

Resultados

Por los resultados de las cuantificaciones de obra, podemos decir que el mayor peso de la estructura de la vivienda lo componen los materiales autóctonos, con el 91.5%, de los cuales el 64.5% son materiales naturales (piedra brasa, arena y grava). Los muros de fábrica representan en la vivienda finalizada cerca del 21%, con materiales manufacturados (ladrillo cerámico o bloc hueco), y el uso de cal 1.5%, único material industrializado local utilizado en la estructura de la casa. El agua es otro elemento importante en la ejecución de la



edificación, representando el 4.5% de materiales empleados en la estructura de la vivienda terminada.

Los materiales foráneos, de origen industrial, se reducen a dos: acero y cemento. En las etapas finales incrementan su porcentaje de participación en la estructura de la vivienda al cubrirse las habitaciones con losas de hormigón armado, van de un 7% en la primera etapa de edificación de la estructura permanente al 8.5% cuando se complementa, donde el porcentaje menor lo tiene el acero, con tan solo el 1%.

Los materiales empleados se clasificaron de acuerdo a su origen para proceder al estudio de los impactos asociados a su producción, empleando la metodología del ACV en los materiales elaborados en la zona (materiales naturales o áridos -arena, grava y piedra brasa-, manufacturados -ladrillo cerámico rojo común y bloc hueco cemento-arena-, e industriales -cal) y considerando información de base de datos obtenidas a través de esta metodología para los productos importados (materiales industrializados -cemento Portland y acero para la construcción).

No obstante que el modelo constructivo de la vivienda progresiva popular en la ciudad de estudio depende en gran medida de los materiales locales, son por mucho los materiales industrializados los que provocan la mayoría de los impactos ambientales, generados en otras regiones pero de alcances globales, a causa de los requerimientos en sus procesos de la llamada energía primaria "pesada" (petróleo, carbón, etc.). Únicamente la producción local de cal supone el uso de este tipo de combustibles, pero en menor medida. El empleo de estos derivados pesados del petróleo, de carbón, de gas natural y de electricidad (cuya generación emplea principalmente estos mismos recursos) en la producción de los insumos foráneos de construcción de la estructura permanente de la vivienda, incorpora impactos ambientales considerables, en una relación aproximada de 80 a 20% en las categorías examinadas, en referencia a los materiales locales, especialmente en lo que se refiere a la emisión de gases de efecto invernadero y oxidantes, así como por la generación de residuos

tóxicos que contaminan los ecosistemas, amén de la potencial escasez de sus reservas ya que son finitas.

Los materiales foráneos incrementan sus impactos negativos por el proceso de transporte que demanda su puesta en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, originado por el consumo de combustibles fósiles para el funcionamiento de los vehículos de carga y por los requerimientos de infraestructura de las vías terrestres.

El proceso de análisis del impacto ambiental asociado a la producción de los materiales locales, únicamente contempla los impactos por el uso de combustibles y lubricantes para el funcionamiento de las maquinarias para la extracción de las materias prima y en el transporte de las mismas hacia la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Como también considera los requerimientos energéticos empleados durante el procesamiento de las materias primas. Si bien, los principales problemas de la producción de los materiales de procedencia local se deben a su origen pétreo, por la extracción indiscriminada de áridos en excavaciones superficiales o extraídas de los lechos de los ríos, ignorando los mecanismos y plazos para la regeneración de los sistemas naturales, afectando a los entornos naturales locales y regionales. Es decir, en la región se presenta mayores impactos en la producción de los materiales de construcción por la deforestación y cambios de uso de suelo que por el uso de energéticos.

Empero de estas simplificaciones, el ACV es realizado bajo una visión holística de los procesos de producción de los materiales de construcción regionales, proporcionando información sobre los impactos ambientales que genera la disposición de los materiales de construcción en la región en función de la demanda energética de cada sistema de producción.



Puesto que los resultados obtenidos durante el ACV de los materiales empleados en la estructura permanente de la vivienda progresiva popular son cuantificables, es decir, al expresarse numéricamente, es posible contabilizar el grado de contaminación que generan de acuerdo a las cantidades de material empleadas en cada etapa del proceso de construcción de la vivienda, diferenciando los impactos de los productos locales de los productos foráneos.

De los resultados obtenidos, se deduce que el impacto ambiental de los materiales constructivos de la estructura de la vivienda progresiva popular en Tuxtla Gutiérrez es bajo en comparación a los impactos obtenidos por la producción de materiales utilizados la construcción de viviendas similares en otros marcos geográficos. Como son los resultados de la investigación análoga realizada en la isla de Lanzarote, España; donde la edificación de la vivienda unifamiliar guarda semejanza con las técnicas constructivas utilizadas en la localidad de análisis en este documento. Los modelos constructivos en ambas regiones dependen de los materiales locales, principalmente áridos. Así tenemos que el peso por metro cuadrado construido en vivienda unifamiliar en Lanzarote es de 3.72 tn, aunque este es mayor a las 1.5 tn/m² de la estructura de la vivienda progresiva popular en Tuxtla Gutiérrez, es de destacar que este peso incluye el total de materiales utilizados por vivienda unifamiliar terminada en Lanzarote, y el peso de la vivienda en esta región no considera material alguno de acabados en revestimientos, carpintería y cancelerías, ni por instalaciones. Las emisiones asociadas a la fabricación de materiales de kg de CO₂ eq y de SO₂ eq por metro cuadrado construido de la estructura en ambos casos, sitúa a la vivienda unifamiliar en Lanzarote con casi el 50% más de aportaciones en las categorías de calentamiento global y acidificación, a causa de los mayores requerimientos energéticos en la producción de los materiales en ella utilizados

Conclusiones

Las técnicas empleadas en la producción de los materiales de construcción en la región a causa de la gran demanda de los mismos, tienen la necesidad

de extraer y procesar gran cantidad de materias primas -principalmente áridos-, con el empleo de maquinarias que si bien aceleran la producción, también aceleran la devastación de los sitios de extracción e incrementan el uso de recursos energéticos fósiles en cuya producción se provocan agotamiento de recursos y contaminación. Por otra parte, las técnicas constructivas empleadas en la vivienda favorecen el uso de materiales importados -principalmente acero y cemento-, aumentando la distancia entre la obtención de materias primas y la ubicación de la construcción, demandando el uso de más recursos materiales y energéticos por los requerimientos de transportación.

Para satisfacer las necesidades de incrementar la dotación de viviendas adecuadas para la población que carece de ella en la localidad, es necesario el empleo de mayores recursos, pero si incrementamos la producción de bienes sin preocuparnos de la sostenibilidad de los recursos en que se basa la producción, rápidamente afrontaríamos una disminución de la productividad, lo que a su vez traería consigo el aumento de la pobreza a causa de procesos dañinos de crecimiento, de producción y consumo, del uso irracional de los recursos, de la destrucción de los recursos naturales y de la contaminación. El desarrollo no puede concebirse sin la garantía de la sostenibilidad ambiental que asegure la preservación de los recursos para las generaciones futuras, sin los cuales no se podrán alcanzar el desarrollo económico y social.

Para procurar soluciones técnico constructivas que disminuyan el consumo de recursos materiales y energéticos en la edificación de la vivienda -y especialmente en la vivienda popular, la que cubre necesidades básicas de un enorme sector de la población de escasos recursos- es necesario la disponibilidad de datos pertinentes que ayuden en la elección de los materiales más convenientes ambientalmente, que informen del consumo de energía y los impactos ambientales que propician la extracción y fabricación de distintos materiales, que permita valorar si los materiales que se van a seleccionar son apropiados para la zona donde se utilizarán y si la procedencia de éstos implica o no un transporte masivo o poco racional debido a la distancia que hay que recorrer de los lugares de



producción al sitio de la edificación. Además, se precisan datos que proporcionen información sobre los recursos disponibles para obtener materiales de bajo coste económico y ambiental en la región, que puedan generar viviendas que no solo sean convenientes por su costo, si no porque representen alternativas más ecológicas a la solución del hábitat, aptas a los procesos de gestión con los que se construye la vivienda popular. Y que socialmente sean materiales reconocidos con la calidad suficiente para procurar viviendas adecuadas para sus ocupantes.

Por lo cual, es necesario fomentar el empleo de materiales de construcción sostenibles y adecuados de bajo costo, y de la tecnología apropiada para la construcción de viviendas cuya calidad, durabilidad y tamaño satisfagan las exigencias básicas de confort, seguridad y salubridad.

Fuentes de consulta

1. Álvarez, L., Coord, 2004. "Análisis de los impactos ambientales asociados a los materiales de construcción empleados en la edificación en la isla de Lanzarote y propuesta desde una perspectiva ambiental", UNESCO, España.
2. Bazant S., Jan, 2003. "Viviendas progresivas. Construcción de vivienda por familias de bajos ingresos", Ed. Trillas, México.
3. Cuchí Burgos, Albert, "Arquitectura i sostenibilitat", TTS, Ediciones UPC, Barcelona, 2005, 82p.
4. Edwards, B., y Hyett, P., "Guía básica de la sostenibilidad", Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 2004, 121p.
5. *Environmental Protection Agency U.S.* (EPA) (Ed.), "Life Cycle Assessment: Principles and Practice", [Documento en línea]
<<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/pdfs/600r06060.pdf>> 88 p. [Consulta: 01-06-2009]
6. ONU (Ed.), "Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo", [Documento en línea] 12 de agosto de 1992, <<http://www.un.org/documents/ga/conf151/spanish/aconf15126-1annex1s.htm>> [Consulta: 01-10-2008].
7. Pre Consultants (Ed.), "Introduction to LCA with SimaPro 7", Holanda, junio 2008, 86 p.
8. *United Nations Environment Programme* (UNEP) (Ed.), "Evaluation of Environmental Impacts in Life Cycle Assessment", Italia, 2003, 108 p.
9. Rosas Millán Luis Ángel, Téllez Muradás Diego Rodolfo y Chargoy Amador Juan Pablo. "Generación de inventarios para el Análisis de Ciclo de Vida de cemento, bloc, bovedilla, vigueta, y ladrillo en la zona centro de México", Tesis profesional del Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de las Américas Puebla, México, 2009, 126p.



Análisis preliminar de los impactos en la zona costera de Sonora por efecto del Cambio Climático

José Alfredo Arreola Lizárraga, Elia Inés Polanco Mizquez, María Sara Burrola Sánchez, Gustavo Padilla Arredondo y Sara Cecilia Díaz Castro

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
Email: aarreola04@cibnor.mx

Resumen

El Estado de Sonora tiene 1,200 km de litoral y una zona costera caracterizada por diversos ecosistemas (manglares, pastos marinos, vegetación de marismas, lagunas costeras, playas arenosas, playas rocosas, surgencias costeras y deltas), y actividades humanas tradicionales (agricultura, pesquerías y transporte marítimo) y emergentes de rápida expansión (turismo y camaronicultura). Los objetivos de este estudio son presentar una delimitación y regionalización de la zona costera del Estado de Sonora y hacer un análisis preliminar de los impactos asociados a los efectos del Cambio Climático. El procedimiento metodológico consistió en: (1) la delimitación y regionalización de la zona costera, y (2) la revisión y documentación de impactos por efecto del cambio climático. La delimitación de la zona costera se realizó con Sistema de Información Geográfica a escala 1:50,000 utilizando la isobata de los 100 m en el mar y las subcuencas hidrológicas en tierra. Se reconocieron tres regiones: Norte (desde Isla Montague hasta el Desemboque); Centro, desde el Desemboque hasta la Bahía de Guaymas; Sur, desde la Bahía de Guaymas hasta Agiabampo. En esta zona costera, los datos disponibles son insuficientes para indicar una tendencia de incremento o descenso del nivel medio del mar; sin embargo en el caso de un hipotético incremento, las zonas más vulnerables de Sonora serán los deltas Yaqui y Mayo ubicados al sur, el área de bahía Kino ubicada en el centro, y el Delta del Río Colorado ubicado al norte. Los eventos extremos de lluvias asociados a huracanes han sido más intensos en los últimos años y han generado impactos económicos y ambientales mayores en las regiones centro y sur de Sonora.

Introducción.

En la actualidad se ha generado suficiente evidencia en una escala global sobre los fuertes vínculos entre cambio climático y cambios en la disponibilidad de agua dulce, riesgos a comunidades e infraestructura

costeras, así como alteraciones a la diversidad biológica y productividad de los ecosistemas acuáticos (Cloern *et al.* 2011).

Los principales problemas del cambio climático en las zonas costeras se relacionan con potenciales cambios en la frecuencia y/o intensidad de las tormentas, así como con el posible ascenso del nivel medio del mar (NMM). En cuanto al nivel del mar, las previsiones del IPCC para fin de siglo se han ido reduciendo según disponía de datos más fiables desde 50-90 cm (IPCC, 1998) a 13-68 cm (IPCC, 2001). Los valores de INQUA (International Union for the Study of Quaternary Sea-Level Change and Coastal Evolution Commission) y del IGCP (International Geosciences Programme Projects 369 and 437) son aún más modestos: 10-20 cm. Adicionalmente, a escala regional existen diferencias con respecto a lo indicado para la media global, debido a los múltiples factores que intervienen en la formación de tormentas y en el cambio del nivel del mar.

Los libros colegiados Cambio climático en México: un enfoque costero y marino (Rivera-Arriaga *et al.*, 2010); Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (Botello *et al.*, 2010) e impactos del cambio climático sobre la zona costera (Yañez-Arancibia, 2010) han abordado desde varios ángulos y disciplinas la evidencia de los efectos del cambio climático en el diverso escenario costero de México.

El presente estudio tiene como objetivos (1) presentar una delimitación y regionalización de la zona costera del Estado de Sonora y (2) hacer un análisis preliminar de los impactos asociados a los efectos del Cambio Climático.

La zona costera del Estado de Sonora

El Estado de Sonora está ubicado en el noroeste del país y se localiza en los 26 °18' - 32° 29' N y 108° 25' - 115° 03' W (Figura 1) con 1208 km de litoral



(INEGI, 2000). La franja costera está influenciada por un clima muy seco con precipitación $< 400 \text{ mm año}^{-1}$ y muy extremo con oscilación térmica $> 14^\circ \text{ C}$ (García, 1988). Los vientos costeros tienen un patrón estacional proveniente del noroeste durante octubre-marzo con 3 a 6 días de permanencia e intensidad de $8 \text{ a } 10 \text{ m s}^{-1}$ y provenientes del sureste durante junio-septiembre con menos días e intensidades de $2 \text{ a } 5 \text{ m s}^{-1}$ (Badan-Dangon *et al.*, 1985; Reyes y Lavín, 1997). A lo largo de la costa la circulación superficial del mar es hacia el norte durante el verano y hacia el sur durante el invierno (Beier, 1997). Esta zona costera tiene una plataforma continental amplia con taludes de inclinación moderada a fuerte (Carranza-Edwards *et al.*, 1975) y se encuentran los complejos deltaicos formados por los Ríos Colorado, Sonora, Yaqui y Mayo (Álvarez-Arellano y Gaitán-Moran, 1994).

Delimitación y Regionalización.

La Zona Costera de Sonora delimitada tierra adentro por los límites de las subcuencas hidrológicas y mar afuera por la isobata de los 100 metros, cubre una superficie de $94,419 \text{ km}^2$ con 75 % de porción terrestre y 25 % de porción marina. La amplitud promedio de la franja terrestre es de $\approx 80 \text{ km}$ y de la franja marina $\approx 30 \text{ Km}$ (Figura 1). En esta zona costera hay 14 municipios con 1,801,244 habitantes y esto representa el 75 % de la población total de la entidad (INEGI, 2010). En la porción marina resultante se realizan la totalidad de las actividades pesqueras, marítimas y turísticas; mientras que en la porción terrestre se desarrollan la agricultura costera, la camaronicultura y se ubica la mayor densidad poblacional de los 14 municipios con frente de playa en la entidad.

El ambiente costero está representado por las tres regiones que caracterizan al Golfo de California, definidas por criterios oceanográficos y biogeográficos (Walker, 1960; Roden y Emmilson, 1980; Thompson *et al.* 1979). En este sentido, se visualizó una regionalización: Región Norte (RN), desde Isla Montague hasta el Desemboque; Región Centro (RC), desde el Desemboque hasta la Bahía de Guaymas; Región Sur (RS), desde la Bahía de Guaymas hasta Agiabampo (Figura 1).

La RN incluye ambientes rocosos y mayormente ambientes arenosos con algunas lagunas costeras; hay pendientes ligeras, cuencas someras, sedimentos gruesos, alta turbidez, grandes amplitudes de marea, corrientes de marea con carácter estacional bien definido y oleaje de muy baja energía.

Figura 1.- Delimitación y Regionalización de la Zona Costera del Estado de Sonora.



La RC se caracteriza por ambientes rocosos interrumpidos por playas arenosas y algunas lagunas costeras. La RS se caracteriza por lagunas costeras, playas arenosas, dunas costeras y mayor cobertura de manglares. Esta regionalización práctica puede ser un marco de referencia para analizar información sobre asuntos de manejo costero, como la vulnerabilidad al cambio climático.

La RS se caracteriza por una costa de aportes deltaicos, concentración de las lagunas costeras del estado, sedimentos finos con alta concentración de materia orgánica, marea de tipo mixto con predominancia diurna, corrientes por marea con carácter estacional y clima de oleaje variable en función del ambiente costero y la época del año.

**Impactos por efecto del cambio climático
Nivel medio del mar.**



El nivel medio del mar es una variable que tiene interdependencia con cambios de procesos oceanográficos ocasionados por variabilidad climática, efectos meteorológicos locales o regionales, movimientos geotectónicos, así como los de índole antropogénico sobre el cambio climático global. A nivel de cuenca del Pacífico Mexicano los más importantes son el fenómeno de “El Niño” y la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) que avanzan desde las costas del Perú como una onda Kelvin hacia las costas de California y al interior del Golfo de California y contribuye a que la elevación del nivel del mar sea máxima en los meses de julio y septiembre en la región de Guaymas, Sonora (Ripa, 1997, Beier, 1997; Lluch-Cota *et al.*, 2007). Éstas presentan sobre-elevaciones en épocas de huracanes (mayo-noviembre) por el apilamiento de agua hacia la costa.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) a partir de datos globales reportan una tasa promedio del incremento del nivel medio del mar de 1.8 ± 0.5 mm año⁻¹ (1961-2003) (Rosenzweig *et al.*, 2007; Church y White, 2011) y una aceleración entre 1993-2003 en la tendencia de incremento global de 3.3 ± 0.4 mm año⁻¹ (Ablain *et al.*, 2009), asimismo proyectan un aumento en el nivel de ~60 cm estimada al año 2100. Las causas principales son la expansión térmica del agua de mar por el calentamiento de los océanos y el desplazamiento de masas de agua por derretimiento de glaciares y casquetes polares, aunque se ha señalado que la subsidencia en el subsuelo por extracción de petróleo, represamiento de agua y sobre explotación de acuíferos, también impactan el equilibrio dinámico en los océanos (Nicholls y Cazenave, 2010).

Para la región de Guaymas, Zavala-Hidalgo *et al.* (2010) reportaron un incremento en el nivel medio del mar de 4.2 ± 1.7 mm año⁻¹ con base en el análisis de tendencias de una serie de elevación del nivel medio del mar para un periodo de 40 años (1952-1992). Este incremento es mayor al límite superior de la tasa señalada a nivel global, por lo que la actualización de la serie y su análisis está ahora en proceso para validar la tendencia y construir escenarios de predicción del incremento que puedan mostrar la variabilidad interanual e interdecadal en esta región, considerando que el incremento del nivel medio del mar es una cantidad dinámica y heterogénea en la escala global (Douglas, 2001; Church y White, 2011).

Huracanes

El cambio climático global es uno de los factores que han generado una alta variabilidad climática y que se refleja en el forzamiento de fenómenos meteorológicos a escala sinóptica como es el caso de los huracanes por reajustes atmosféricos para restablecer el equilibrio termodinámico de la atmósfera. El aumento en la temperatura superficial del mar (TSS) incrementa la probabilidad de formación de huracanes y tormentas tropicales, no solo asociado al cambio climático global sino a fenómenos del tipo “El Niño” y la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP). Sin embargo, existe un debate sobre la influencia del aumento en la TSS y se evidencia una tendencia con dominancia multidecadal (Trenberth, 2005).

El Panel Intergubernamental en Cambio Climático informó que no existe evidencia significativa de un aumento en las perturbaciones extratropicales para el Pacífico Nororiental, tal como se presentan para el Atlántico Norte, sin embargo si se reporta que se podrá magnificar la intensidad de estos y podrán avanzar hasta latitudes superiores a las reportadas históricamente en los últimos dos siglos (Webster *et al.*, 2005; IPCC, 2008).

En los últimos 15 años en el Golfo de California se ha observado que hasta la latitud de 27°N han ingresado 8 huracanes (Tabla 1), Henriette en 2007 tocó tierra en Guaymas y Jimena en 2009 aportó la mayor precipitación histórica (713 mm en 48 horas) en la misma región.

Se observa una tendencia en el aumento de los vientos máximos sostenidos y una similitud entre el año 2003 y el 2012 con dos perturbaciones tropicales con tiempo de generación menor a 20 días, que se han aproximado hasta la zona de Los Cabos, B.C.S. y Topolobampo, Sin., sin embargo no avanzaron hasta Sonora.

Clima de oleaje / Oleaje de tormenta.

El oleaje en el Golfo de California presenta una tendencia estacional, las alturas de ola significativa (H_s) varían desde 1 hasta 2 m en la zona de aguas profundas con periodos de máximo pico espectral (T_p) asociados desde 1 a 5 segundos. Por efectos de refracción de oleaje la altura puede amplificarse al acercarse a la línea de costa, por lo que en la zona de aguas someras la altura se incrementa. La dirección de aproximación varía de acuerdo a la estación del año: SO-SO en otoño-invierno y SE-SSE en primavera-verano (Burrola-Sánchez, 1995; Burrola-Sánchez, 2006; NOAA, 2006).



El oleaje extremo se presenta durante eventos ciclónicos y se asocia a la temporada de mayo a noviembre. Su magnitud es dependiente de la distancia con la boca golfo y la configuración submarina del frente costero. En condiciones promedio en el Golfo de California se puede observar oleaje asociado a los eventos extraordinarios desde 2 hasta 10 m con direcciones de aproximación desde el Este hasta el Oeste en función de la ubicación de la localidad.

No se cuenta con registros de presión durante la ocurrencia de un ciclón tropical en las costas de Guaymas, sin embargo la sobre-elevación del nivel del mar por la acción conjunta de la marea y oleaje de tormenta han sido evidentes con impactos negativos en la infraestructura costera por olas > 2 m. Asimismo se observó durante la ocurrencia del Huracán Jimena, que las inundaciones por este efecto conjunto de las variables oceanográficas se presentaron hasta zonas de elevación de 10 msnmm.

Eventos extremos de lluvias.

El estado de Sonora se ubica al norte del Trópico de Cáncer entre los paralelos 26° y 32° de latitud norte dentro de una franja climática que incluye los principales desiertos del mundo y se caracteriza por presentar clima extremoso seco muy cálido y de escasa precipitación, con un promedio anual de 336 mm (Vega-Granillo *et al.*, 2011). La franja costera del estado presenta clima seco al sur de la entidad y muy seco hacia el norte; la franja inermontana es de clima seco a semi seco y la alta montaña varía de subhúmedo a templado con lluvias en verano (INEGI, 2000).

El mapa de isoyetas muestra que la precipitación media anual oscila entre valores mínimos de 55 mm, en la zona del desierto de Altar, hasta valores máximos de 1000 mm, en algunas zonas de la Sierra Madre Occidental en la cuenca del Río Yaqui, las isoyetas comienzan con valores bajos en el noroeste y se incrementan en dirección Este-Sureste (CEA-CONAGUA, 2008). Este incremento gradual de precipitación se asocia con la actividad convectiva del Golfo de California donde los vientos dominantes provenientes del suroeste acarrearán humedad hacia la parte montañosa principalmente durante el verano (García-Páez y Cruz-Medina, 2009).

La lluvia en Sonora muestra una marcada variabilidad interanual con dos picos de precipitaciones, una más importante en el verano (junio-septiembre) y un periodo lluvioso más débil en invierno, al régimen de precipitaciones de verano se le denomina Monzón Norteamericano cuya zona núcleo se encuentra en la región noroeste de México incluyendo los estados de Sonora, Sinaloa y Chihuahua pero tiene influencia hasta el sur de Arizona USA (Cavazos *et al.*, 2008; Arriaga-Ramírez y Cavazos, 2010).

La variabilidad interanual en la región Noroeste ha sido asociada con eventos climáticos a gran escala (Brito *et al.*, 2001; Magaña *et al.*, 2003), como la Oscilación del Sur (ENSO) o evento El Niño, y con una variabilidad interdecadal de precipitación denominada Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), la cual explica una fluctuación de largo periodo de anomalías de la temperatura superficial del mar que repercute en los niveles extremos positivos y negativos de precipitación.

Tabla 1. Huracanes que han tenido influencia en la región de Guaymas, Son. (1998-2009).

Nombre	Categoría	Fecha	Vientos máximos sostenidos (km/hra)	Rachas (Km/hra)
Isis	H1	1-3 Sep 1998	120	150
Juliette	H4	21 Sep-2 Oct 2001	230	290
Ignacio	H2	22-27 Ago 2003	165	205
Marty	H4	4-10 Sep 2003	160	195
Javier	H1	30 Ago-6 Sep 2004	240	270
Henriette	H4	30 Ago – 6 Sep 2007	140	165
Julio	TT	25-26 Ago 2008		
Jimena	H4	28 Ago-4 Sep 2009	250	305

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional



Existe una fuerte teleconectividad entre la variabilidad de la precipitación y eventos a gran escala: La combinación de condiciones cálidas de El Niño y una tendencia cálida de la ODP tiende a incrementar la ocurrencia lluvias extremas también asociadas a una mayor incidencia de huracanes; y un evento Niña asociado a una tendencia templada de ODP produce un déficit de precipitación por debajo de las condiciones normales (Arriaga-Ramírez y Cavazos, 2010). En un análisis de series de precipitación relacionada con huracanes desde 1942 hasta el año 2000, Díaz *et al.*, (2008) sugieren que existe una mayor contribución de los ciclones sobre la precipitación anual en el noroeste de México durante la fase positiva de la ODP (en fase con ENSO) que durante una fase negativa de la ODP, esta misma señal ha sido documentada por Brito-Castillo (2012) en estudios sobre los escurrimientos en cuencas hidrológicas del Golfo de California.

Con base en los análisis de las series de tiempo de lluvia en los meses de junio hasta agosto (JJAS) desde 1960 hasta el año 2000, Cavazos *et al.* (2008) indicaron que no existe un incremento positivo de la precipitación total, sin embargo a partir de 1977, Sonora ha registrado un incremento en la intensidad de la lluvia en asociación con la fase positiva de la ODP pero la duración del monzón ha sido más corta y ambas tendencias se anulan una a la otra, en consecuencia, no existe un incremento de lluvias a largo plazo. Por esta razón se ha sugerido que la tendencia del cambio climático puede ser mejor evaluada con base en eventos de precipitación extremos en lugar de cambios en la precipitación media. A este respecto, Cavazos *et al.*, (2008) definieron como indicador de evento de lluvia extrema cuando la precipitación diaria en el periodo JJAS excede el percentil 95 (P95), ellos encontraron una estrecha relación del P95 con la ocurrencia de huracanes. La principal tendencia lineal positiva en la intensidad de lluvia por contribución de eventos P95 ocurrió en la porción montañosa del núcleo del monzón, en la década de los 90's, por otra parte, en las estaciones costeras la frecuencia de P95 y la precipitación total del monzón no cambiaron significativamente durante el periodo de estudio.

La tendencia de cambio climático en Sonora asociado a las precipitaciones es que existe un decremento en cantidad de lluvia total (Brito-Castillo, 2012; CEA-CONAGUA, 2008). Sin embargo, hay un incremento significativo en la intensidad de las lluvias el cual está ligado al efecto combinado de ENSO y ODP. Se ha demostrado que el P92 tiene

poder predictivo a nivel regional para lluvias extremas durante eventos ENSO y no ENSO, sin embargo a escala de cambio climático interdecadal todavía no ha sido definido.

Figura 2. Zonas vulnerables a un potencial incremento del nivel medio del mar en la zona costera del Estado de Sonora.



La estrategia de adaptación ante el cambio climático en Sonora deberá estar enfocada a la administración del recurso hídrico y a la prevención de contingencias por lluvias extremas en el corto plazo. Algunos autores señalan que para poder predecir el cambio climático en esta región se requiere un mayor esfuerzo incrementando el número de estaciones meteorológicas y enfatizar en la calidad de los datos para reducir la incertidumbre en las predicciones de precipitación extrema, en la perspectiva de cambio climático a mayor escala temporal, los modelos desarrollados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) aún se encuentra en desarrollo y no tiene el nivel de resolución adecuado para reproducir eventos extremos a escala decadal (Arriaga-Ramírez y Cavazos, 2010).

Vulnerabilidad ante el incremento del nivel medio del mar.

Un análisis cartográfico empleando información de (1) pendiente y geofoma de las costas, (2) uso de suelo y vegetación y (3) densidad poblacional de sus centros urbanos o rurales, permitió identificar



que en el Estado de Sonora, las zonas potencialmente vulnerables al incremento del nivel medio del mar son Alto Golfo y Delta del Río Colorado, Puerto Peñasco, Bahía Kino, Guaymas-Yavaros y Agiabampo (Figura 2).

Conclusiones

La regionalización de la zona costera del Estado de Sonora basada en criterios oceanográficos y biogeográficos comprende: Región Norte (RN), desde Isla Montague hasta el Desemboque; Región Centro (RC), desde el Desemboque hasta la Bahía de Guaymas; Región Sur (RS), desde la Bahía de Guaymas hasta Agiabampo.

En la zona costera de Sonora, se ha observado una tendencia de un incremento en el nivel medio del mar en la región de Guaymas, pero la serie de datos requiere actualización y nuevo análisis para aportar mayor evidencia.

El impacto de huracanes sobre la costa de Sonora ha sido variable desde la década de los noventa y no se observó un incremento en su frecuencia, pero sí un incremento en su intensidad en los últimos 5 años.

La tendencia de cambio climático en Sonora asociado a las precipitaciones es que existe un decremento en cantidad de lluvia total. Sin embargo, hay un incremento significativo en la intensidad de las lluvias por el efecto combinado de ENSO y ODP.

En el caso de un hipotético incremento del nivel medio del mar, las zonas más vulnerables de Sonora serán los deltas Yaqui y Mayo ubicados al sur, el área de bahía Kino ubicada en el centro, y el Delta del Río Colorado ubicado al norte. Los eventos extremos de lluvias asociados a huracanes han sido más intensos en los últimos 5 años y han generado impactos económicos y ambientales mayores en las regiones centro y sur de la costa de Sonora.

Fuentes de consulta

1. Ablain, M., A. Cave, G. Valladeaus y S. Guinehut. 2009. A new assessment of the error budget of global mean sea level rate estimated by satellite altimetry over 1993–2008. *Ocean Sci.* 5, 193-201.
2. Álvarez-Arellano, A.D., y Gaitán-Moran, J. 1994. Laguna costeras y al litoral mexicano: Geología. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 13-74 pp.
3. Arriaga-Ramírez, S. y T. Cavazos. 2010. Regional trends of daily precipitation indices in northwest Mexico and southwest United States, *J. Geophys. Res.*, 115, D14111, doi:10.1029/2009JD013248
4. Badan-Dangon, A., Koblinsky C.J. & Baumgartner, T. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Oceanología Acta*, 8 (1):13-22.
5. Beier, E. 1997. A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*, 27,615-632.
6. Botello, A.V., S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J. L. Rojas Galaviz (Eds.). 2010. Vulnerabilidad de la zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL Universidad Autónoma de Campeche. 5 14 p.
7. Brito-Castillo, L. 2012. Regional Pattern of Trends in Long-Term Precipitation and Stream Flow Observations: Singularities in a Changing Climate in Mexico, *Greenhouse Gases - Emission, Measurement and Management*, Guoxiang Liu (Ed.), ISBN: 978-953-51-0323-3, InTech.
8. Brito-Castillo, L., A. Leyva-Contreras, A.V. Dowglas, D. Lluch-Belda 2001. Pacific Decadal Oscillation and the filled capacity of dams of the rivers of tue Gula California continental watershed.
9. Burrola-Sánchez, M.S. 1995. Impacto de la construcción de escolleras en la línea de playa de la Bahía de San Francisco en San Carlos, Nuevo Guaymas, Son. Tesis Profesional, ITMAR 03, Guaymas, Son. 74 p.
10. Burrola-Sánchez, M.S. 2006. Elevación del nivel medio del mar y oleaje extremo en el Golfo de California. Informe Técnico, CIBNOR, S.C. Unidad Sonora.
11. Carranza-Edwards, A., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez-Torres. 1975. Unidades morfoestructónicas continentales de las costas mexicanas. *Inst. Ciencias de la Mar y Limnología, UNAM.* 2 (1): 81-88.
12. Cavazos T., C. Turrent y D. P. Lettenmaier, 2008. Extreme precipitation trends associated with tropical cyclones in the core of the North American monsoon *Geophys. Res. Lett.*, 35, L21703, doi:10.1029/2008GL035832.



13. Cazenave, A. y W. Llovel. 2010. Contemporary sea level rise. *Ann Rev Mar Sci.* 2:145-73.
14. CEA – CONAGUA, (2008). Estadísticas del agua en el Estado de Sonora, edición 2008. Ingeniería y Gestión Hídrica, México D.F., 231 pp.
15. Cloern J. E, N. Knowles, L. R. Brown, D. Cayan, M.D. Dettinger, L.T., Morgan, D. H. Schoellhamer, M. T. Stacey, M. van der Wegen, R. W. Wagner y A. D. Jassby. 2011. Projected Evolution of California's San Francisco Bay-Delta-River System in a Century of Climate Change. *PLoS ONE* 6(9): e24465. doi:10.1371/journal.pone.0024465
16. Church, J.A. y N.J. Neil. 2011. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surv. Geophys.* 32: 585-602.
17. Díaz, S. C., C. A. Salinas-Zavala y S. Hernández-Vázquez. 2008. Variability of rainfall from tropical cyclones in northwestern México and its relation to SOI and PDO. *Atmosfera*, 21(2): 213-223.
18. Douglas, B.C. 2001. Sea level change in the era of the recording tide gauge. En: Douglas B.C., M. S. Kearney y S.P. Leatherman (eds), *Sea Level Rise. International Geophysical Series*, vol. 75, Academic Press, San Diego.
19. Englehart, P y A. V. Douglas. 2006. Defining Interseasonal Rainfall variability within the North American monsoon. *J. Clim.*, 19: 4243-4253.
20. García-Páez F. e I.R.Cruz-Medina. 2009. Variabilidad de la precipitación pluvial en la región pacífico norte de México. *Agrociencia*, 43: 1-9
21. Grinsted, A., J. C. Moore, and S. Jevrejeva (2010), Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD, *Clim. Dyn.*, 34, 461–472, doi:10.1007/s00382-008-0507-2.
22. INEGI, 1993. Estudio Hidrológico del Estado de Sonora. Aguascalientes, Ags., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto, 182 pp.
23. INEGI. 2000. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Sonora. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags, 88 p.
24. INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda del Estado de Sonora. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2010/localidad>.
25. IPCC. 1998. *Climate Change 1998*. Cambridge Univ. Press.
26. IPCC. 2001. *Climate Change 2001*. Cambridge Univ. Press.
27. IPCC, 2008. *Cambio climático 2007. Informe de síntesis*. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, OMM, PNUMA, Ginebra, Suiza, 114 pp.
28. Lluch-Cota, S.E., E. A. Aragón-Noriega, F. Arreguín-Sánchez, D. Auriol-Gamboa, J.J. Bautista-Romero, R. C. Brusca, R. Cervantes-Duarte, R. Cortés-Altamirano, P. Del-Monte-Luna, A. Esquivel-Herrera, G. Fernández, M.E. Hendrickx, S. Hernández-Vázquez, H. Herrera-Cervantes, M. Kahru, M. Lavín, D. Lluch-Belda, D.B. Lluch-Cota, J. López-Martínez, S.G. Marinone, M.O. Nevárez-Martínez, S. Ortega-García, E. Palacios-Castro, A. Parés-Sierra, G. Ponce-Díaz, M. Ramírez-Rodríguez, C.A. Salinas-Zavala, R. A. Schwartzlose, A.P. Sierra-Beltrán. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography* 73 (2007) 1–26
29. Magaña, V.O., J. L. Vázquez, J. L. Pérez y J. B. Pérez. 2002. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional*, 42 (3): 313-330.
30. Nicholls, R.J. y A. Cazenave. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science* 328: 1517-1520.
31. NOAA. 2006. http://polar.ncep.noaa.gov/waves/main_table.html
32. Reyes, C y Lavin, M. F. 1997. Effects of the autumn-winter meteorology upon the surface heat loss in the Northern Gulf of California. *Atmósfera*, 10:101-123.
33. Ripa, P., 1997. Toward a physical explanation of the seasonal dynamics and thermodynamics of the Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*, 27(5): 597–614.
34. Rivera Arriaga, E., I. Azuz-Adeth, L. Alpuche Gual y G. J. Villalobos-Zapata (Eds.). 2010. *Cambio climático en México: un enfoque costero y marino*. Universidad Autónoma de Campeche, Cety-Universidad. Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.
35. Roden, G. I. y I. Emilsson. 1980. *Oceanografía física del Golfo de California*. Centro de ciencias del mar y Limnología UNAM, contribución No. 90, 67 pp.



36. Rosenzweig, C., G. Casassa, D.J. Karoly, A. Imeson, C. Liu, A. Menzel, S. Rawlins, T.L. Root, B. Seguin, P. Tryjanowski, 2007. Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. p. 79-31. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
 37. Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstitch. 1979. *Reef fishes on the Sea of Cortez*. John Wiley and Sons, New York, 302 p.
 38. Vega-Granillo, E.L.; Cirett-Galán, Samantha; De la Parra-Velasco, M.L.; y Zavala-Juárez, Raúl, 2011, *Hidrogeología de Sonora, México*, in Calmus, Thierry, (ed)., *Panorama de la geología de Sonora, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 118, Cap.9 p 57-88*.
 39. Vemeer, M. y S. Rahmstorf. 2009. Global sea level linked to global temperature. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106, 21527
 40. Walker, B. W. 1960. The Distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of the California. *Syst Zool.* 9(3): 123-133.
 41. Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) 2010. *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera*. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México.
 42. Zavala-Hidalgo, J., R. de Buen Kalman, R. Romero-Centeno y F. Hernández-Maguey. 2010. Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J.L. Rojas-Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche, 514 pp.
2. Evaluación de los efectos del cambio climático en los servicios ecosistémicos de la zona costera.
 3. Evaluación de los efectos del cambio climático en poblaciones, comunidades y ecosistemas costeros.

Líneas de investigación futuras.

1. Proyecciones de la evolución de regiones costeras más vulnerables a los efectos del cambio climático.



El Impacto del Manejo del Territorial en el Cambio Climático

David Barkin

Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco
barkin@correo.xoc.uam.mx

Introducción

Finalmente hay un reconocimiento de la gravedad de los problemas que la sociedad está resintiéndolo por el fenómeno del cambio climático. Después de decenios de negación, actualmente estamos frente a una emergencia de proporciones mayúsculas, que plantea grandes retos en cuanto a la supervivencia de la misma humanidad. Enfocando en el ordenamiento territorial, se puede trazar con cierta confianza dos problemas agudos que se anticipan con cierta seguridad: una deficiencia sustancial en la producción nacional de alimentos y un desplazamiento masiva de población de los litorales hacia el interior del país.

Las declaraciones piadosas sobre el compromiso de reducir la generación de gases de efecto invernadero (GEI) durante los últimos veinte años han resultado inadecuadas para lograr un cambio efectivo en los patrones de producción y de consumo. Como consecuencia, no se ha detenido la acumulación de estas GEI en el atmosfera con un consecuente aumento sistemático en las temperaturas terrestres y una agudización de la variabilidad meteorológica con importantes modificaciones en la ocurrencia e intensidad de los eventos desastrosos que están impactando poblaciones vulnerables alrededor del globo. Evidentemente, sus efectos sociales y económicos son diferentes, dependiendo de las infraestructuras disponibles para enfrentar variaciones mayores en las lluvias y los vientos entre otros; pero también dependen de la capacidad social y económica de las poblaciones y de sus gobiernos para prepararse para los cambios, muchos de los cuales pueden ser anticipados, y reaccionar frente a los impactos. En este trabajo enfocaremos en las dos dimensiones mencionadas, por ser de cierta importancia para el bienestar de nuestra población y de ilustrar la gravedad de la amenaza que se ha construido a raíz de políticas equivocadas referente al manejo del sector agropecuario y de las infraestructuras hidráulicas.

El Sector Agrícola

En cuanto a la agricultura, tenemos un fenómeno muy definido: el abandono del impulso a la producción de alimentos básicos a favor del apoyo a la comercial, reforzando las presiones del mercado y abriendo espacios para el capital internacional de determinar la evolución de su estructura productiva. Como resultado de esta transformación, se ha visto en la necesidad de facilitar la importación masiva de granos y de productos dependiendo de ellos (la carne de puerco y de pollo), así como una continuación de la larga práctica de importar leche en polvo para el consumo básico.

Los estudios rigurosos de los cambios previsibles en los patrones de lluvia, indican que quizás un 75% de las tierras actualmente cultivadas de temporal van a sufrir de mermas sustanciales en los años venideros, con consecuencias graves para la productividad. Asimismo, se espera que se verá mermada la posibilidad de seguir con las prácticas de producción de granos con sistemas intensivos de riego, ya que las presas de que dependen tendrán graves problemas de abastecimiento y experimentarán mayores demandas de una variedad de usuarios, que antes tenían otras opciones.

Hasta ahora, no se ha reconocido la profundidad de esta crisis agrícola por la fácil disponibilidad de importaciones de los países tradicionales de producción granero para los mercados mundiales. Los patrones históricos de estas fuentes están cambiando como parte del mismo fenómeno del problema del cambio climático y del 'descubrimiento' de la necesidad de un viraje hacia fuentes de combustibles de fuentes 'renovables' como es el caso de los biocombustibles de la caña de azúcar, del maíz y de oleaginosas de plantas tropicales (palma, jatrofa).



Sin embargo, el reconocimiento reciente de este problema ha vuelto a ser exacerbado por la incursión de los fondos financieros especulativos en el manejo de los inventarios y en las mismas decisiones de producción, ocasionando una mayor volatilidad en los precios de estos insumos básicos en cima de una tendencia secular de elevación de sus niveles promedios. El impacto ha sido un encarecimiento de los alimentos que se fabrican con ellos y una trágica incapacidad de los productores de menor escala de poder reaccionar a lo que podría ser una nueva oportunidad por la casi absoluta falta de financiamiento para estos granos básicos.

Agudizando este problema es la ceguera de los políticos y sus asesores técnicos respecto al potencial productivo del país para la producción granero. Desde hace tiempo, hay estudios que examinan el problema de la producción a pequeña escala, que ha sido la fuente tradicional de abastecimiento de los alimentos básicos de la población mexicana.

Uno de los informes más recientes ha examinado su potencial en la coyuntura actual, llegando a la conclusión de que el país podría volverse auto-suficiente en maíz y algunos cultivos asociados, y hasta excedentario si hubiera la voluntad y la decisión política apropiada. Por una parte, involucra la difusión e implementación de modificaciones tecnológicas menores para su adopción en el sector campesino de pequeña escala, junto con una disponibilidad crediticia y acciones para romper el control cartelizado de los mercados nacionales. Por otra, requiere de re-funcionalización del destino agrícola del sureste del país donde una visión equivocada del manejo del agua y de uso adecuado de los terrenos ha evitado su aprovechamiento por los grandes contingentes de campesinos que actualmente se encuentran sub-ocupado con labores poco productivas.¹

¹Turrent Fernández, Antonio; Timothy A., Wise, y Elsie Garvey (2012) *Achieving Mexico's Maize Potential*. Medford MA: Working Group on Development and Environment in the Americas.

Por la gravedad de las crisis que seguirán agudizando, aumentarán las posibilidades para que las comunidades adopten estrategias propias para enfrentar estos retos, escogiendo alternativas que les permiten seguir con una diversidad de actividades productivas en el contexto de una diversidad cultural que contribuye a sus capacidades para proteger y rehabilitar sus ecosistemas; esta autonomía, junto con otras facetas de estas estrategias, servirían para plantear de una nueva etapa de mejoramiento de la calidad de vida rural.²

Otro fenómeno que está agudizando los problemas en el campo, es un proceso, relativamente nuevo de acaparamiento de tierras por grandes corporaciones e, inclusive, países deficitarios en alimentos. Se estima que actualmente la superficie involucrada supera a los 40 millones de hectáreas, con una presencia particularmente notable en África subsahariana; en México, el único caso de que se toma nota es el de la adquisición de aproximadamente 110,000 has. En el estado de Tabasco por intereses chinos para la siembra de arroz de exportación.³

El Manejo Hidráulico

El segundo problema de enorme gravedad en el contexto de los impactos de cambio climático es la disponibilidad, distribución y utilización de los recursos hídricos del país. Desde hace mucho tiempo, la tecnocracia encargada del manejo del agua ha dispuesto de enormes cantidades de dinero para grandes inversiones hidráulicas, enfatizando la necesidad de llevar el agua a donde haya demanda, en vez de examinar críticamente y modificar los patrones de la demanda para lograr una mayor eficacia en el reparto del agua y su asignación.

² Barkin, David (2013) "La construcción del nuevo mundo del campesino mexicano." En: Padilla, Tanalis, (Coord.) *El Campesinado y La Situación Actual de México*. México: Fondo de Cultura Económica/Conaculta.

³ Véase el número monográfico del *Journal of Peasant Studies*, Vol.38(2), 2011, con el título "Towards a better understanding of global land grabbing" para una colección de artículos especializados sobre el fenómeno y sus implicaciones para la alimentación y el ambiente. Una fuente para mantenerse actualizado en el tema es: <http://farmlandgrab.org>, que tiene una gran riqueza de materiales de acceso abierto.



Aunado a eso es la sistemática falta de disposición de asegurar el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, en aras de proyectos que privilegian las obras muy intensivas en uso de energías para el transporte y almacenamiento de agua. Como consecuencia, en muchas partes del país, las poblaciones sufren de grandes deficiencias en su abastecimiento, mientras que los trasvases ocasionan penuria en las regiones (pobres) de donde se extraen el líquido para las zonas más ricas, dominadas por capitales extranjeros, o políticamente más influyentes.

El problema se ha vuelto inmanejable en México por el modelo de gestión que maneja la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). A pesar de una voluminosa literatura que aboga por un enfoque de la gestión de la demanda, la Comisión sigue insistiendo mayormente en impulsar una política “ofertista”, es decir, construir infraestructura para tratar de asegurar sus ‘necesidades’ de agua a los clientes que lo pueden pagar en industria, agricultura, y zonas residenciales.

La construcción de esta infraestructura responde a intereses ingenieril y de constructores, más que criterios ecosistémicos. Como consecuencia, hay un número importante de acueductos muy largos para surtir muchas áreas metropolitanas; actualmente varios de estos ocasionan conflictos sociales y en otros casos, la oposición es fuertemente reprimida, como en los casos de los Mazahuas en la cuenca del Río Lerma, los pueblos en los Valles Centrales de Oaxaca, y las poblaciones en el sur de Sonora.

El caso de la ciudad y el Valle de México es particularmente ofensivo. A pesar de contar con un abastecimiento plenamente suficiente para todas sus necesidades, proveniente de sus 48 ríos vivos con aguas de buena calidad y de la abundante lluvia, las autoridades hidráulicas importan de la Cuenca del Río Cutzamala una cantidad aproximadamente igual al 40% del líquido que se pierde en las redes de distribución;⁴ la

⁴ Cf., Legorreta, Jorge, (2006), *El agua y la ciudad de México, de Tenochtitlán a la megalópolis del siglo XXI*. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Atzacapatzalco.

administración de Marcelo Ebrard emprendió un programa para rescatar uno de estos ríos (Magdalena), con el impulso de su Secretaría de Medio Ambiente, a pesar de la oposición tácita de la CONAGUA.⁵

Para profundizar el problema todavía más, estas mismas autoridades están impulsando la construcción de una enorme planta de tratamiento de aguas residuales, llevados desde el Valle de México hacia una zona de riego en el estado de Hidalgo, cerca del pueblo de Atotonilco, para ser procesado en un contrato de sociedad privada-pública con una empresa de Carlos Slim; algunos son tan cínicos de creer que a pesar de los aumentos venideros en el costo de la energía, se hará una inversión para volver a subir el agua unos 400 metros para que pueda ser re-utilizada para proyectos de conservación ambiental en el Valle.⁶

Este modelo dispendioso que involucra enormes y muy rentables obras para las empresas constructoras, clientes de la CONAGUA, tiene el efecto de negar este recurso para el uso comunitario en las diversas colonias del Valle de México.⁷ Agudizando este problema es el muy probable impacto del calentamiento global en la invasión de agua del mar en los acuíferos costeros. Aun en el caso remoto que no haya una elevación de los

⁵ Jujnovsky, Julieta; González-Martínez, Teresa Margarita; Cantoral-Uriza, Enrique Arturo, y Almeida-Leñero, Lucia. (2012), “Assessment of Water Supply as an Ecosystem Service in a Rural-Urban Watershed in Southwestern Mexico City”. *Environmental Management*. 49:690–702. También, Tonda, Juan, (2012), “Al rescate del Río Magdalena,” http://www.comoves.unam.mx/archivo/ecologia/107_ri_o_magdalena.html.

⁶ Consulté, por ejemplo, el artículo de Ernesto Espino de la O, Gerente de Agua y Saneamiento del proyecto, dependiente de la ConAgua, “Reuse solution for the Valley of Mexico’s water challenges,” *Water21*, Agosto 2012, Pp. 34-39.

⁷ Para una propuesta diseñada para atender necesidades comunitarias y ecosistémicas, véase Burns, Elena, (2008), *Hacia Una Nueva Cultura de Gestión Del Agua: Propuestas de Políticas para la Sustentabilidad en la Cuenca de México*, México: Centro para la Sustentabilidad “Centli”, UAM-I.



niveles del mar suficientes para obligar a los pueblos en los litorales de desalojarse por problemas de inundaciones, es previsible desde ahora que muchas comunidades pobres tendrán problemas de abastecimiento de agua potable; para los destinos turísticos, el problema será otro: como financiar las cuantiosas inversiones que serán requeridas para la desalinización del agua del mar. Sea como sea, el resultado será la necesidad de enormes contingentes de personas – mayormente de grupos marginales – de abandonar sus comunidades y terrenos heredados por regiones más elevadas donde los problemas de supervivencia serán otros.

Si bien la supervivencia de los moradores de las comunidades costeras será difícil, los que viven en el resto del país enfrentarán problemas aún más graves frente al problema de resolver sus necesidades hídricas. La competencia con los usos mineros, industriales y de la agricultura comercial será intensa, ya que éstos están recibiendo atención prioritaria en el diseños de a infraestructura.

Hay una creciente presión para transferir las labores de gestión de los servicios urbanos del agua y alcantarillado a figuras privadas, mayormente contratos de “BOT” (siglas en inglés para contratos de “construir, operar y transferir” después de recuperar la inversión con su correspondiente ganancia), pero también en concesión de operación. La ausencia de algunos lineamientos para asegurar una distribución de la inversión y elpreciado líquido ha caracterizado las operaciones de la Comisión Nacional del Agua, desde sus inicios, prácticas heredadas de la vieja Secretaría de Recursos Hidráulicos de antaño.⁸

A manera de conclusión: El ordenamiento territorial, la crisis ambiental, y a política nacional

El calentamiento global es un hecho. Las presiones económicas para el acaparamiento de los recursos naturales y los territorios así como la privatización de los espacios económicos y sociales han

intensificado durante los últimos treinta años, a medida que la administración pública se ha visto más favorable para el otorgamiento de diversos privilegios al capital en aras de promover un modelo de promoción del crecimiento económico controlado por la iniciativa privada que ha logrado acaparar los beneficios de este patrón.

Se intensificará la vulnerabilidad de la sociedad frente a este proceso de avance productivo a medida que se manifiesta los efectos del cambio climático en crecientes desequilibrios en el sector agrícola y en un acaparamiento de los recursos hídricos para el capital. Acentuando estos problemas, las presiones ocasionadas por la elevación de los niveles del mar y los cambios meteorológicos que están redistribuyendo las lluvias geográficamente. ¿Será demasiado tarde para corregir el modelo de apropiación de los beneficios del crecimiento y reasignar responsabilidades, dando prioridad a grupos sociales que saben cómo y están dispuestos a orientar sus actividades sociales, culturales y económicas hacia la conservación y rehabilitación de nuestros ecosistema

⁸ Véase, Barkin, David (Coord.) (2006) *La gestión del Agua Urbana en México: Retos, debates y bienestar*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.



Identificación de las especies de peces con mayor vulnerabilidad al calentamiento global en cuatro ecosistemas marinos costeros de la península de Baja California

Gastón A. Bazzino Ferreri, Salvador E. Lluch-Cota, Fernando Aranceta

Programa de Ecología Pesquera del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR S.C.)

Introducción y Marco teórico

Uno de los retos más importantes de la ecología moderna, como ciencia, es participar en el difícil balance entre el uso de los recursos naturales y la preservación de nuestro entorno natural. Para lograr esto, resulta indispensable contar con evaluaciones objetivas de la biodiversidad de los ecosistemas y conocer sus interacciones con el funcionamiento y vulnerabilidad de estos. Dicho enfoque fue la base para el planteamiento del presente estudio, donde logramos aprovechar los acervos de información (bases de datos, referencias bibliográficas, mapas de distribución, etc.) correspondientes a cuatro ecosistemas marinos costeros inmersos en áreas prioritarias de la península de Baja California.

De hecho, el cambio climático y sus manifestaciones en el ambiente marino, tienen impactos importantes en la biodiversidad, afectando directamente la distribución y abundancia de las poblaciones. La forma en que responden los organismos dependerá tanto de la intensidad de los cambios, así como de la naturaleza propia de las especies.

Los cambios en los ecosistemas marinos costeros causados por el aumento en la temperatura se dividen en abióticos y bióticos (Harley et al. 2006). Dentro de los primeros se encuentran los cambios físicos, estos se refieren al impacto directo sobre los océanos que causa el aumento atmosférico de la temperatura, como es el derretimiento de los polos, entrada de agua dulce y expansión térmica de los océanos, todo lo anterior conlleva a un aumento en el nivel de océano de 2 mm/año (IPCC, 2001). Otro de los efectos que se ha documentado es el aumento en los gradientes atmosféricos de presión sobre los márgenes continentales, lo cual resulta en vientos más fuertes y aumento en las surgencias tal

como se ha observado en la costa de California durante los últimos 30 años (Snyder et al. 2003).

Con respecto a los cambios bióticos, el aumento de la temperatura impactará a los organismos en varios niveles de su ciclo de vida, ya sea a través de cambios fisiológicos, morfológicos y/o etológicos. También afectará a nivel poblacional por los cambios en los procesos de transporte larval que influyen sobre la dispersión y reclutamiento de los organismos. Por último, a nivel de la comunidad, el aumento de la temperatura afectará las abundancias e interacciones entre los componentes de cada ecosistema (por ejemplo, competidores, depredadores, etc.) (Harley et al. 2006).

En el presente estudio utilizaremos la temperatura como único factor ambiental para estudiar la vulnerabilidad de las especies frente al efecto del calentamiento global (impacto sobre el nicho térmico). Debido a que muchos organismos ya viven en el límite de su tolerancia térmica, el calentamiento podría afectar negativamente su desempeño y sobrevivencia (por ejemplo, los arrecifes de corales; Hughes et al. 2003). Las respuestas de los organismos al calentamiento global pueden ser de 2 tipos:

i) los organismos con capacidad de movimiento y no asociados a estructuras fijas (montañas submarinas, arrecifes, etc.), se movilizan y modifican su distribución impactando la estructura y dinámica de los ecosistemas tanto de la región abandonada así como de la nueva zona. De hecho, ya existen estudios alrededor de la península de Baja California que reportan la expansión de la ictiofauna hacia aguas más frías (De la Cruz-Agüero y Cota-Gómez 1998).



ii) los organismos sésiles o fuertemente asociados al fondo (fauna bentónica) enfrentarán diferentes niveles de forzamiento ambiental y ecológico, donde los cambios que presenten dependerán de su tolerancia fisiológica, de su capacidad y posibilidad de aclimatación o compensación (por ejemplo, con cambios en la distribución vertical), y del resultado de sus interacciones con un nuevo elenco de competidores, depredadores, invasores y parásitos. Por supuesto, no todos los cambios resultarán perjudiciales para todas las poblaciones. Los mismos mecanismos arriba mencionados podrían reducir el estrés ambiental de algunos organismos, por ejemplo, de aquellos que se encuentren en su límite frío o templado de distribución.

Se entiende por vulnerabilidad el grado al que un ecosistema es susceptible de ser afectado por el cambio climático, incluida la variabilidad y condiciones extremas (IPCC, 2007). La vulnerabilidad depende de la interacción entre la exposición a condiciones ambientales diferentes y la sensibilidad del recurso o ecosistema en particular. A mayor intensidad del cambio (mayor exposición) y/o mayor sensibilidad del recurso, habrá una mayor vulnerabilidad. El concepto también incluye la capacidad del sistema para adaptarse (a mayor capacidad de adaptación menor vulnerabilidad); sin embargo, en el presente proyecto nos referiremos por vulnerabilidad únicamente al balance entre la exposición y la sensibilidad, dado que el marco de análisis que adoptaremos así lo requiere.

En este sentido, se ha sugerido que el impacto más importante estará asociado a cambios en la distribución y abundancia de las especies, que de acuerdo a su capacidad de aclimatación, pudieran modificar o no su distribución poblacional. Es de esperarse que los impactos se vean reflejados en cambios en la estructura de las comunidades, mismos que esperamos analizar a través de los escenarios.

Objetivos

El objetivo central de esta investigación fue modelar posibles cambios en la biodiversidad marina en la península de Baja California ante el calentamiento global, a través de 2 enfoques complementarios:

a) el análisis de la distribución actual y futura (escenarios) de las especies presentes en cuatro ecosistemas marinos costeros considerados como representativos de la península (arrecife rocoso

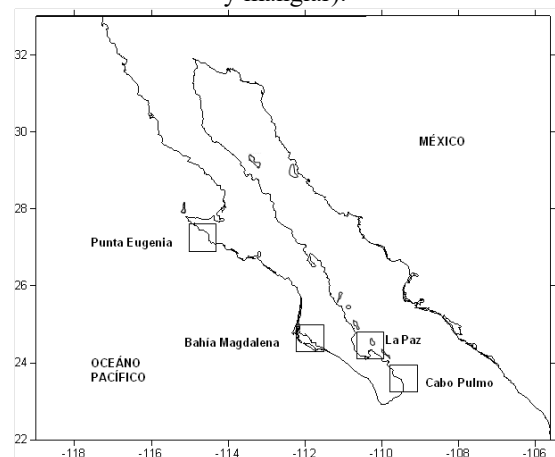
templado, arrecife tropical, laguna costera y manglar; Figura 1); y

b) la evaluación de vulnerabilidad de estos ecosistemas, inmersos en regiones marinas de interés ecológico. Dicho objetivo pretende realizar nuevas aportaciones en un tema y una región que se han revelado como prioritarios en la agenda de investigación ambiental de nuestro País.

Área de estudio y Metodología

El área de estudio correspondió a cuatro ecosistemas representativos de la península de Baja California, dos de ellos ubicados en el Océano Pacífico sobre la costa occidental y los otros dos localizados dentro del Golfo de California: 1) Punta Eugenia (PE): arrecife rocoso de alta energía, con oleaje y exposición directa al océano Pacífico; 2) Bahía Magdalena (BM): ecosistema de fondos blandos, con área de canal y zonas someras fango-arenosas, con presencia de manglares; 3) La Bahía de la Paz (BP): ecosistema de manglar típico del suroeste del GC, caracterizado por raquitismo, aislamiento de otras áreas de manglar y dependencia de mareas para su inundación; y 4) Cabo Pulmo (CP): ecosistema de arrecife rocoso protegido dentro del GC, de condición subtropical con temperaturas más elevadas y presencia variable de parches y cabezas de coral, e influencia estacional de macroalgas (Figura 1).

Figura 1
Área de estudio: cuatro ecosistemas marinos costeros representativos de la península de Baja California (arrecife rocoso templado, arrecife tropical, laguna costera y manglar).





Inicialmente, se realizó una revisión de datos que permitieran establecer la situación actual de las especies que habitan en los cuatro ecosistemas considerados. Las fuentes de información que fueron consultadas incluyen bases de datos, mapas de distribución y referencias bibliográficas relacionadas con los ecosistemas considerados (diversidad, abundancia, distribución, tolerancia ambiental, límites fisiológicos, etc.).

Posteriormente, se obtuvo el rango de distribución para cada especie costera incluida en nuestra base de datos, y éste fue transformado de latitud a temperatura, derivando la temperatura óptima, máxima y mínima de cada especie en base a su distribución latitudinal actual.

A partir de dicha información, desarrollamos un modelo al que denominamos índice de confort térmico (ICT), el cual compara el nicho térmico de una determinada especie con respecto a la temperatura ambiental promedio en un ecosistema:

$$ICT = \left[\frac{((T^{\circ}C_{\text{media /sitio}} - T^{\circ}C_{\text{min sp1}}) * 2)}{(T^{\circ}C_{\text{max sp1}} - T^{\circ}C_{\text{min sp1}})} - 1 \right]$$

Donde el término $T^{\circ}C_{\text{media/sitio}}$ corresponde a la temperatura promedio del sitio y los términos $T^{\circ}C_{\text{max sp1}}$ y $T^{\circ}C_{\text{min sp1}}$ corresponden a la temperatura mínima y máxima registrada para la especie. Este índice asigna un valor que oscila entre (-1 y 1), en donde los valores superiores a la unidad significan una mayor vulnerabilidad al cambio térmico, mientras que los valores cercanos a 0 significan que la especie se encuentra en un óptimo de confort térmico. En nuestro ejercicio de modelación, este índice funciona como medida de sensibilidad; mientras más lejos este una especie de su óptimo en una localidad en particular, más sensible será a un cambio de temperatura.

De forma complementaria, se realizó una regresión lineal para cada cuadrante de latitud ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$) de la península (costa oriental y occidental), analizando los promedios de la temperatura superficial del mar (TSM) durante el período 1982-2010, con la intención de observar alguna tendencia al calentamiento en el área de estudio. Sin embargo, cabe destacar que las pendientes obtenidas no dieron valores significativos, razón por la cual se decidió utilizar escenarios arbitrarios con aumento

de la TSM en $1^{\circ}C$ y $2^{\circ}C$. En este sentido, el ejercicio deberá considerarse únicamente en términos de la identificación de especies sensibles, y en ningún momento como una proyección o pronóstico de cambio. Para evaluar la vulnerabilidad por ecosistema se obtuvo el listado de especies para cada localidad y se analizó el modelo de ICT, de manera que se pudieron derivar cuantificaciones de la proporción de especies ganadas, perdidas y que permanecen (asumiendo que las especies buscan ubicarse dentro de sus límites de tolerancia actuales, y que estos están bien representados por su distribución latitudinal actual).

Finalmente, se analizaron los cambios en la estructura de la comunidad, en cada ecosistema y para cada escenario de calentamiento, a través del índice de diversidad β de Wilson y Shmida (1984):

$$\beta_T = [g(S) + l(S)] / 2\alpha_m$$

Donde $g(S)$ es el número de especies ganadas, $l(S)$ el número de especies perdidas y α_m la riqueza de especies de la comunidad.

Resultados principales

Listados taxonómicos y riqueza específica por ecosistema

Se encontraron un total de 787 especies de peces óseos y cartilagosos representadas por 109 familias reportadas para la península de Baja California. La riqueza de especies de peces fue mayor en los ecosistemas analizados dentro del Golfo de California y menor en la costa Peninsular del Pacífico (Tabla 1).

Modelación con el Índice de confort térmico (ICT)

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la modelación del nicho térmico, un aumento de la temperatura superficial del mar en los ecosistemas del Océano Pacífico (PE, Punta Eugenia y BM, Bahía Magdalena) podría ser beneficioso y propiciaría un aumento en la diversidad, permitiendo que la mayoría de los componentes de la comunidad de peces se acerquen a su óptimo térmico.

Por el contrario, en el Golfo de California, debido a que algunas especies tropicales y subtropicales ya habitan en el límite cálido de su preferencia térmica, un calentamiento resultaría en un alejamiento de su



óptimo térmico, indicando una mayor vulnerabilidad de las especies de peces en el Golfo. De acuerdo al modelo de nicho térmico, la mayor pérdida de

especies se obtuvo con un aumento de 2°C en la temperatura superficial del mar (Figura 2).

Tabla 1.
Sitios del estudio con sus latitudes, temperaturas promedio y riqueza de peces encontrada.

Región	Latitud/Longitud	T°C promedio	Riqueza de peces
Punta Eugenia (PE)	27.5N/115.5	18.7 (±0.088)	317
Bahía Magdalena (BM)	24.5N/115.5	21.5 (±0.120)	468
Cabo Pulmo (CP)	23.5N/109.5	24.9 (±0.161)	535
Bahía de la Paz (BP)	24.5N/110.5	24.5 (±0.219)	520

Vulnerabilidad por Ecosistema

Los ecosistemas con mayor número de especies vulnerables se localizaron dentro del Golfo de California; el ecosistema más afectado fue Cabo Pulmo, seguido de Bahía de la Paz, llegando a perder aprox. 100 especies de peces totales. Por otro lado, en los ecosistemas situados en la costa peninsular del Océano Pacífico las especies vulnerables no superaron las 35 especies, siendo aproximadamente tres veces menor el impacto del calentamiento sobre la riqueza de especies (Figura 3.1 y Figura 3.2)

Figura 3.1

Número de especies de peces perdidas en cada ecosistema y con cada escenario de calentamiento.

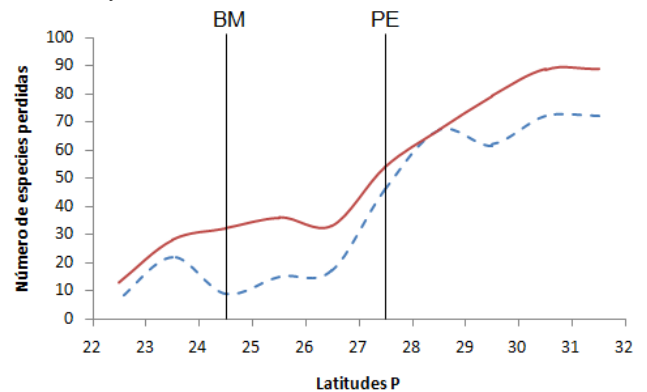


Figura 2

Valores promedio del índice de confort térmico (ICT) en cada ecosistema analizado a partir de los diferentes escenarios de calentamiento

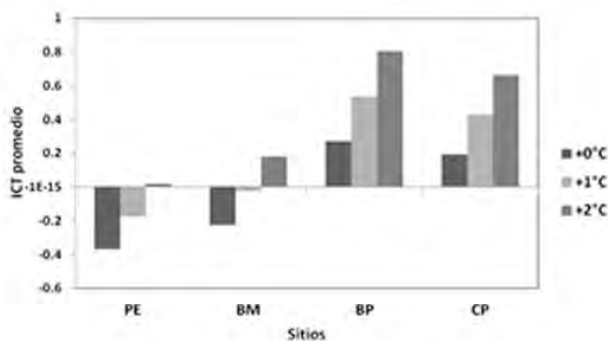


Figura 3.2

Número de especies de peces perdidas en cada ecosistema y con cada escenario de calentamiento.

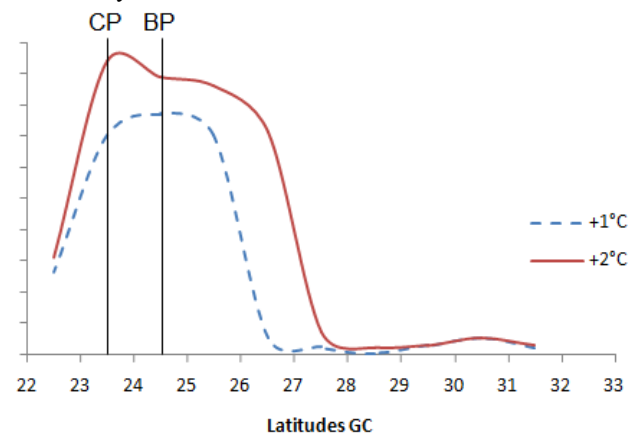




Figura 4
Número de especies vulnerables en cada ecosistema (escenarios de calentamiento: +1 y +2°C).

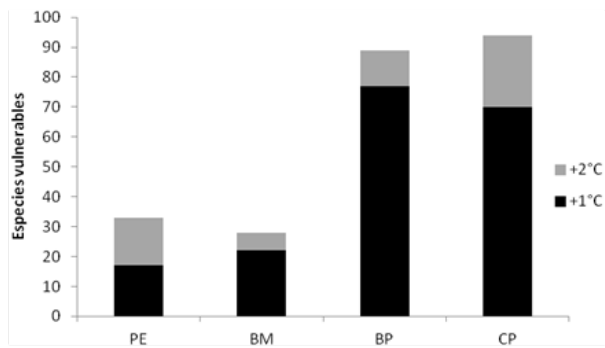
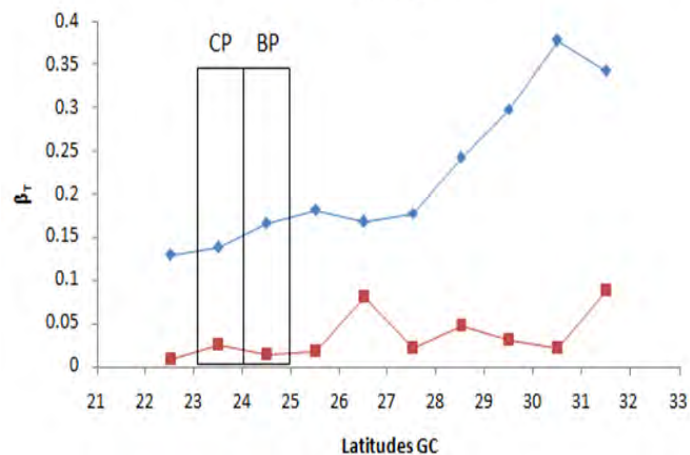
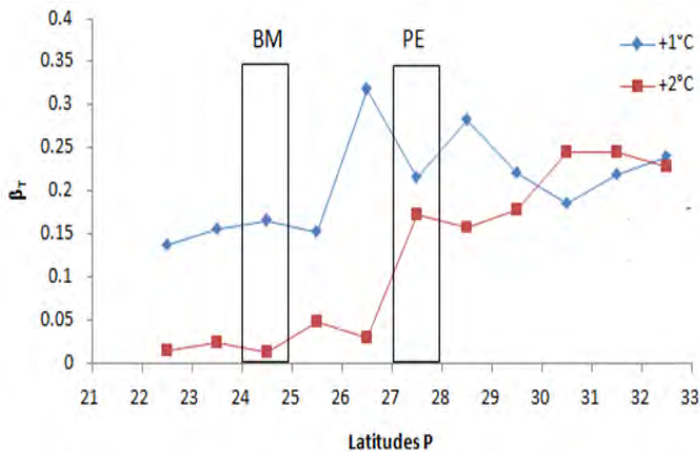


Figura 5
Índice de diversidad βT (Wilson y Shmida 1984): cambios en la comunidad de peces de cada ecosistema en relación a los escenarios de calentamiento (+1°C y +2°C).



De acuerdo al modelo del índice de confort térmico (ICT), las mayores pérdidas de especies ocurrieron con escenario de aumento de 1°C (186 spp. = 23% del total), y en menor medida con el aumento de 2°C (58 spp. = 7% del total) (Figura 4)

Cambios en la estructura de la comunidad

La sensibilidad al cambio comunitario se obtuvo por medio de la ganancia y pérdida total de especies por ecosistema, calculando el índice de diversidad βT de Wilson y Shmida (1984). Los resultados indicaron que la mayor diferencia en la composición de especies se obtuvo con el escenario +1°C y en menor proporción con el +2°C (Figura 5). Además, se observó que la región con mayor sensibilidad al cambio comunitario fue Punta Eugenia ($\beta T = 0.21$) sobre la costa del Océano Pacífico y la región con la menor sensibilidad fue Cabo Pulmo ($\beta T = 0.13$) dentro del Golfo de California (Figura 5).

Alcances y Perspectivas

Los productos obtenidos en esta investigación (bases de datos, análisis de vulnerabilidad, mapas de distribución) fueron entregados a la autoridad competente (Convocatoria SEMARNAT-CONACYT) junto con una serie de recomendaciones. Además, dichos productos fueron incluidos en el Plan Estatal de Acción Climática del Estado de Baja California Sur.

La metodología desarrollada a partir del modelo de nicho térmico podría ser de gran utilidad para identificar las especies y ecosistemas más vulnerables ante el calentamiento global. Sin embargo, sabemos que se trata de un ejercicio de modelación y como tal, requiere mucha precaución y cautela en la interpretación de los resultados, y se beneficiará enormemente de cualquier ejercicio de validación del modelo, ya sea a través de trabajos de campo y/o experimentos de laboratorio (bioensayos).



Fuentes de consulta

1. De la Cruz- Agüero J. y V. M. Cota- Gómez. 1998. Ichthyofauna of San Ignacio lagoon, Baja California Sur, Mexico: New Records and range extensions. *Ciencias Marinas*. 24: 353-358.
2. Harley, C., D. G., Hughes., A. R., Hultgren, K. M. Hultgren, B. G. Miner, C. J. B. Sorte, C. S. Thornber, L. F. Rodríguez, L. Tomanek y S. L. Williams. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters*. 9: 228–241.
3. Hughes, T.P., A.H. Baird, D.R. Bellwood, M. Card, S.R. Connolly, C. Folke, et al. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*. 301: 929-933.
4. IPCC. 2001. *Climate Change 2001, Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
5. IPCC. 2007. *Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>
6. Snyder, M. A., L. C. Sloan, N. S. Diffenbaugh y J. L. Bell. 2003. Future climate change and upwelling in the California Current. *Geophys. Res. Lett.* 30: 1823.
7. Wilson, M.V. y A. Shmida. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecology*. 72: 1055 – 1064.



Perspectivas del impacto del cambio climático en el patrimonio cultural edificado de Campeche

De la Rosa-García, SC., Gómez-Cornelio S., Ortega-Morales BO. y Reyes-Estebanez M

Departamento de Microbiología Ambiental y Biotecnología, Universidad Autónoma de Campeche,

Resumen

La mayoría de los esfuerzos de las investigaciones encaminadas a comprender los efectos del cambio climático se han enfocado en comunidades de plantas y animales, es decir el patrimonio natural, y es mínimo el conocimiento de sus posibles efectos sobre el patrimonio cultural. Campeche, es un estado rico en patrimonio cultural, ya que cuenta con numerosos monumentos arqueológicos Mayas y el centro histórico de la ciudad de Campeche. Los diferentes tipos de clima tropicales del estado, representan un laboratorio natural para evaluar los posibles impactos del cambio climático sobre las propiedades de las rocas utilizadas en la construcción de los monumentos culturales, así como los efectos sobre las comunidades microbianas (biopelículas) que colonizan dichos sustratos. Los actuales modelos climáticos muestran que el sitio arqueológico costero de Jaina y la ciudad de Campeche, entre otros están en peligro por el incremento en el nivel del mar, y del aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes. Por el contrario las ruinas Mayas situadas dentro del estado (Chicanná, Becán, Calakmul y Kohunlich) se espera que sufran periodos de sequía más largos que los actuales, que conducirán a la desecación de la superficie y el subsecuente deterioro térmico y mineral. Por otro lado se desconoce en que medida las biopelículas microbianas pueden reaccionar hacia este cambio, ya sea exacerbando, o tal vez protegiendo la superficie pétreo. Por lo que es necesaria una investigación interdisciplinaria cuyo objetivo sea proporcionar una mejor comprensión de los impactos potenciales del cambio climático sobre el patrimonio histórico y cultural campechano.

Introducción

Los monumentos históricos son las manifestaciones más evidentes del legado cultural de un pueblo, y constituye una fuente de inspiración y motivación que nada puede sustituir. En México, las zonas

arqueológicas Mayas se encuentran entre los ejemplos culturales más importantes del hemisferio occidental, forman parte del patrimonio histórico internacional. Los sitios arqueológicos más representativos de la civilización Maya son Chichén-Itzá y Uxmal en Yucatán, Calakmul y Edzná en Campeche, Bonampak y Palenque en Chiapas (Cortina-Campero y Miranda-Márquez, 2007). Campeche, es un estado rico en patrimonio cultural tanto de la época prehispánica como son los monumentos de los sitios arqueológicos y los edificios de la época colonial, los cuales forman parte del centro histórico de la Ciudad de Campeche.

La roca calcárea, que es el material utilizado para la construcción de estos edificios y monumentos es susceptible al deterioro, debido a los factores abióticos y bióticos que actúan de forma sinérgica en dicho proceso (Warscheid y Braams, 2000). Nuestro grupo de investigación se ha enfocado en el campo de la microbiología ambiental aplicada, tratando de conocer la implicación de las comunidades microbianas en los procesos de biodeterioro registrados sobre los monumentos Mayas (Ortega-Morales *et al.*, 2000; 2004; Gaylarde *et al.*, 2007). Sin embargo, parte de la evidencia encontrada muestra que estas comunidades podrían constituir excelentes modelos para estudiar el impacto del cambio climático, ya que exhiben múltiples adaptaciones, y la composición de las comunidades refleja las condiciones ambientales prevalecientes.

Por otra parte, existe la posibilidad de un incremento en la ocurrencia y severidad del biodeterioro microbiano, producto de una alteración futura en los regímenes de precipitación y temperatura, así como de la presencia de contaminantes atmosféricos (Leggett, 1990; Johnson 2003). Hasta donde tenemos conocimiento, no existe ninguna iniciativa



de investigación que contemple a los microorganismos aeroterrestres como indicadores de cambio climático y tampoco que pretenda establecer los impactos críticos que podrían ocurrir en el patrimonio cultural prehispánico y colonial debido al cambio climático.

El patrimonio cultural

El patrimonio cultural esta formado por el legado de objetos tangibles de un grupo o sociedad, los cuales son heredados de generación en generación, es primordial conservarlos en el presente, para que futuras generaciones puedan conocer de este legado y a su vez beneficiarse de él (Krebs y Schmidt-Hebbel, 1999). El estado de Campeche es poseedor de un patrimonio cultural edificado, el cual narra una historia en cada uno de sus innumerables monumentos de la época prehispánica y colonial, como los sitios arqueológicos mayas y el centro histórico de la ciudad de Campeche respectivamente.

En 1999, el centro histórico de la ciudad de Campeche y en 2002, la antigua ciudad Maya de Calakmul, obtienen el reconocimiento por la UNESCO como patrimonio cultural de la humanidad. La primera es una ciudad portuaria caribeña de tiempos de la colonización española, que obtiene el reconocimiento gracias a que ha conservado las murallas y el sistema de fortificaciones que fueron construidos para proteger la ciudad contra ataques

navales. Por otro lado, la antigua ciudad Maya de Calakmul, ubicada en la selva tropical, tiene gran importancia por su papel de primer plano en la historia de la región durante más de doce siglos. Calakmul tiene estructuras imponentes y un trazado global característico, presenta un buen estado de conservación lo que ofrece a la generación actual una vívida imagen de lo que era la vida en la antigua capital Maya (Piña-Chan, 2003).

El principal material utilizado por su disponibilidad, facilidad de manejo y durabilidad, en la construcción de los edificios históricos tanto prehispánicos como coloniales, es la roca calcárea. Sin embargo, este material es suave y poroso lo que permite que sea extremadamente susceptible al deterioro. Hemos constatado que muchos de estos monumentos Mayas tienen un estado de conservación precario, con rasgos de deterioro abiótico que van desde fenómenos a nivel de superficie como la descamación de las capas superficiales, pulverización, alveolización y formación de ampollas, hasta la completa pérdida de bloques de construcción, compromiso de estabilidad estructural y el colapso catastrófico de estructuras enteras. Las rocas calcáreas que fueron utilizadas en la construcción de edificios considerados hoy culturales se diferencia por la porosidad y color, que pueden ser calizas rojas o blancas, siendo la blanca más porosa que la roja (Fig. 1) (Maldonado *et al.*, 1998).

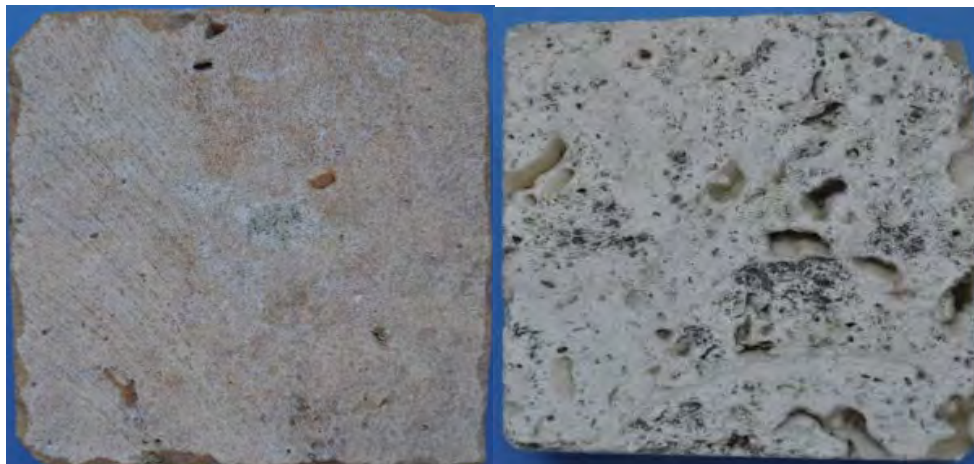


Fig. 1 Litotipos de roca calcárea utilizados en la construcción de monumentos históricos y culturales. Izq. Roca calcárea roja y de porosidad menor, Der. Roca calcárea blanca y con mayor porosidad.



El cambio climático sobre el patrimonio cultural

Las condiciones ambientales, particularmente la precipitación pluvial, la temperatura, la radiación solar y la humedad, además de la colonización de microorganismos, constituyen un factor importante para determinar los procesos de biodeterioro del patrimonio cultural edificado en Campeche. Campeche es una región que posee un clima tropical de acuerdo a la clasificación de Köppen, sin embargo este clima puede ser dividido en tres subtipos predominantes calido húmedo con abundante lluvia en verano, cálido subhúmedo con lluvias en verano y semiseco cálido. Actualmente la temperatura media anual en el estado es de 27 °C, es ligeramente más alta hacia la costa que al sur, registrándose las temperaturas más bajas en diciembre-enero y las más altas en los meses de mayo-agosto. La precipitación pluvial presenta una amplia variabilidad, con valores medios anuales de 1300-1500 mm, hacia el sur del estado ocurren precipitaciones más elevadas, siendo las épocas de mayor precipitación de junio a octubre. La humedad relativa promedio es superior al 70 % en todo el estado (Orellana *et al.*, 2009).

Los monumentos históricos prehispánicos y coloniales del estado, se encuentran expuestos a este ambiente agresivo, que junto a la acción de otros agentes deteriorantes, como la contaminación atmosférica, aceleran el deterioro de la piedra como resultado de la acción sinérgica de factores mecánicos, químicos y biológicos (Ortega-Morales y Hernández Duque, 1996). Aun con las condiciones ambientales actuales, se presenta una lucha constante para conservar y preservar el patrimonio cultural edificado, aunado al inminente cambio global acelerado por actividades antropogénicas, es de vital importancia realizar investigaciones interdisciplinarias cuyo objetivo sea proporcionar una mejor comprensión de los impactos potenciales del cambio climático sobre el patrimonio histórico y cultural campechano, que nos ayuden a contar con elementos para proponer soluciones que ayuden a mitigar dichos impactos.

El cambio climático, definido como la variación global del clima de la tierra a través del tiempo, ha ocasionado un conjunto de perturbaciones en los factores climatológicos (WWF, 2010). De acuerdo al incremento de los gases de efecto invernadero, se han realizado algunas predicciones con modelos climáticos, principalmente sobre la temperatura superficial de la tierra. Por lo que el aumento de la temperatura probablemente altere los patrones

globales de circulación atmosférica y el ciclo del agua, cambiando los regímenes de precipitación regional (Kerr, 2004; MPI-M, 2006; IPCC, 2007), lo que puede traer consecuencias directas en el deterioro y biodeterioro del patrimonio cultural edificado.

En los años 1400 a 1800 d.C., se manifestó uno de los fenómenos más recientes de cambio global, mientras que en Europa ocasionó el avance de los glaciares, en Mesoamérica, ese cambio se registró mediante una considerable reducción de la precipitación y por ende un clima muy seco, periodo en el que se cree ocurrió el colapso de la cultura Maya (Folan *et al.*, 1983). Actualmente las predicciones para muchas regiones geográficas son ambiguas y a escala local, los modelos son incapaces de hacer predicciones sobre la magnitud y dirección del cambio en la temperatura, la precipitación y el nivel del mar. Sin embargo, la certidumbre de que ocurrirán alteraciones en los regímenes de precipitación para muchas regiones es elevada (Weltzin *et al.*, 2003). Por otro lado, en los últimos años, se ha comprobado que la influencia humana ha provocado el aceleramiento del cambio climático global, mediante la presencia de eventos que han aumentado en frecuencia e intensidad como los huracanes.

Adicionalmente es motivo de preocupación que estando el patrimonio cultural edificado catalogado como un recurso no renovable, no exista en el informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) un reporte que se consagre a evaluar el probable impacto del cambio climático en el patrimonio cultural, a diferencia de otras temáticas como es el impacto del cambio climático en la composición atmosférica y en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos (IPCC, 2007). A pesar de que los microorganismos son los principales colonizadores de las rocas y participantes activos en la modificación de los ciclos biogeoquímicos, muchas investigaciones se han enfocado en la influencia del cambio climático sobre comunidades de plantas y animales, y es relativamente poco el conocimiento acerca del impacto potencial de los microorganismos que habitan sobre los sustratos rocosos.

Efectos del cambio climático sobre los microorganismos colonizadores del patrimonio cultural

Los microorganismos, constituyen el grupo biológico más abundante y diverso de la biósfera, componen



una de las reservas más grande de carbono orgánico en el planeta y son los responsables de controlar el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos (Fenchel *et al.*, 2000; Gadd, 2004). Estos fueron los primeros seres vivos en el planeta hace 3,400 millones de años aproximadamente, y su actividad metabólica provocó los cambios biogeoquímicos que derivaron en la oxigenación de la atmósfera primitiva (King *et al.*, 2001). Además contribuyen en la formación y fertilidad de suelos, la evolución del paisaje, la distribución de los recursos minerales, la estabilidad de la roca y del patrimonio cultural pétreo, entre otros (Gadd, 2004; 2007).

La roca calcárea, utilizada en la construcción de monumentos históricos y culturales, esta compuesta por uno o varios minerales en proporciones variables, que puede incluir restos orgánicos. Está principalmente constituida por pequeños cristales de calcita, las cuales pueden ser muy susceptible de

ser colonizadas por microorganismos. El deterioro de las rocas calcáreas ocurre por agentes bióticos y abióticos en función de sus características intrínsecas, como la porosidad, rugosidad, pH de la superficie, capacidad de absorción, retención del agua y composición mineralógica. Las principales causas de degradación en los monumentos culturales son la debilidad mecánica inherente de la piedra, los cambios cíclicos de temperatura y humedad, la disolución (Fig. 2a) y la actividad microbiana, esta última considerada uno de los factores importantes en la destrucción de los materiales pétreos (Fig. 2b) (Ortega-Morales *et al.*, 2004). Sin embargo, también se ha comprobado que bajo ciertas condiciones los microorganismos pueden proteger los sustratos pétreos (Viles y Goudie, 2004), lo que muestra la alta complejidad de las interacciones microorganismos-superficies minerales.



Figura 2a. Muro norte de la estructura I del sitio arqueológico de Chicanná, donde se evidencia la presencia de signos de deterioro por disolución (esquina del muro) y escaso desarrollo microbiano. Fig. 2b. Colonización masiva de biopelículas fototróficas dominados por alga *Trentepohlia* spp., cuya coloración rojiza se debe a la acumulación de carotenoides fotoprotectores.

La interacción de los microorganismos que colonizan la superficie de las rocas con la atmosfera es de gran relevancia, ya que estos microorganismos se han adaptado para sobrevivir a ese ambiente inhóspito de factores ambientales extremos, como las altas temperaturas, el déficit hídrico, la exposición directa y continua a la radiación UV, además de la limitada disponibilidad de nutrientes sobre los sustratos rocosos

(Gorbushina y Kumbrein, 2000; Carter y Viles, 2003; Rindi, 2007).

Las comunidades microbianas sobre rocas son complejas, pueden estar constituidas por una gran diversidad de microorganismos. Su colonización y composición depende de factores, como las condiciones ambientales, la naturaleza del sustrato, y otros (Gorbushina y Broughton, 2009). Entre los organismos que habitan estas superficies se



incluyen a las bacterias heterótrofas y quimiolitotróficas, los hongos, las cianobacterias, las algas, los líquenes y los protozoarios (Gorbushina, 2007; Aptroot y Herk, 2007). Estos microorganismos presentes sobre las superficies rocosas se encuentran inmersos en entidades microbianas denominadas biopelículas, las cuales se caracterizan por ser una matriz heterogénea de microorganismos, mantenidos fuertemente unidos por el desarrollo de sustancias poliméricas extracelulares, producto de su excreción. Estas excreciones son de gran importancia para las etapas de máximo estrés ambiental como el déficit hídrico y las altas radiaciones de UV, ya que funciona como protección tanto a los microorganismos ahí presentes, como a la superficie de los edificios y monumentos históricos y culturales (Ortega-Morales *et al.*, 2000; Gorbushina, 2007; Gadd, 2007).

En las zonas tropicales, las poblaciones fototróficas son las que dominan los sustratos rocosos (Ortega-Morales, 2005; Miller *et al.*, 2008). Las cuales gracias a su metabolismo liberan sustancias orgánicas tales como polisacáridos y ácidos orgánicos, que pueden ser utilizados como una fuente de carbono por las comunidades heterotróficas asociadas, como los hongos filamentosos, las levaduras y las bacterias (Gadd, 2004; 2007). Siendo los hongos los principales participantes en las modificaciones biogeoquímicas de varios sustratos rocosos, incluidos los calcáreos.

Como consecuencia del cambio climático, la variación de la temperatura, la alta radiación UV y la fluctuación en la disponibilidad del agua, impactan directamente sobre el micro-ecosistema de los monumentos históricos y culturales, de los cuales solo aquellos microorganismos con amplios rangos de tolerancia y fluctuaciones a los factores ambientales de estrés múltiples, podrán establecerse y mantenerse bajo estas condiciones (Belnap y Lange, 2005). Las comunidades de microorganismos que habitan sobre estos sustratos son las que tienen la capacidad de adaptarse a los cambios microclimáticos, esencialmente los asociados con la exposición a la radiación solar y a las fluctuaciones en la disponibilidad del agua (Ortega-Morales *et al.*, 2004).

En los próximos años, para las zonas tropicales se espera un incremento en la temperatura, mayor incidencia de radiación solar y una alteración en la

intensidad y frecuencia de la precipitación (Johnson, 2003). Por lo que las comunidades microbianas que colonizan los edificios construidos con roca calcárea pueden constituir un probable indicador y modelo biológico potencial, de los efectos que el cambio climático pueda tener sobre las propiedades de los mismos, gracias a las condiciones adversas de crecimiento y a las variaciones constantes de estrés ambiental a las cuales, dichas comunidades se encuentran estratégicamente adaptadas (King *et al.*, 2001; Ducklow, 2008).

La reducida riqueza taxonómica, la biomasa y la actividad biogeoquímica de las comunidades microbianas aeroterrestres sobre la roca calcárea, reflejan las condiciones ambientales actuales. Esto nos puede ofrecer un modelo predictivo de cómo se comportarían dichas comunidades en otros ambientes, si se siguen presentando las variaciones y fluctuaciones climáticas. Además de que con estas comunidades se pueden abordar estudios ecológicos, fisiológicos, bioquímicos e incluso moleculares para entender el impacto de los cambios ambientales y las consecuentes alteraciones sobre el patrimonio cultural (Belnap *et al.*, 2008).

En la península de Yucatán, particularmente en el estado de Campeche, las comunidades de microorganismos que habitan sobre los edificios históricos-culturales, juegan un papel importante en la conservación y preservación del legado de la cultura Maya. Ya que el material constituyente de estos edificios son litotipos calcáreos, los cuales pueden ser altamente porosos y mecánicamente débiles, por lo que pueden atravesar por fuertes procesos de deterioro y degradación, principalmente por parte de los hongos, debido a la penetración de las hifas en la roca calcárea mediante la excreción de ácidos orgánicos (Ortega-Morales *et al.*, 2000).

Históricamente la mayor parte de los estudios acerca de las comunidades epilíticas sobre sustratos calcáreos se han centrado en las biopelículas ya establecidas, las cuales mediante la excreción de las sustancias poliméricas extracelulares tienen un sistema de protección, además pueden retener el agua por largos periodos de tiempo, manteniendo así la viabilidad de las células (Gorbushina, 2007). Sobre estas biopelículas se han analizado a las comunidades fototróficas (Gaylarde *et al.*, 2007; Ortega-Morales, 2006; Miller *et al.*, 2008), los líquenes (Belnap *et al.*, 2008; Gaylarde *et al.*, 2006), y hongos (Burford *et*



al., 2006; Gómez-Cornelio *et al.*, 2012), principalmente aquellos hongos que producen metabolitos (melaninas) y productos extracelulares polimerizantes causantes de la pigmentación de las rocas (Ruibal *et al.*, 2005).

Los estudios de base durante los últimos años sugieren cambios en la extensión de la colonización, la composición del biopelículas y la naturaleza de los procesos de deterioro sobre el patrimonio cultural edificado. En trabajos recientes, hemos investigado la participación de las biopelículas de las superficies rocosas en el deterioro de monumentos Mayas y hemos podido constatar el impacto que tienen. En el sitio arqueológico (Edzná), hemos observado el deterioro no biológico y también biológico, este último asociado a la presencia del alga *Trentepohlia*, la cual ha demostrado que produce micropozos en la superficie de la piedra (Gaylarde *et al.*, 2006) (Fig. 3).



Figura 3. Biodeterioro microbiano en forma de micropozos que se desarrollan debajo de biopelículas dominadas por poblaciones cianobacterianas que penetran el substratos probablemente producto del exudado de ácidos orgánicos (Ortega-Morales *et al.*, 2000).

Adicionalmente a este efecto de superficie, hemos encontrado que comunidades mixtas de fotótrofos (principalmente cianobacterias) y heterótrofos penetran activamente en substratos expuestos al interior de los monumentos, provocando la redeposición de calcio sobre la superficie. Esto sugiere un efecto de movilización del material hacia el exterior, con el consecuente debilitamiento de la estructura interna del material (Ortega-Morales,

2005). Además del fenómeno de biodeterioro, hemos podido constatar que en algunos edificios las biopelículas microbianas parecen jugar un papel protector, a juzgar por el grado de conservación que exhiben las superficies colonizadas que contrastan con el deterioro observado en superficies adyacentes desprovistas de biopelículas.

En cuanto a los hongos, demostramos en la ciudad de Campeche, que rocas calcáreas de dos diferentes porosidades y expuestas a un periodo corto, pueden ser colonizadas por una comunidad de hongos filamentosos diversa y abundantes, encontrando diferencias en la composición de la comunidad fúngica entre ambos litotipos y grupos de hongos en función de las condiciones climáticas ambientales (Gómez-Cornelio *et al.*, 2012). Este estudio contribuyó a entender la diversidad y dinámica de colonización de las comunidades de hongos sobre las superficies de la roca calcárea en ambientes tropicales.

A pesar de todos los estudios realizados sobre el patrimonio cultural o sobre el material con el cual son construidos (roca calcárea), es necesario establecer una prueba de concepto “proof of concept” de que las alteraciones climáticas previstas pueden ocasionar modificaciones tanto en las comunidades microbianas asociadas (aeroterrestres) que colonizan el patrimonio cultural Maya y los edificios históricos coloniales del estado de Campeche, así como en la estabilidad y eventual conservación de los propios monumentos históricos. Esto permitirá obtener una evaluación preliminar del potencial impacto del cambio climático global en el patrimonio cultural, además de demostrar que estas peculiares comunidades microbianas pueden constituir bioindicadores de cambio climático, bajo escenarios que sugieren un mayor impacto de la actividad antropogénica en el futuro régimen climático (Denman *et al.*, 2007).

Conclusiones

La gran importancia de los microorganismos en la regulación climática les ha valido recientemente la denominación de “ingenieros climáticos” (Reay, 2008). Estas premisas sustentan la necesidad de tomar en consideración la participación de los microorganismos en fenómenos como el cambio climático. La degradación del patrimonio cultural pétreo es un proceso extremadamente complejo, ya que diferentes factores pueden intervenir actuando de forma sinérgica. Dado que hay una alta complejidad para estudiar dichos edificios en las



condiciones ambientales y climáticas actuales, el grado de dificultad es mayor bajo los efectos de cambio climático, por lo que es necesario realizar investigaciones inter y multidisciplinarias, que involucren disciplinas como la microbiología, la química, la geoquímica, la ciencia de los materiales, la arqueología y la sociología. La biodegradación microbiana ha demostrado ser uno de los factores causales más importantes en el deterioro de los monumentos históricos. Y si sumamos las condiciones macro y microambientales del estado de Campeche y las características inherentes de la piedra calcárea, en conjunto pueden facilitar la colonización y la actividad microbiana en edificaciones culturales, conduciendo a un deterioro irreversible.

Por lo que la evaluación de diferentes sistemas de protección y preservación del patrimonio cultural deberá incluir estudios extensivos que permitan determinar los principales microorganismos participantes en el fenómeno de deterioro bajo condiciones de cambio climático.

Literatura Citada

1. Aptroot A, van Herck CM. 2007. Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with *Trentepohlia* phycobionts. *Environmental Pollution* 146: 293-298.
2. Belnap J, Lange O. 2005. Biological soil crusts and global changes: What does the future hold? Pp. 697-712 En: Dighton J, JF White, P Oudemans (Eds.). *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem*, 3a edición. CRC Press Taylor and Francis, EUA.
3. Belnap J, Phillips SL, Flint S, Moeny J, Caldwell M. 2008. Global change and biological soil crusts: Effects of ultraviolet augmentation under altered precipitation regimes and nitrogen additions. *Global Change Biology* 14: 670-686.
4. Burford EP, Hillier S, Gadd GM. 2006. Biomineralization of fungal hyphae with calcite (CaCO₃) and calcium oxalate mono- and dihydrate in carboniferous limestone microcosms. *Geomicrobiology Journal* 23: 599-611.
5. Carter NEA, Viles HA. 2003. Experimental investigations into the interactions between moisture, rock surface temperatures and an epilithic lichen cover in the bioprotection of limestone. *Building and Environment* 38: 1225
6. Cortina-Campero C y Miranda-Márquez A. 2007. Esplendor de la civilización Maya. Panorama. México. Pp. 179.
7. Denman KL, Brasseur G, et al. 2007. Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. En: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.), *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Pp. 499-587.
8. Ducklow H. 2008. Microbial services: challenges for microbial ecologists in a changing world. *Aquatic Microbial Ecology* 53: 13-19.
9. Fenchel T, King GM, Blackburn TH. 2000. Bacterial biogeochemistry. The ecophysiology of mineral cycling. 2a edición. Academic Press. Londres. Pp. 307.
10. Folan WJ, Gunn J, Eaton J, Patch R. 1983. Paleoclimatological Patterning in Southern Mesoamerica. *Journal of Field Archaeology* 10: 453-468.
11. Gadd GM. 2004. Mycotransformation of organic and inorganic substrates. *Mycologist* 18: 60-70.
12. Gadd GM. 2007. Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation. *Mycological Research* 111: 3-49.
13. Gaylarde P, Englert G, Ortega-Morales O, Gaylarde C. 2006. Lichen-like colonies of pure *Trentepohlia* on limestone monuments. *International Biodeterioration and Biodegradation* 58: 119-123.
14. Gaylarde CC, Ortega-Morales BO, Bartolo-Pérez P. 2007. Biogenic Black Crusts on Buildings in Unpolluted Environments. *Current Microbiology* 54: 162-166.
15. Gómez-Cornelio SA, Mendoza-Vega J, Gaylarde CC, Reyes-Estebanez M, Morón-Ríos A, De la Rosa-García SC, Ortega-Morales BO. 2012. Succession of fungi colonizing porous and compact limestone exposed to subtropical environment. *Fungal Biology*. In Press.



16. Gorbushina AA. 2007. Life on the Rocks. *Environmental Microbiology* 9: 1613-1631.
17. Gorbushina AA, Broughton WJ. 2009. Microbiology of the Atmosphere-Rock Interface: How Biological Interactions and Physical Stresses Modulate a Sophisticated Microbial Ecosystem. *Annual Reviews of Microbiology* 63: 431-450.
18. Gorbushina AA, Krumbein WE. 2000. Rock dwelling fungal communities: diversity of life styles and colony structure. En: Seckbach J (Ed.). *Journey to diverse microbial worlds*. Kluwer Academic Publishers. Amsterdam. Pp. 317-334.
19. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Pachauri RK, A. Reisinger (Directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, Pp. 104.
20. Johnson D. 2003. Response of terrestrial microorganisms to ultraviolet-B radiation in ecosystems. *Research in Microbiology* 154: 315-320.
21. Kerr RA. 2004. Three Degrees of Consensus. *Science* 305: 932-934.
22. King MG, Kirchman D, Salyers AA, Schlesinger W, Tiedje MJ. 2001. Global environmental change. Microbial contributions, Microbial solutions. American Society of Microbiology. Pp. 12.
23. Krebs M, Schmidt-Hebbel K. 1999. Patrimonio cultural: aspectos económicos y políticas de protección. *Perspectivas en Política, Economía y Gestión* 2: 207-245.
24. Leggett J. 1990. El calentamiento del planeta: informe de Greenpeace. Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 523.
25. Maldonado L, Díaz L, Cabrera-Sansores A, Pacheco-Ávila J, Halsey D. 1998. Natural and accelerated dissolution of limestone used in monuments under tropical atmospheres, CORROSION/98, Paper no. 350, NACE International, Texas.
26. Miller AZ, Laiz L, González JM, Dionisio A, Macedo MF, Saiz-Jiménez C. 2008. Reproducing Stone monument photosynthetic-based colonization under laboratory conditions. *Science of the Total Environment* 405: 278-285.
27. MPI-M (Instituto Max-Planck de Meteorología). 2006. First model simulations for the IPCC-Report completed. <http://www.mpimet.mpg.de/en/aktuelles/presse/pressemitteilungen/modellrechnungen-fuer-ipcc.html>.
28. Orellana R, Espadas C, Conde C, Gay C. 2009. Atlas escenarios de cambio climático en la península de Yucatán. CICY. México. Pp. 111.
29. Ortega-Morales BO. 2005. Biomass and taxonomic richness of epilithic cyanobacteria in a tropical intertidal rocky habitat. *Botánica Marina* 48:116-121.
30. Ortega-Morales BO. 2006. Cyanobacterial diversity and ecology on historic monuments in Latin America. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 48: 188-195.
31. Ortega-Morales O, Guezennec J, Hernández-Duque G, Gaylarde C, Gaylarde P. 2000. Phototrophic Biofilms on Ancient Mayan Building in Yucatan, Mexico. *Current Microbiology* 40:81-85.
32. Ortega-Morales BO, Hernández-Duque G. 1996. Biodeterioro de monumentos históricos Mayas. *Ciencia y Desarrollo* 24: 48-53.
33. Ortega-Morales BO, Narváez-Zapata JA, Schmalenberger A, Sosa-López A, Tebbe CC. 2004. Biofilms fouling ancient limestone Mayan monuments in Uxmal, México: a cultivation-independent analysis. *Biofilms* 1: 79-90.
34. Piña-Chan R. 2003. Enciclopedia histórica de Campeche: Los orígenes. Miguel Angel Porrúa. México. Pp. 839.
35. Reay D. 2008. Microbes as climate engineers. *Microbiology Today* 52.
36. Rindi F. 2007. Diversity, distribution and ecology of Green Algae and Cyanobacteria in Urban Habitats. 619-638 pp. En: Seckbach J (Ed). *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Springer. Dordrecht, Países Bajos.
37. Ruibal C, Platas G, Bills GF. 2005. Isolation and characterization of melanized fungi from limestone formations in Mallorca. *Mycological Progress* 4: 23-38.
38. Viles HA, Goudie AS. 2004. Biofilms and case hardening on sandstones from Al-Quwayra, Jordan. *Earth Surfaces processes and Landforms* 29: 1473-1485.
39. Warscheid T, Braams J. 2000. Biodeterioration of stone: A review. *International Biodeterioration and Biodegradation* 46: 343-368.



40. Weltzin JF, Loik ME, Schwinning S, Williams DG, Fay PA, Haddad BM, Harte J, Huxman TE, Knapp AK, Lin G, Pockman WT, Shaw MR, Small EE, Smith MD, Smith SD, Tissue DT, Zak JC. 2003. Assessing the response of territorial ecosystems to potential changes in precipitation. *Bioscience* 53:941-952.
41. World Wildlife Fund WWF. 2010. http://bolivia.panda.org/nuestro_trabajo/cambio_climatico_hora_planeta/que_es_cambio_climatico/.

ANEXO

1. Deterioro biótico y abiótico de los monumentos arqueológicos Mayas, de acuerdo a los escenarios de cambio climático.
2. Impacto de los efectos del cambio climático sobre el centro histórico de la ciudad de Campeche y las Zonas arqueológicas costeras del estado.
3. Efectos del cambio climático sobre las biopelículas microbianas sobre roca calcárea.



Impacto económico y ambiental en el aprovechamiento de residuos líquidos en rastros

Elizabeth Jiménez-Trejo, y Alejandra Castro-González

Departamento de Sistemas Energéticos, Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, UNAM
alcastro@unam.mx

Resumen

Se realizó un estudio técnico, económico y financiero que fue aprobado por Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO- SAGARPA) para financiamiento del tratamiento anaerobio de aguas residuales de un rastro y su generación de energía eléctrica y térmica a partir de biogás. En este estudio se propone un tren de tratamiento para procesar 450 m³/día de agua residual de un rastro, que está actualmente en construcción en el municipio de Mexicaltzingo, Estado de México. En dicho rastro, se planea el sacrificio de 1,000 porcinos al día y se estima una carga de 4.37 kgDQO/m³ y un flujo de agua residual de 450,000 L/día. Se considera que 2.5 porcinos sacrificados generan la contaminación producida por una población de 70 a 200 habitantes. El efluente después del tren de tratamiento cumplirá con la NOM-001-SEMARNAT-1996 con una producción de biogás de 429 m³/día. Con el biogás se producirá 9,019 MJ/día para encender 1,163 focos de 100 W durante un día. Con la producción de biogás se operará un motogenerador con una capacidad de generación de 30KW y un consumo de 15 a 17 m³ de biogás/hora. Con este proyecto se dejan de emitir 1,323 Ton métricas de CO₂. El ahorro en el horizonte del proyecto (20 años) por concepto de autoabastecimiento de energía eléctrica es de \$195,143.42 promedio anual, mientras que por el ahorro en el consumo de gas LP es \$850,501.94 promedio anual. El proyecto tiene un costo de capital de 7.67%, la inversión se recupera en 4 años con 7 meses.

Introducción

Un impacto ambiental provocado por la industria cárnica es el vertido de aguas residuales con altas concentraciones de DBO₅, además este hecho también provoca un impacto en la salud pública. Si se toma en cuenta que el consumo de agua diario de los rastros que proveen carne a las localidades

con más de 50,000 habitantes en México es de 22'734,560 litros de agua y considerando el consumo de 163 litros por día por persona, se requerirían 139,476 individuos al día para generar este consumo (COFEPRIS, 2006). Evidentemente el volumen de consumo de agua tendrá estrecha relación con el volumen de las descargas.

Las aguas residuales producidas diariamente en rastros y mataderos de México, que no reciben tratamiento previo a su eliminación son el 62.8%. Estos establecimientos generan anualmente 5.8 miles de toneladas de DBO₅, es decir el 6.8% de lo producido por toda la industria alimenticia en México. Para entender la magnitud de esta contaminación, los rastros que proveen carne a las localidades con más de 50,000 habitantes y no realizan ningún tratamiento a sus líquidos residuales, generan diariamente una contaminación equivalente a una población como la de Xalapa en el estado de Veracruz (457,928 habitantes).

Entre los destinos finales de las aguas residuales no tratadas se encuentran el drenaje, canales, arroyos, vía pública o fosas. A nivel nacional la cantidad de agua residual que se vierte directamente al drenaje público es del 72.6% del total de las aguas residuales no tratadas. Uno de los estados que contribuye sustancialmente en esta forma de desecho es el Estado de México, lugar donde se localiza el caso de estudio, con 2'396,236.7 litros al día. Se debe considerar, de acuerdo a datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), que solamente el 16% de las aguas residuales que se eliminan a través del drenaje público reciben tratamiento en alguna de las 777 plantas instaladas en el país. En consecuencia que un rastro elimine sus aguas residuales por el drenaje, no es indicativo de que la contaminación ambiental no se produzca,



debido a que el 84% de las mismas, terminarán contaminando cuerpos de agua.

Las descargas provenientes de los rastros están conformadas por una variedad de compuestos fácilmente biodegradables, como proteínas y grasas, presentes tanto en forma soluble como no soluble. También se caracterizan por sus altas concentraciones de nitrógeno, fósforo y sales. Un aspecto de especial importancia es el microbiológico, el alto contenido de materia orgánica en los residuos líquidos de los rastros resulta propicio para el desarrollo de microorganismos patógenos presentes (*Salmonella spp.*, *Shigella spp.*), además de contener huevos de parásitos y quistes de amibas, entre otros elementos.

Otros componentes que se pueden encontrar son residuos de plaguicidas, presentes en el alimento de los animales, cloro, salmuera y otros. Todas estas características de las aguas residuales de los rastros convierten a las descargas en un contaminante potencial del suelo y el agua, en que proliferan los malos olores por la descomposición de la materia orgánica. Además de infringir con las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996.

El consumo de energía en un rastro es también un impacto ambiental. Las principales fuentes de consumo se centran en la generación de energía térmica para la producción de vapor y agua caliente, así como en las instalaciones para refrigeración. Del consumo total de energía el 80% corresponde a energía térmica, esto genera emisiones directas a la atmósfera por el uso de combustibles fósiles, de elevado costo económico y de alto impacto ambiental causado por los gases producto de la combustión. Además los desechos enviados a cuerpos acuíferos y cielo abierto producen por su descomposición gases que son emitidos a la atmósfera sin ningún control, entre ellos el metano.

La problemática generada por los rastros tiene posibilidades para disminuir su impacto ambiental a través del aprovechamiento de los residuos. En el caso del rastro en construcción en Mexicaltzingo, para la producción de carne se contempla el sacrificio de 1,000 porcinos al día. Lo cual significa que sí el consumo de agua por porcino es de 450

litros de agua (COFEPRIS, 2006), al final del día se desecharían 450, 000 litros de agua residual. Estos residuos son susceptibles de ser tratados para generar biogás y con éste producir energía eléctrica y térmica, para contribuir a la satisfacción de las necesidades energéticas del rastro.

Para lograr el aprovechamiento de los residuos líquidos, se propone implementar un tren de tratamiento compuesto por una etapa de tratamiento previo, un sistema anaerobio y otro aerobio, además de una etapa final de cloración con el fin de alcanzar los niveles establecidos en las normas ambientales NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996. El sistema anaerobio es de especial importancia, pues es en él donde se producirá el biogás y además será posible tener acceso a los financiamientos ofrecidos por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) para sistemas de digestión (biogás) y motogeneradores. Las contribuciones económicas esperadas por la implementación de este sistema son: 1) Ingreso por ahorro eléctrico, 2) Ingreso por ahorro de gas LP, 3) Costos evitados por multas.

Metodología

El proyecto se llevará a cabo en el municipio de Mexicaltzingo, Estado de México. Actualmente el rastro se encuentra en construcción en un área de 3,210 m², de los cuales 361 m² serán destinados para el diseño de la planta de tratamiento de desechos líquidos y sólidos. Al terminar la construcción y entrar en operación se planea el sacrificio diario de 1,000 porcinos, con un consumo de agua de 450 L/porcino. La DQO del agua residual utilizada para este estudio fue de 4.37 kgDQO/m³, valor promedio del muestreo que realizó Reyes (2009) al agua proveniente del rastro municipal de Cuernavaca, Morelos en donde se sacrifican porcinos.

Dadas las características de los desechos líquidos de los rastros, éstos deben ser sometidos a un pretratamiento. Éste tiene por objeto separar la mayor cantidad de materia que por su tamaño o naturaleza, generaría problemas en los tratamientos posteriores, en este caso un sistema anaerobio.

Los sistemas anaerobios son los más convenientes para el tratamiento de efluentes que presentan un



alto contenido de materia biodegradable (Malina y Pohland, 1992; Veall, 1993; Caldera y col., 2005; Mittal, 2006), como es el caso de los efluentes de rastros. Sin embargo, no remueven fosfato, amonio y sulfuros, por ello es necesario aplicar un tratamiento posterior adecuado, para remover este tipo de compuestos y remanentes de contaminantes orgánicos, incluyendo sólidos suspendidos (Malina y Pohland, 1992). Un proceso aerobio puede emplearse después del tratamiento anaerobio como una etapa de pulimento al efluente (Metcalf y Eddy, 2004).

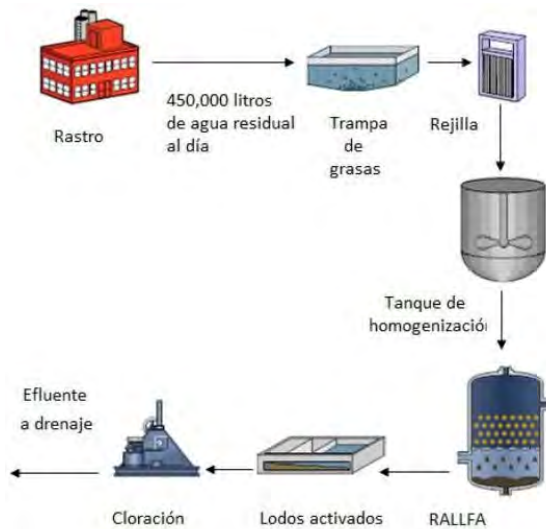
La investigación realizada por: Reyes (2009), para tratar efluentes de rastro muestra que un sistema acoplado anaerobio-aerobio compuesto por un reactor anaerobio de lecho de lodos de flujo ascendente (RALLFA) y lodos activados, logró una remoción del 93%. Aunado a las características del efluente, el espacio disponible para el tren de tratamiento y las normas a cumplir (NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996), el tren de tratamiento resultante es el que muestra la Figura 1

contaminación de los cuerpos de agua y disminuir la emisión de gas metano a la atmósfera. Los residuos líquidos producto del proceso de obtención de carne, al ser dispuestos de una manera inadecuada provocan la formación de lixiviados. Éstos arrastran contaminantes hacia los cuerpos de agua superficiales o se infiltran hacia los acuíferos. Lo anterior ocasiona el deterioro de las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano e irrigación de campos agrícolas, dañando además, los ecosistemas acuáticos.

Al evitar la disposición inconveniente de los residuos, se contribuye a la protección de los mantos freáticos, que en el caso de Mexicaltzingo se encuentran entre uno y 200 metros bajo la superficie. Además de cumplir con las normas mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-002-SEMARNAT-1996.

El volumen de agua residual generada en el rastro es de 450 m³ al día. Para visualizar la magnitud del daño evitado, se considera que 2.5 porcinos sacrificados generan la contaminación producida por una población de 70 a 200 habitantes (COFEPRIS, 2006). En el caso de 1,000 porcinos al día, la contaminación es equivalente a una población de 2,800 a 8,000 habitantes, casi la totalidad de la población de Mexicaltzingo.

Figura 1 Tren de tratamiento de aguas residuales propuesto para el rastro de Mexicaltzingo, Estado de México



Cuando el agua residual contiene una cantidad muy alta de materia orgánica, favorece el desarrollo de microorganismos patógenos normalmente presentes en dicha materia. Los residuos líquidos de rastro, también contienen huevos de parásitos y quistes de amibas, así como residuos plaguicidas (presentes en el alimento de los animales), cloro (limpieza de las instalaciones), salmuera, entre otros. Como resultado el agua proveniente de rastros es un contaminante potencial no sólo del agua sino también del suelo. Con el sistema de tratamiento se evitarán estos problemas.

Resultados

Los principales beneficios que se obtienen del tratamiento de aguas residuales, son evitar la

Los residuos provenientes del rastro también atraen moscas, cucarachas, ratas y otras especies de fauna nociva transmisora de enfermedades. Las moscas y mosquitos son capaces de incubar y multiplicar en su cuerpo microorganismos.



Tabla 1 Consumo eléctrico proyectado para el rastro de Mexicaltzingo (a partir de RUTA, 2007)

Enérgia 9a año [kWh]	Dis 9a año	Enérgia 9a día [kWh]	Horas 9a día [h]	[W]	Àrea del rastro
000,804	312	002,1	2.51	051	Madrinaria de la línea de matanza
004,255,1	302	002,3	24	140	Equipos frígoricos
008,505	312	020	13	20	Otros equipos (compresor, alumbrado, etc.)
52,4855	302	07,03	24		Tratamiento de residuos líquidos
0,484,050,1		8,572,2		012	Total

Tabla 2 Consumo térmico proyectado para el rastro de Mexicaltzingo

Número de porcinos al día	kgGLP/porcino	kgGLP/día	MJ/día	Días al año	kgGLP/año	MJ/año
1000	0.178	178	7,927.95	312	55,536	2,473,519.77

Tabla 3. Comparación de parámetros sobre la evaluación financiera sin y con bonos de carbono

	VP (\$)	VPN (\$)	RBC (\$/\$)	TIR (%)	PRI (años)
sin aumento en costos	6,180,487.65	4,324,417.68	3.33	28.5	4 años 7 meses
con aumento en costos	3,443,405.42	1,587,335.45	1.86	15.6	9 años 11 meses

Tabla 4. Beneficios aportados por la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales

Descripción	Sin el proyecto	Con el proyecto
Disminución de costos de producción	\$0	\$1,045,645.36 promedio al año
Emisiones de GEI	336.635 m ³ CH ₄	Residuos de combustión
Energía eléctrica generada (ahorro)	\$0	\$195,143.42 promedio al año
Energía térmica generada (ahorro)	\$0	\$850,501.94 promedio al año
Cantidad de agua residual generada sin tratar	384.66 [m ³ /día] sin tratar	0 [m ³ /día]
Carga contaminante en el agua residual	4.37 kgDQO/m ³	Cumplimiento con la NOM-001-SEMARNAT-1996
Pago de multas	\$226,913.40	\$0
Fauna transmisora de enfermedades	SI	NO



En consecuencia podrían ser la causa de enfermedades en el ser humano, convirtiéndose, así en vectores biológicos. Dado que todos los residuos estarán confinados, este problema no se presentará. La descomposición de materia orgánica presente en las aguas residuales, desprende malos olores y gases como el metano. Este gas de efecto invernadero es susceptible de ser aprovechado para generar energía eléctrica y térmica que provocará ahorros en los costos de producción del rastro. El equipo utilizado para el aprovechamiento de biogás cuenta con sistemas de seguridad para evitar percances asociados a la combustión del metano, como explosiones o incendios.

Como resultado del tratamiento de los residuos líquidos del rastro Mexicaltzingo se obtendrán 429.48 m³ de biogás al día. Los cuales podrán aprovecharse para generar energía eléctrica y para calentar el agua utilizada en el proceso de escaldado. Con la producción de biogás esperada se generarían 2792 kWh/día (10,051.2 MJ/día) con lo cual se podría mantener encendidos 1,163 focos de 100W durante 24 horas. Al año se obtendrán 3,668,219.42 MJ.

El consumo eléctrico al año, proyectado para el rastro será de 1,920,484.6 kWh (6,913,744.56 MJ), tomando como referencia el sacrificio de 1,000 porcinos diarios. En la Tabla 1 se indica la energía requerida para almacenar la carne producto del sacrificio y la energía que consumirá el tratamiento de residuos líquidos. El costo por la energía eléctrica necesaria, a lo largo del horizonte de planeación, con referencia en los precios pronosticados de la Tabla 1 es de \$ 35,651,630.06.

El consumo de energía térmica será de 2,473,519.77 MJ/año (Tabla 2), se considera que para procesar cada porcino se ocupan 178 gramos de gas LP, es decir al año la cantidad de gas LP requerida es de 55,536 kg. A lo largo del horizonte de planeación, este consumo representa un gasto de \$22,062,861.78. El uso de un motogenerador con intercambiador de calor nos permitirá aprovechar aproximadamente el 80% de la energía generada por el biogás y así aportar a la demanda energética del rastro.

Para el análisis financiero se consideraron los ahorros por sustituir el consumo de gas LP y

electricidad, por la producción de energía eléctrica y energía térmica a través de la combustión del biogás. Así como el ahorro por el pago de multas por la inadecuada disposición de los residuos líquidos. Se plantearon dos escenarios uno con un costo de operación y mantenimiento de 377,541.08 al año y otro con un valor de \$755,082.16, es decir el doble del primero.

En ambos casos el costo del proyecto se recupera antes de finalizar el horizonte de planeación del proyecto, el cual es de 20 años. Si se considera el aumento de los costos de operación y mantenimiento el periodo de recuperación de la inversión es de 9 años con 11 meses. Si no se consideran este aumento, el periodo de recuperación es de 4 años con 7 meses. Los flujos de efectivo resultaron positivos a lo largo del periodo de planeación, en ambas consideraciones. Esto es porque la relación beneficio costo es mayor a 1 y a que la tasa interna de retorno es mayor al costo de capital, también en ambos casos.

En general el VP, el VPN, RBC, TIR y PRI, están dentro de las condiciones necesarias para aceptar el proyecto, pero el periodo de recuperación de la inversión es poco más del doble de tiempo si se considera el aumento al doble de los costos de operación y mantenimiento. La Tabla 3 muestra una comparación sobre la evaluación financiera con y sin considerar el aumento de los costos mencionados.

Con la implementación del sistema se conseguirán ahorros por el monto de \$1,045,645.36 en promedio anuales, sólo considerando el ahorro en electricidad y gas LP. Aún con el aumento en los precios de operación y mantenimiento el proyecto resulta factible. Lo anterior contribuye a disminuir los costos de producción sin mermar la calidad del producto. Otro de los beneficios es el efecto multiplicador. Al incorporar este tipo de sistemas de tratamiento y aprovechamiento de biogás, se contribuirá a promover la energía renovable en México (Tabla 4)

Fuentes de consulta

1. Caldera, Y., Madueño, P., Griborio, A., Fernández, N., y Gutiérrez, E. 2005. Effect of the organic load in the performance the UASB reactor treating slaughterhouse



- effluent. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 28: 119-127.
2. COFEPRIS, 2006. Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales. Publicación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. México. D.F. México.
 3. Malina, J. y Pohland, F. 1992. Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal waste. Ed. Technomic Publishing Company, pp. 214. Pennsylvania, EEUA



Efectos del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos agrícolas.

Luis Felipe Ramírez Santoyo, Eduardo Salazar Solís y Sandra Flores Mejía

Departamento de Agronomía. División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato
Campus Irapuato –Salamanca.

Resumen

Ante la apremiante necesidad de producir alimentos para una población creciente, se tiene el reto de intentar satisfacer las demandas de alimento con la debida cantidad, calidad, oportunidad, e inocuidad, sin embargo, existen cada vez mayores limitaciones por parte de los recursos naturales disponibles para tal misión, pues estos son cada vez más escasos en cantidad y calidad.

La incidencia y conjunción de diversos factores implicados en la producción agropecuaria, confirman el efecto del cambio climático en la producción de alimentos, el cual puede ser evaluado de distintas maneras y con instrumentos o indicadores de diversa naturaleza, sin embargo el efecto de este fenómeno sobre la producción de alimentos, incide directamente en la cantidad y calidad así como en la disponibilidad de los productos destinados a satisfacer las necesidades básicas de alimento en igual oportunidad para cualquier habitante de este planeta.

Introducción

El imperativo modo de mercadear las cosas ha tenido como consecuencia la creación de una terrible huella ecológica, y ha generado enormes desigualdades de índole económica ecológica y social, para satisfacer las exigencias de los consumidores, así por ejemplo: es ridículo que mientras algunas economías de avanzada tienen por “estrategia” limitar o incluso destruir parte de su producción para no afectar los mercados, miles de personas, mueren de hambre por no disponer del alimento ni los medios para comprarlo o producirlo o simplemente almacenarlo.

El cambio climático es un hecho, y el efecto en el detrimento de la producción de alimentos, se aprecia desde la disminución de los rendimientos por el aumento de la temperatura, y la inactivación de algunas enzimas clave en los procesos fisiológicos de los vegetales destinados a consumo tanto animal, como humano y prueba de ello es el establecimiento de grandes superficies de soya en

Brasil a costa de sacrificar la selva amazónica, cuya función global mayor, es la regulación del cambio climático a nivel planetario.

La evidencia del aumento en la concentración del dióxido de carbono y otros gases invernadero como el metano, el monóxido de carbono y óxido nitroso, en la atmósfera es irrefutable (Pimentel, 1991; Rabbinge *et al.*, 1993). Tan sólo la concentración atmosférica de CO₂ se ha incrementado más de 30% desde la época pre-industrial, pasando de alrededor de 280 ppm a 365 ppm (Tubielo *et al.* 2000). Este incremento se debe principalmente a la destrucción de bosques, quema de combustibles fósiles, modificación del uso de la tierra y al incremento en la población mundial (Pimentel, 1991; Rabbinge *et al.*, 1993; Tubielo *et al.* 2000).

La mayoría de los especialistas proyectan que la temperatura del planeta incrementará entre 1.5 y 4.5 °C para el año 2050, lo cual provocará una disminución en la producción de alimento a nivel mundial, al haber un cambio no sólo en la temperatura sino también en los niveles de humedad, dióxido de carbono, así como en los ciclos de las plagas que afectan a los cultivos (Pimentel, 1991; Tubielo *et al.* 2000, Perry *et al.*, 2004).

Se considera que de seguir el patrón de emisiones actual de CO₂, el nivel atmosférico de este gas se duplicará para finales del siglo XXI. Los modelos indican que de presentarse este fenómeno, se causarán modificaciones climáticas al provocarse un incremento sustantivo en la temperatura del aire, se modificarán los patrones de las precipitaciones pluviales y el ciclo hidrológico mundial, así como también se incrementará la frecuencia de eventos climáticos severos como los periodos de sequía y de inundaciones (Tubielo *et al.* 2000).

Las evidencias de las consecuencias del cambio climático las encontramos en los medios de comunicación, todos los días. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (Linde, 2007)



las precipitaciones pluviales han causado este año las catástrofes mas graves: En enero, una potente tormenta afectó a la zona norte de Europa con lluvias torrenciales y vientos de 170 km por hora, las pérdidas fueron millonarias; en febrero, Mozambique sufrió las inundaciones mas graves de los últimos tiempos, el agua causó 30 víctimas fatales y 120,000 personas tuvieron que ser evacuadas; abril fue el mes mas seco registrado en Alemania y mayo el más lluvioso registrado en los últimos tiempos (120 litros/m²). En el Reino Unido, las precipitaciones entre mayo y julio han sido las mayores, en esos meses, desde 1766; el 24 de junio cayeron 103 litros/m² en 24 horas y el 20 de julio 120 litros en el mismo lapso, las pérdidas han superado los 4,300 millones de euros. En China hay 13.5 millones de afectados por las inundaciones; en la India, Bangladesh y Nepal las peores lluvias monzónicas de las últimas décadas han causado más de 2,000 muertos y han dejado más de 20 millones de personas afectadas, en un sólo estado de la India, Bihar, más de 1 millón de hectáreas están cubiertas por las aguas.

Respecto de las temperaturas, la Organización Meteorológica Mundial informa que enero ha sido el mes más cálido en la historia del mundo, con 1.89 grados centígrados por encima de la media desde que comenzaron las mediciones, en 1880; abril también presentó temperaturas 1.37 grados centígrados por encima de la media registrada; en agosto la ola de calor afecto al centro y noreste de Estados Unidos provocó temperaturas de 39° C a la sombra, en la ciudad de Washington, 8° C por encima de la temperatura máxima normal, para este período.

Efectos en la agricultura por el aumento en la concentración de CO₂

Por más de los 10,000 años en que los humanos han cultivado la tierra la concentración de CO₂ ha estado entre 260 y 280 micromoles/mol, desde 1990 la concentración de CO₂ ha subido a 370 micromoles/mol. Los efectos directos sobre los procesos fisiológicos en las plantas, debido al aumento en la concentración de CO₂, han sido demostrados y sus consecuencias sobre el crecimiento, desarrollo y producción vegetal han sido evaluadas con diferentes modelos (Rabbinge *et al.*, 1993). Se considera que el aumento en la concentración de CO₂ eleva la tasa fotosintética en las plantas y por lo mismo se incrementa el rendimiento (Tubielo *et al.* 2000).

El incremento directo en la fotosíntesis de las plantas C₃ (cultivos de clima templado: trigo, arroz, papa, soya, frijol, etc.) debido a la elevación de la concentración de CO₂, resulta de dos propiedades de la enzima Rubisco (ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa) la cual fija el CO₂ en esos cultivos. La enzima no se satura con la concentración actual de CO₂, por lo que un incremento en su concentración incrementará la velocidad de carboxilación (fijación de CO₂) y la fotosíntesis neta (Long *et al.*, 2005). Además el CO₂ es un inhibidor competitivo de la reacción de oxigenación, la cual conduce a la fotorrespiración, la fotorrespiración comúnmente libera 20 a 40% de los productos de la fotosíntesis como CO₂. Sin embargo las consecuencias del enriquecimiento de CO₂ y el aumento de la temperatura son positivas solamente bajo condiciones óptimas de crecimiento y considerando que la mayoría de los cultivos raramente se encuentran bajo condiciones óptimas de crecimiento, los beneficios por el enriquecimiento de CO₂ y aumento en la temperatura son mínimos (Rabbinge *et al.*, 1993).

Efectos en la agricultura por el aumento de la temperatura

Peng *et al* (2004), determinaron que entre 1979 y 2003, la temperatura mínima y máxima ha incrementado en 0.35 y 1.13°C respectivamente. Siendo que el rendimiento y calidad del fruto está directamente afectada por las condiciones meteorológicas, estos incrementos en la temperatura pueden causar disminuciones en el rendimiento de varios cultivos (Pimentel, 1991). Las temperaturas elevadas pueden detener la fotosíntesis, evitar la fertilización de los óvulos de las plantas y provocar deshidratación de granos de polen, en las plantas C₃ (como se ilustra en las Figuras 1 y 2 para el caso específico del pimiento).

La tasa de fotosíntesis está a su máximo a temperaturas entre 20 y 32°C, a temperaturas superiores la tasa muestra una declinación y al alcanzar los 40°C, cesa enteramente, a esta temperatura la planta se encuentra en shock térmico, tratando de sobrevivir (Brown, 2003). El período más vulnerable del ciclo de vida de las plantas es cuando ocurre la fertilización; el Instituto Internacional de Investigación del Arroz reporta que la fertilidad del arroz cae de 100% a 34°C a 0% a 40°C, en maíz la viabilidad del polen se reduce a temperaturas por encima de 36°C y similares temperaturas pueden llevar a revertir los efectos de la vernalización en el cultivo de trigo (Porter y Semenov, 2005).



Un ejemplo de esto es el arroz, para el cual se ha determinado que un aumento de un grado centígrado en la temperatura entre 30 y 40°C, durante la floración, reduce la fertilidad y la formación de grano en 10% (Peng *et al* (2004). L. H. Allen Jr. Uno de los científicos que analiza la relación entre la temperatura y el rendimiento, en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, concluye que por cada incremento de 1.1°C por encima de la temperatura ideal, para el cultivo, el rendimiento se reduce en 10%. En un estudio

reciente, un equipo de científicos de la Fundación Carnegie fueron más allá; basados en los datos de rendimiento de maíz y soya en más de 400 condados, en los últimos 17 años, reportan que el incremento de 1° C durante la estación de crecimiento Junio – Agosto reduce el rendimiento de ambos cultivos en 17% (Brown, 2003).

El problema que la producción de hortalizas enfrenta, con el incremento de las temperaturas, es muy grave.

Figuras 1 y 2. Fruto de pimiento afectado por desordenes en viabilidad de la polinización



Para las hortalizas de clima frío la temperatura media mensual debe ser de 15 a 18° C. En este grupo se encuentran las siguientes familias y especies:

FAMILIAS	ESPECIE	ESPECIE	ESPECIE	ESPECIE
Amarilidáceas	cebolla	ajo	puerro	poro
Umbelíferas	zanahoria	apio	cilantro	perejil
Quenopodiáceas	betabel	acelga	espinaca	quelite
Liliáceas	espárrago			
Crucíferas	brócoli	coliflor	col	col de Bruselas
Compuestas	lechuga	alcachofa		
Solanáceas	papa			

FAMILIAS	ESPECIE	ESPECIE	ESPECIE	ESPECIE
Leguminosas	frijol			
	ejotero			
Solanáceas	chile	Pimiento	jitomate	tomatillo
Malváceas	okra			
Convolvuláceas	camote			
Portulacáceas	verdolaga			
Cucurbitáceas	sandía	Melón	calabacita	pepino

Para las hortalizas de clima cálido, la temperatura media mensual debe estar entre 18 y 30°C, éstas toleran un poco mejor las temperaturas altas.

Tubielo *et al.* (2000) Concluyeron, que los efectos negativos sobre el rendimiento en granos básicos ocasionado por un incremento en la temperatura, sobrepasa los efectos positivos ocasionados por el incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, en lugares donde se presente estrés hídrico, el rendimiento del trigo puede disminuir entre un 30 y un 50% y el sorgo entre un 10 y un 30%. Asimismo se concluyó que el incremento en la temperatura ambiental, ocasiona un incremento en la tasa de desarrollo fenológico, acortando el periodo de desarrollo y crecimiento, lo cual se ve traducido en la reducción del rendimiento total del cultivo (Tubielo *et al.* 2000).

A pesar de que el incremento en la concentración de CO₂ ocasiona una reducción en la transpiración debido al cierre de los estomas de ciertas especies, haciendo eficiente el proceso fotosintético y



teóricamente disminuyendo el consumo de agua requerido por la planta (Perry *et al.*, 2004). Sin embargo, Tubiello *et al.* (2000) determinaron que bajo un escenario de adaptación al cambio climático, se requeriría aumentar la cantidad de agua suministrada a los cultivos, maíz, soya y sorgo en un 60, 90 y 15% respectivamente, a fin de seguir obteniendo los rendimientos actuales, disminuyendo drásticamente la eficiencia en el uso del agua.

La selección de nuevas variedades de semillas es uno de los métodos clave, para incrementar el rendimiento de los cultivos, mejorar su calidad y su adaptación al cambio climático. En el CIMMYT se han obtenido plantas de trigo con modificaciones genéticas, que expresan el gen DREB, el cual codifica para la proteína de respuesta a la deshidratación; éstas plantas en pruebas de campo preliminares han mostrado una mayor tolerancia a la sequía (Porter y Semenov, 2005). Las compañías BASF y Monsanto se han aliado para realizar un proyecto biotecnológico de investigación, desarrollo y comercialización de nuevas variedades de maíz, soya, algodón y canola de alto rendimiento y tolerantes a la condiciones ambientales adversas, la inversión conjunta será de 1,500 millones de dólares (CropLife, May 2007).

Efectos del calentamiento global en el ciclo hidrológico

El calentamiento global también tendrá efectos sobre el ciclo hidrológico, particularmente en las regiones que dependen de la nieve para cubrir sus necesidades hídricas. Se prevé que durante el invierno habrá menos nieve y el deshielo ocurrirá antes, lo cual en conjunto ocasionará que los caudales de los ríos se vean incrementados principalmente durante el invierno y principios de la primavera, lejos del verano y principios del otoño, cuando la demanda es mucho mayor. Las consecuencias de estos cambios deben ser tomadas en cuenta al tener cerca de un sexto de la población mundial dependiente de los glaciares y deshielos para cubrir sus necesidades hídricas a lo largo del año (Barnett *et al.*, 2005)

Efectos del cambio climático sobre los patrones de precipitación

Actualmente el fenómeno meteorológico “El Niño” ocasiona un retraso en las precipitaciones y un decremento en la superficie de arroz plantada en la principal región productora de arroz en Indonesia. Siguiendo el modelo climático propuesto por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio

Climático AR4, se realizó un estudio sobre las posibles consecuencias del cambio climático en Java y Bali, dos de las principales regiones productoras de arroz en Indonesia.

Dicho estudio concluyó que las probabilidades de un retraso de 30 días en el comienzo del monzón para el año 2050 son de entre 30 a 40%, comparadas contra 9 a 18% que existen actualmente. Asimismo se predice un aumento en la probabilidad de lluvia en la última etapa del cultivo (Abril a Junio) de aproximadamente del 10% y un decremento de las probabilidades de lluvia durante la época seca (Julio a Septiembre) de hasta 75%. Esto indica la necesidad de comenzar a desarrollar estrategias de adaptación tales como: almacenamiento de agua y desarrollo de cultivos tolerantes a sequías entre otros (Nylor *et al.*, 2007).

África es un continente particularmente vulnerable, lo cual ha sido lamentablemente comprobado mediante las catastróficas sequías a lo largo del siglo XX. Actualmente se considera que el riesgo de sequía en el sur del continente, considerada la principal zona productora de maíz y donde éste grano es considerado alimento básico, se incrementa en un 120% durante los años de “El Niño” y el rendimiento del maíz, sorgo y mijo disminuye entre 20 y 50% (Stige *et al.*, 2006).

Para tener una idea de la magnitud de dicho fenómeno, basta con mencionar que tan sólo la diferencia en el rendimiento en maíz causado por las oscilaciones entre los fenómenos “El Niño” y “La Niña” sería suficiente para alimentar a 15 millones de personas durante todo un año y con la diferencia del rendimiento de sorgo, mijo y arroz se podrían alimentar entre 2 y 3 millones de personas en un año. Estas cifras aun cuando son teóricas, nos dan una idea muy clara del impacto que tiene el cambio climático sobre la población (Stige *et al.*, 2006).

Efectos del cambio climático sobre los polinizadores

El cambio climático también ocasionará la reducción de las interacciones ecológicas del tipo mutualista entre las plantas y los polinizadores naturales, debido a los posibles cambios fenológicos ocasionados por la concentración de CO₂ en la atmósfera. Estos cambios fenológicos pueden llegar a reducir los recursos florales disponibles para las especies polinizadoras entre un 17 y un 50%. La reducción de la coincidencia temporal entre plantas y polinizadores, no solo causará la reducción en la



dieta disponible de los insectos polinizadoras sino que causará tanto su extinción como la de diversas especies vegetales (Memmott *et al.*, 2007)

Efectos del cambio climático sobre los factores socio-económicos

Varios estudios realizados concuerdan en que los efectos del cambio climático afectarán de maneras diferentes a los países desarrollados, a los sub-desarrollados y a los que están en vías de desarrollo, afectando particularmente a aquellos países localizados en regiones de bajas latitudes (Perry *et al.*, 2004). Socioeconómicamente, el cambio climático provocará cambios en los precios internacionales de los cultivos y un cambio en la ventaja competitiva de ciertas regiones productoras (Perry *et al.*, 2004).

Conclusiones

Se incrementará la probabilidad de eventos con temperaturas extremadamente altas en el verano y extremadamente bajas en el invierno, el número de días con lluvias fuertes (arriba de 25 mm) se incrementará, particularmente en el este de Asia, Sureste de África y Brasil, aunque no se modifique la precipitación total (Erda, *et al.*, 2005; Porter y Semenov, 2005).

La producción de comida en África se verá severamente reducida, principalmente debido a la reducción en el rendimiento del maíz, conforme las condiciones climáticas se parezcan más al fenómeno de “El Niño”, tal y como lo predicen los modelos (Stige *et al.*, 2006).

La producción de alimentos en las zonas templadas se incrementará, mientras que en las zonas cálidas se reducirá gravemente (Porter y Semenov, 2005).

Los forrajes van a ser menos nutritivos, por lo que habrá más desperdicio y mayor emisión de metano (Porter y Semenov, 2005).

Se va a requerir incrementar el uso de fertilizantes nitrogenados, para mantener altas las concentraciones de la enzima Rubisco y capturar el CO₂, así como para mantener la calidad nutricional de los granos, ya que la relación C : N se modificará (Porter y Semenov, 2005).

Los vegetales cultivados para proveer de alimento a los seres humanos, son a su vez entes de naturaleza biológica, cuyo metabolismo es severamente afectado por las condiciones

cambiantes del medio, sufriendo alteraciones morfológicas y funcionales. La forma en la cual cada cultivo es afectado dependerá de las características particulares de cada cultivo. Aunado a ello las prácticas de producción de tipo intensivo, heredadas de la revolución verde, tanto de tipo agrícolas como ganadero generan como subproducto una estela de degradación, residuos y devastación (Pimentel, 1991).

El modo de consumo y el ritmo acelerado de los consumidores, le están exigiendo a la naturaleza más de lo que puede dar sin ser afectada, es decir llegará hasta una situación insostenible y alguno de los eslabones genere un problema de índole socioeconómica-ambiental o de naturaleza aún más compleja.

Reflexión final

No es tarea fácil, sino más bien, un verdadero reto, el producir en un mundo cuyas limitantes son cada vez mayores en cuanto a disponibilidad de los recursos naturales suelo y agua, cuya biodiversidad se ve desplazada por grandes áreas de monocultivo, ¿cómo devolver la biodiversidad propia de la naturaleza a los terrenos cultivados de manera intensiva?, que hoy lucen degradados y o contaminados por décadas de aplicaciones de forma irresponsable

Se trata más bien de hacer una reflexión y adquirir una convicción para contribuir de manera decidida a la rehabilitación de áreas forestales, cuerpos de agua, suelos degradados, en el entendido de que somos una especie más dentro de las redes y cadenas tróficas; con la capacidad de razonar y crear, podemos contribuir a revertir el daño causado a las demás especies solo por satisfacer nuestros intereses.

Cabría la pregunta ¿hasta dónde estoy dispuesto a prescindir de algún satisfactor de la vida moderna para contribuir de manera directa a revertir los efectos de este modo de operar la agricultura moderna, la economía y la sustentabilidad de los agro-ecosistemas? ¿A qué estoy dispuesto a renunciar o cambiar para ser coherente y asumir el impacto o huella ecológica que genero?.

Estas reflexiones pueden ser mera retórica o pueden ser el inicio del camino al cambio, ¿de qué dependerá?, tal vez del nivel de conciencia y responsabilidad que a cada individuo por su formación le corresponda, O tal vez de su



compromiso académico o moral por su papel dentro de la sociedad.

Fuentes de consulta

1. Barnett, T.P.; Adam, J.C.; Lettenmaier, D.P. 2005. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature* Nov. 438(7066): 303-9
2. Brown, L. R. 2003. Plan B: Rescuing a planet under stress and a civilization in trouble. Earth Policy Institute. W.W. Norton & Company.
3. CropLife. 2007. Seed/Biotech Section. Volume 170/ No. 5. Meister Media Worldwide.
4. Erda, L., X. Wei, J. Hui, X. Yinlong, L. Yue, B. Living and X. Liyong. 2005. Climatic change impacts on crop yield and quality with CO₂ fertilization in China. *Phil. Trns. R. Soc. B.* 360: 2149 -2154.
5. Linde, P. 2007. El Conflicto entre humanos y naturaleza: Pulveriza récords la meteorología. *Diario El País*. España. 10 de Agosto del 2007.
6. Long, S. P., E. A. Ainsworth, A. D. B. Leakey y P. B. Morgan. 2005. Global food insecurity. Treatment of major food crops with elevated carbon dioxide or ozone under large-scale fully open-air conditions suggest recent models may have overestimated future yields. *Phil. Trans. R. Soc.*
7. Memmott, J.; Craze, P.G.; Waser, N.M.; Price, M.V. 2007. Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecol Lett.* Aug 10(8):710-7
8. Nylor, R.L.; Battisti, D.S.; Vimont, D.J.; Falcon, W.P.; Burke, M.B. 2007. Assessing risks of climate variability and climate change for Indonesian rice agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* May 104 (19): 7752-7. (PUB MED: PMID: 17483453)
9. Peng, S.; Huang, J.; Sheehy, J.E.; Laza, R.C.; Visperas, R.M.; Zhong, X.; Centeno, G.S.; Khush, G.S.; Cassman, K.G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*
10. Perry, M.L.; Rosenzweig, C.; Iglesias, A.; Livermore, M.; Fischer, G. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change.* 14: 53-67
11. Pimentel, D. 1991. Global warming, population growth and natural resources for food production. *Soc. Nat. Resour.* Oct. – Dec. 4(4): 347-63 (PUB MED: PMID: 12344889)
12. Porter, J.R. and M.A. Semenov. 2005. Crop responses to climatic variations. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 360: 2021 – 2035.
13. Rabbinge, R., van Laatesteijn, H.C., Goudriaan, J. 1993. Assessing the greenhouse effect in agriculture. *CIBA Fund Symp.* 175: 62-76; discussion 76-9 (PUB MED : PMID: 8222998)
14. Stige, L.C.; Stave, J.; Chan, K.S.; Ciannelli, L.; Pettorelli, N.; Glantz, M.; Herren, H.R.; Stenseth, N.C. 2006. The effect of climate variation on agro-pastoral production in Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Feb. 28, 103(9): 3049-53
www.pnas.org/dol/10.1073/pnas.0600057103
15. Tubiello, F.N.; Donatelli, M.; Rosenzweig, C., Stockle, C.O. 2000. Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *European Journal of Agronomy* 13: 179-189.

Temas relacionados:

- Huella ecológica
- Estrés en plantas
- Desertificación
- Sustentabilidad
- Agricultura protegida
- Consumo responsable



Proyecciones de la captura de sardina monterrey en la Costa Occidental de Baja California y el Golfo de California

Romeo Saldívar-Lucio^{1,*}, Christian Salvadeo^{1,2}, Daniel Lluch-Belda¹ y Héctor Villalobos¹

¹ Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, BCS, México

² Universidad Autónoma de Baja California Sur,

* romeo26_1979@yahoo.com

Resumen

La sardina monterrey es el pelágico menor más abundante en la Corriente y Golfo de California, siendo un componente clave del ecosistema pelágico por ser la presa principal de numerosos depredadores. Esta especie presenta marcadas fluctuaciones interanuales en su abundancia debido a fuertes cambios en su reclutamiento, que se ve reflejado en la magnitud de su captura. La pesquería de pelágicos menores es una de las más importantes pesquerías del país, representando más del 60% de las capturas a nivel nacional. El objetivo del presente trabajo fue analizar la relación entre la captura de sardina monterrey y la variabilidad cíclica del ambiente, para luego proyectarlas hacia el futuro, basando así el pronóstico de largo plazo en el comportamiento histórico. Los resultados del análisis retrospectivo nos muestran que existe una relación entre la disponibilidad de esta especie y las anomalías de temperatura en la Corriente de California, junto con la tendencia de largo plazo en la temperatura superficial del Pacífico Norte (PDO), además del índice de la oscilación del Pacífico Norte (NOI) y los cambios en la actividad de surgencias. Se espera que la costa occidental de la península presente el mismo patrón multidecadal del régimen que fue observado durante el siglo pasado; es decir, una franca disminución de las capturas durante el periodo de enfriamiento 2000-2020, para posteriormente alcanzar su máximo al final de un periodo de calentamiento (décadas de 2040-50), cayendo paulatinamente durante el periodo de enfriamiento esperado hacia las décadas de 2070-80. Idealmente esta información podría aplicarse en la toma de decisiones para el manejo de la pesquería desde una perspectiva multianual.

Introducción

La pesquería de pelágicos menores es una de las más importantes pesquerías del país, representando más del 60% de las capturas a nivel nacional. Esta se desarrolla principalmente en el noroeste

mexicano, en aguas del Golfo de California y en la costa occidental de la península de Baja California. La sardina monterrey es el pelágico menor más abundante en la Corriente y Golfo de California, siendo un componente clave del ecosistema pelágico por ser la presa principal de numerosos predadores tope como peces, calamares, aves y mamíferos marinos (Bakun *et al.*, 2010).

Esta especie presenta marcadas fluctuaciones interanuales en su abundancia debido a fuertes cambios en su reclutamiento, que se ve reflejado en la dimensión de sus capturas. Además de estas fluctuaciones interanuales, la sardina monterrey presenta expansiones y contracciones de sus poblaciones en un ciclo aproximado de 60 años, conocidas como variación del régimen (Lluch-Belda *et al.*, 1986, Baumgartner *et al.*, 1992). El objetivo del presente trabajo fue analizar la relación entre la captura de sardina monterrey y la variabilidad cíclica del ambiente, para luego proyectarlas hacia el futuro partiendo de su comportamiento pasado. Este trabajo pretende ser una primera aproximación en el desarrollo de modelos predictivos para el pronóstico de largo plazo sobre las abundancias de sardina, combinando en primer lugar la variabilidad cíclica del ambiente y en trabajos futuros incorporar los escenarios de calentamiento global.

Metodología

Datos

Para la caracterización del ambiente se utilizaron las variables físicas e índices climáticos detallados en las tablas 1 y 2. Estos últimos se obtuvieron de diversas fuentes, y están integrados en la página de internet del CICIMAR-IPN (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, www.cicimar.ipn.mx/oasis/Indices_Climaticos.php). Con respecto a la pesquería de sardina Monterrey, se contó con los datos anuales de capturas para Bahía Magdalena, Ensenada y el Golfo de California (Tabla 3).



Tabla 1: Fuentes de información de variables físicas; temperatura superficial del mar (TSM).

VARIABLES	Resolución temporal	Extensión (años)	URL
TSM	mensual	1900-2010	http://lwf.ncdc.noaa.gov/ersst/
Vientos	diaria	1988-2007	http://podaac.jpl.nasa.gov/DATA_CATALOG/ccmpinfo.html
Nivel medio del Mar	mensual	1980-2005	Estaciones: San Diego / Sn Lucas / Balboa
Índices de Surgencias	anual	1946-2011	http://www.pfeg.noaa.gov/products/pfel/modeled/indices/upwelling/upwelling.html

Tabla 2: Índices climáticos seleccionados para el presente trabajo; el acrónimo del índice corresponde a su nombre en inglés.

Índice	¿Que representan?	Referencia
SOI	Variabilidad atmosférica relacionada al EL Niño/a Oscilación del Sur (ENSO) en el Pacífico Sur-ecuatorial	Trenberth, 1984
MEI	Variabilidad oceánica y atmosférica relacionada al ENSO en el Pacífico Ecuatorial	Wolter & Timlin, 1993
NOI	Variabilidad atmosférica extra-tropical relacionada al ENSO en el Pacífico Nororiental	Schwing <i>et al.</i> , 2002
PDO	Primer modo de variación oceánica sobre el Pacífico Norte	Mantua <i>et al.</i> , 1997
NPGO	Segundo modo de variación oceánica sobre el Pacífico Norte	Di Lorenzo <i>et al.</i> , 2008
GLAMM	Distribución de masas en la atmosfera y de los vientos zonales, relativo al eje de rotación de la tierra.	Weickmann <i>et al.</i> 2000

Tabla 3: Datos pesqueros y biológicos de sardina monterrey para Bahía Magdalena (BM), Ensenada (EN) y el Golfo de California (GC).

Datos	Localidad	Temporalidad	Fuente
Captura anual	BM	1981-2010	Dr. Felix-Uraga (CICIMAR-IPN)
Captura anual	EN	1981-2009	Dr. Felix-Uraga (CICIMAR-IPN)
Captura anual	GC	1970-2009	Dr. Nevárez-Martínez (CRIP-Guaymas)

Manejo y construcción de las series ambientales

Para caracterizar y definir los patrones de variación de la TSM y vientos en el Golfo y Corriente de California se calcularon las anomalías mensuales restando la señal estacional a su respectiva serie temporal. La señal estacional se calculó a partir de mínimos cuadrados (Ripa, 2002). Posteriormente se realizó un análisis de funciones empíricas ortogonales (FEOs) que nos permitió descomponer las señales climáticas en un conjunto reducido de funciones que explican la mayor variabilidad posible; cada una de estas funciones representan un “modo de variación” espacio-temporal, y por ser ortogonales ningún modo estará contenido dentro de otro (Björnsson & Venegas, 1997). Con los índices de surgencias y con el nivel medio del mar para la costa oriental del Pacífico Norte se realizó un análisis de factores de máxima/mínima autocorrelación (MAF) buscando aislar un patrón de

variación temporal común a lo largo de la costa de Norteamérica. Los MAF al igual que los FEOs tienen la virtud de aislar la variación común presente en series de datos donde se aprecia fácilmente la variación de baja frecuencia (Shapiro & Switzer, 1989; Zuur *et al.*, 2007). Con los resultados obtenidos de los FEOs y los MAF se crean nuevos “índices climáticos” locales y regionales útiles para contrastar los cambios en el ambiente y en las capturas. Finalmente se calculó el promedio y el total anual por temporada de pesca para: 1) las series temporales de anomalías de vientos y TSM; 2) los FEOs de las anomalías de vientos y temperatura; 3) los MAF de nivel medio del mar y surgencias; y 4) los índices climáticos; se realizó este re-escalamiento de las series ambientales debido a que los datos biológicos y pesqueros de sardinas son anuales.



Análisis retrospectivo

En primer lugar se realizó un análisis exploratorio (correlaciones y regresiones) para evaluar la relación entre la variación ambiental y las capturas de sardinas frente a Ensenada, Bahía Magdalena y Golfo de California, con la intención de identificar posibles relaciones y patrones de variación en común. Posteriormente se utilizaron otras herramientas estadísticas como los modelos lineales generalizados (GLM) y modelos aditivos generalizados (GAM). En los GAM la relación entre las variables de respuesta y las explicativas no existe en una ecuación que represente su relación de manera constante, sino que tal ecuación varía según el entorno de valores que presente la variable de respuesta. La ventaja de esta aproximación analítica es su gran flexibilidad para modelar relaciones complejas entre las variables de respuesta y las predictoras (Hastie & Tibshirani, 1990). A continuación se muestran las variables ambientales con las que se obtuvieron los mejores ajustes en los GAM:

Golfo de California: Captura = ${}_{1er\ FEO} ATSM_GdsIsl + NOI$

Costa Occidental: Captura = ${}_{1er\ FEO} ATSM_CC + PDO_sum + Surgencias_{MAF-1}$

Proyecciones del ambiente y capturas

Para las proyecciones futuras de capturas y ambiente, se buscó en primer lugar la periodicidad presente en el ambiente por medio de la función *Periods* (González-Rodríguez *et al.*, *en prep.*). Esta función se basa en métodos de regresiones periódicas con descenso cíclico y fue diseñada para

obtener el periodo, la amplitud y la fase de los principales armónicos en una serie de tiempo, los cuales pueden estar relacionados con eventos climáticos, sociales y económicos. Con los principales armónicos presentes en las series ambientales se procedió a proyectarlos hasta el año 2099 con la intención de tener una idea de como puede variar el ambiente en relación a su comportamiento pasado. Una vez proyectadas las series de las variables ambientales explicativas, se utilizaron como insumo en los modelos GAM para calcular los niveles de captura de sardina Monterrey en cada región.

Resultados y discusión

Los resultados de los GAM para la costa oeste de la península presentaron un ajuste significativo en los tres casos, con un coeficiente de determinación mayor a 0.7 y una devianza explicada entre 72 y 89% (Tabla 4); en los tres casos se utilizaron como variables predictivas el primer FEO de las anomalías de la temperatura superficial del mar, el índice de oscilación del Pacífico Norte (PDO) y el MAF de los índices de surgencias que indica la sincronía y cambio común en la actividad de surgencias entre los 21 y 60° N de la costa oeste de América del Norte (México-Alaska). Con respecto a su variabilidad temporal, podemos ver que los ajustes obtenidos con los GAM representan bien las capturas tanto en su variación interanual como en su tendencia de largo plazo (Tabla 4 y Fig. 1), lo que los hace modelos relativamente confiables para su extrapolación a futuro.

Tabla 4. Valores de los coeficientes de determinación, la devianza explicada y la significancia de los modelos retrospectivos (GAM) para la captura de sardina monterrey en Bahía Magdalena, Ensenada y el Golfo de California.

Región	R ² ajust.	Dev. Exp. %	P
Bahía Magdalena	0.79	72.8	0.001
Ensenada	0.75	86.9	0.001
Golfo de California	0.81	92.7	0.001

La variación interanual de la sardina de California está relacionada principalmente con la variabilidad ambiental del ENSO, que produce una disminución en la productividad primaria en sus áreas habituales de desove (Lluch-Belda *et al.*, 1986), con menos capturas durante y después de los eventos de El Niño y más capturas durante y después de una Niña. Para el caso de Ensenada esta caída en las capturas no es tan pronunciada durante los citados eventos debido al influjo de animales del sur, que se

ven forzados a desplazarse hacia el norte como consecuencia del calentamiento inusual de las aguas de la Corriente de California debido a los eventos de El Niño (ej. años 1997-1998). El ENSO tiene una periodicidad de cinco años para la región, de acuerdo con los movimientos latitudinales de fauna marina (Lluch-Belda *et al.*, 2005).

Además de estas fluctuaciones interanuales, sardinas y anchovetas presentan expansiones y



contracciones de sus poblaciones en un ciclo aproximado de 60 años conocidas como variación del régimen (Lluch-Belda *et al.*, 1989). Estos ciclos pueden observarse con claridad en los desembarcos comerciales de sardina en California y en el registro fósil en los últimos 1700 años (Baumgartner *et al.*, 1992). En ese sentido, Chavez *et al.* (2003) proponen dos escenarios ambientales distintivos: una fase cálida o régimen de sardinas y una fase fría o régimen de anchovetas.

El desarrollo y establecimiento de la pesquería de sardina en la costa occidental de la península comenzó a partir de la década de 1980, al ser impulsada por un mayor acceso a la especie como consecuencia de su expansión poblacional en respuesta al calentamiento de la Corriente de California que comenzó a mediados de la década de 1970 (Fig. 2).

Los resultados del análisis retrospectivo muestran una relación de la disponibilidad de esta especie con: 1) la temperatura en la Corriente de California, representada por el primer modo de variación de las anomalías de la temperatura superficial del mar (Fig. 2); 2) la tendencia de largo plazo en el Pacífico Norte, representada por la suma acumulada del índice de la oscilación del Pacífico Norte; y 3) la tendencia de largo plazo presente en las surgencias estacionales que ocurren a lo largo de toda la costa norteamericana y que fue representada por el MAF de los índices de surgencias.

Esto nos indica que la presencia y abundancia de la especie, y por ende su disponibilidad como recurso pesquero, están en función de la variabilidad oceánica y atmosférica del Pacífico Norte.

A partir de los resultados de los análisis de *Periods*, se seleccionaron los principales armónicos presentes en las series ambientales y se proyectaron hasta el año 2099 (Fig. 2), para contar con aproximaciones a las posibles variaciones del ambiente en relación con su comportamiento en el pasado (Fig. 2). Al respecto, la variación más evidente es la de baja frecuencia (decadal y multidecadal del régimen) con sus clásicos periodos de calentamiento y enfriamiento (Fig. 2) que se ven más acentuados en el PDO (Mantua *et al.*, 1997). Con estos mismos escenarios a futuro se proyectaron las capturas de la costa occidental de la península (Fig. 2 y 3), en donde se aprecia con claridad una oscilación de baja frecuencia que suponemos es la del régimen, con una baja captura

de la especie hacia finales de un periodo de enfriamiento y un aumento de las mismas hacia finales de un periodo de calentamiento (Fig. 2).

Figura 1. Captura (miles de t) de sardina monterrey en el Golfo de California entre el año 1970 y 2009. En rojo se muestra el ajuste obtenido mediante un modelo aditivo generalizado.

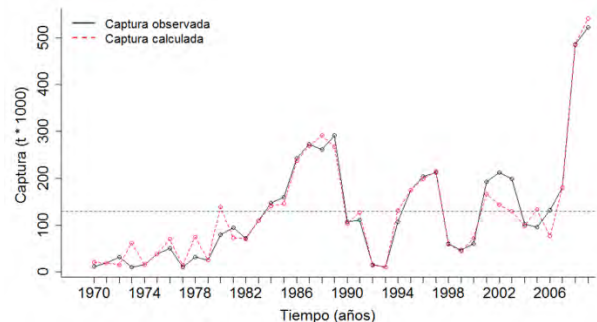
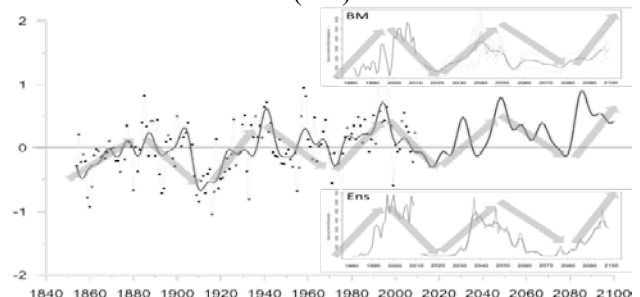


Figura 2. Variación anual del ajuste y proyección del primer modo de variación (FEO) de las ATSM en la Corriente de California (°C); ajuste y proyección de la captura anual en Bahía Magdalena (BM) y Ensenada (Ens).



Se espera que en la costa occidental de la península se dé el mismo patrón del régimen ya observado durante el siglo pasado, con una franca disminución de las capturas hasta la década del 2020 debido al enfriamiento de principios del presente siglo (Fig. 2). Posteriormente y con el inicio de una nueva etapa de calentamiento las capturas aumentarán llegando a su máximo en las décadas del 2040-50 (Fig. 2) para luego caer paulatinamente hasta las décadas de 2070-80, que es cuando se esperan las menores capturas de la segunda mitad del siglo XXI (Fig. 2). A finales del presente siglo se esperaría un escenario muy similar al observado hacia finales del siglo pasado y principios del actual (Fig. 2 y 3).



Figura 3: Predicciones de la captura (tons) de sardina monterrey en Ensenada (arriba) y Bahía Magdalena (abajo).

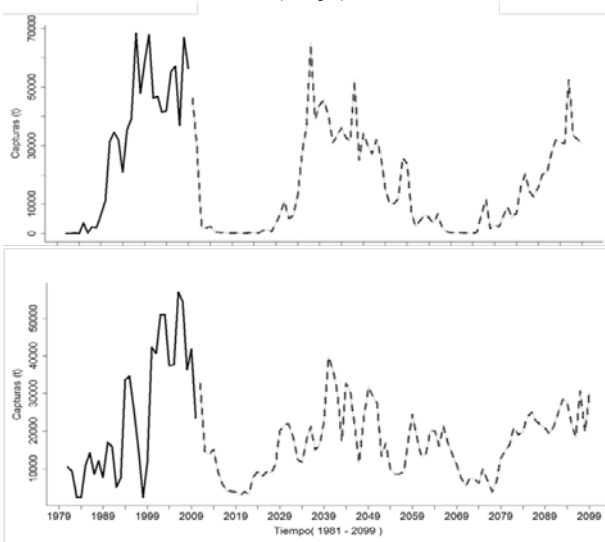
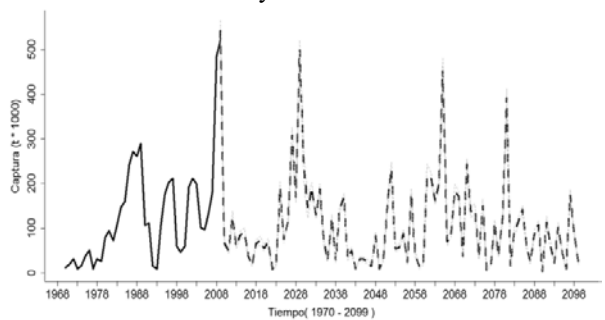


Figura 4. Predicciones de la captura (miles de t) de sardina monterrey en el Golfo de California.



Las predicciones de captura para el Golfo de California indican tres periodos de capturas altas; 2028-36, 2063-68 y 2078-83. Mientras que hacia los años 2020, 2042, 2075 y 2090 se puede observar el asentamiento de los periodos de baja captura (Fig. 4). El comportamiento descrito de las capturas sigue en cierta medida los periodos esperados de enfriamiento y calentamiento de la superficie marina en la región de las Grandes Islas, dentro del Golfo de California.

El comportamiento temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California es altamente estacional, su variabilidad interanual está determinada por la intensidad del ENSO (Lavín y Marinone, 2003). Soto-Mardones y colaboradores (1999) reportaron cambios de temperatura

simultáneos en la boca del golfo y las grandes islas durante eventos intensos de calentamiento, mientras que el comportamiento más común suele ser la evolución progresiva de aguas cálidas al interior del Golfo de California. Este último argumento es coherente con la alta variabilidad de temperatura en la boca del golfo y el poder descriptivo de la TSM en la región de las grandes islas que se observó en el modelo construido para capturas (Tabla 4).

Se ha sugerido que la parte central del GC cambia en forma similar a la alberca cálida del Pacífico, además de que se ha detectado la presencia semipermanente de núcleos fríos y giros ciclónicos en verano, mientras que en invierno los giros son anticiclónicos y de núcleo cálido (Lavín & Marinone, 2003); tales procesos oceánicos son factores determinantes sobre aspectos biológicos de la sardina como el reclutamiento, las zonas de reproducción, alimentación y distribución. Por lo tanto, la frecuencia, intensidad y eficiencia biológica de los procesos de meso-escala podrían estar siendo alterados por los cambios de largo plazo en el clima oceánico.

La variación de las ATSM se asocia con la actividad de surgencias y por ende con la intensidad y dirección de los vientos; la relación entre tales patrones de variación con el índice de la oscilación del Pacífico Norte (NOI) podría estar explicando la aparición del NOI como buen descriptor de las fluctuaciones de sardina en el modelo del Golfo (Tabla 4).

El NOI representa la diferencia de anomalías de presión al nivel del mar entre las regiones del Pacífico norte, Pacífico noreste y cerca de Darwin, Australia. Es un índice relacionado con las celdas (Hadley-Walker) de circulación atmosférica que determinan la intensidad y los componentes de vientos predominantes (Schwing *et al.*, 2002). El NOI presenta un marcado periodo de ~14 años, el cual representa la mitad del periodo de predominancia de vientos zonales y meridionales que es de ~ 30 años (Klyashtorin & Lyubushin, 2007).

A los valores negativos del NOI en escalas interanuales y decenales, se les ha encontrado asociados con el debilitamiento de los vientos alisios, la disminución de vientos favorables para la generación de surgencias, aumento de temperatura en la superficie del océano y un decremento en la



biomasa del zooplancton frente al sur de California (Schwing *et al.*, 2002).

Conclusiones

Es necesario recalcar que la proyección de variables ambientales a partir de sus componentes armónicos es un pronóstico con fundamento histórico acerca de lo que se espera sucederá en el futuro, lo que implica que hipotéticamente que se mantendrán los mismos periodos detectados en cada serie temporal. Por lo tanto, entre más extensa sea la proyección, más se correrá el riesgo de desatender el efecto de otros armónicos, que si bien pueden estar presentes en el evento natural que se busca representar, no siempre es posible detectarlos debido a la extensión limitada de los registros con los que se efectúan los análisis. Aplicando los principios antes expuestos a los alcances de este estudio, resulta sencillo distinguir que las predicciones más cercanas son más confiables (*ej.* hacia los años 2020 - 2030) que aquellas que son próximas al final del presente ejercicio predictivo (~ año 2100).

Adicionalmente, los análisis del comportamiento cíclico del clima oceánico fueron conducidos con información desde el año 1900 para la temperatura superficial del mar, por lo que creemos que llevan implícita la tendencia de incremento que se ha observado en los últimos 150 años en la temperatura global (Salvadeo *et al.*, 2012). A pesar de tal cambio sostenido durante el siglo pasado, las predicciones muestran periodos de captura altas y bajas, tal y como ha sucedido en el pasado. No obstante a la incertidumbre acerca del origen y magnitud de la tendencia de largo plazo en el clima de la Tierra, la aproximación metodológica propuesta en este trabajo arrojó resultados promisorios en dos sentidos: 1) la construcción de proyecciones cimentadas en los acontecimientos pasados y; 2) la posibilidad de evaluar escenarios de cambio climático, agregando, por ejemplo, forzamientos en tasas de cambio o cambios modulados por eventos de alta y baja frecuencia (Lluch-Belda *et al.*, 2012).

Es importante llevar a cabo este tipo de estudios para responder a la necesidad de la sociedad contemporánea nacional para escudriñar y gestar hipótesis plausibles respecto a los cambios en el clima, en el afán de aportar elementos para la formulación de mejores políticas públicas que den respuesta a las características regionales,

independientemente de escenarios climáticos globales que suelen ser menos precisos.

Fuentes de consulta

1. Bakun, A., E.A. Babcock, S. Lluch-Cota, C. Santora and C.J. Salvadeo (2010) Issues of ecosystem-based management of forage fisheries in "open" non-stationary ecosystems: The example of the sardine fishery in the Gulf of California. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20: 9-29.
2. Baumgartner, T. R., Soutar A. & V. Ferreira-Bartrina. 1992. Reconstruction of the history of Pacific sardine and northern anchovy populations over the past two millennia from sediments of the Santa Barbara Basin, California. *CalCOFI. Rep.* 33:24-40.
3. Björnsson H. & S. A. Venegas. 1997. A manual for EOF and SVD analyses of climate data. McGill University, CCGCR Report No. 97-1, Montréal, Québec, 52pp.
4. Chavez F. P., Ryan J., Lluch-Cota S. E. & C. M. Niquen. 2003. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* 299:217-221
5. Di Lorenzo E., Schneider N., Cobb K. M., Chhak, K, Franks P. J. S., Miller A. J., McWilliams J. C., Bograd S. J., Arango H., Curchister E., Powell T. M. and P. Rivere 2008. North Pacific Gyre Oscillation links ocean climate and ecosystem change, *Geophysical Research Letter* 35: L08607, doi:10.1029/2007GL032838
6. González-Rodríguez *et al.*, en prep. Escrita en el lenguaje de programación R. R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
7. Hastie, T. J., Tibshirani, R. J. 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall, London.
8. Klyashtorin, L.B. and A.A. Lyubushin. 2007. *Cyclic Climate Changes and Fish Productivity*. VNIRO publishing. Moscow, Russian Federation. 223 p.
9. Lavín M.F. and S.G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. *In: O.U. Velasco-Fuentes et al. (eds.)*, *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*, 173-204. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.



10. Lluch-Belda, D., B.F.J. Magallón & R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. *CalCOFI Rep.* 27: 136-140.
11. Lluch-Belda, D., Crawford, R.J.M., Kawasaki, T., MacCall, A.D., Parrish, R.H., Schwartzlose R.A & P.E. Smith. 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: The regime problem. *South African Journal of Marine Science* 8: 195-205.
12. Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B. & S.E. Lluch-Cota. 2005. Changes in marine faunal distributions and ENSO events in the California Current. *Fisheries Oceanography*. 14 (6): 458–467.
13. Lluch-Belda, D., Ponce-Díaz, G., Castro-Ortiz, J., Gómez-Muñoz V., Villalobos-Ortiz, H., Ortega-García, S., Monte-Luna, P., Rodríguez-Sánchez, R., Hernández-Trejo, V., Saldívar-Lucio, R., Salvadeo, C., Zepeda-Domínguez, J., Almendárez-Hernández L. & Dalila-Gómez, I. 2012. Pesca. Informe técnico interno del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur. 36 pp.
14. Mantua, N.J., Hare, S.R., Zhang, Y., Wallace, J.M. & Francis, R.C. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78(6): 1069–1079.
15. Ripa, P. 2002. Least squares data fitting. *Ciencias Marinas* 28(1): 79-105.
16. Salvadeo C.J., Saldívar-Lucio R., Villalobos-Ortiz H & Lluch-Belda D. 2012. Variabilidad de media y baja frecuencia en el Pacífico mexicano, sus efectos ecológicos y su importancia en los pronósticos climáticos de largo plazo. 2° Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, 15 al 19 de octubre de 2012, Sede Regional Noroeste, Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM).
17. Schwing, F. B., Murphree, T. & P. M. Green. 2002. The Northern Oscillation Index (NOI): A New Climate Index for the Northeast Pacific. *Progress in Oceanography* 53(4): 115-139.
18. Shapiro, D. & Switzer, P., 1989. Minimum/maximum auto-correlation factor analysis. Technical Report 132. Department of Statistics, Stanford University, USA. 26p.
19. Soto-Mardones, L., S.G. Marinone y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 25(1): 1–30p.
20. Trenberth, K. E. 1984. Signal versus Noise in the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* 112:326-332.
21. Weickmann, K. M., W. A. Robinson, & C. Penland. 2000. Stochastic and oscillatory forcing of global atmospheric angular momentum, *Journal of Geophysical Research* 105(D12): 15,543–15,557.
22. Wolter, K., and M. S. Timlin, 1993: Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, pp 52-57.
23. Zuur, A.F., E.N. Ieno & G.M. Smith. 2007. *Analysing Ecological Data*. Springer. New York, USA. 700p.

LINEAS DE INVESTIGACION SUGERIDAS

- 1.- Cambio climático regional en México.
- 2.- Herramientas para la planeación económica y el desarrollo social de largo plazo.
- 3.- Variaciones del clima y actividades productivas alternativas en nuestro país.



Variabilidad de media y baja frecuencia en el Pacífico mexicano, sus efectos ecológicos y su importancia en los pronósticos climáticos de largo plazo

Christian Salvadeo^{1,2,*}, Romeo Saldívar-Lucio², Héctor Villalobos², Daniel Lluch-Belda²

¹ Universidad Autónoma de Baja California Sur, BCS, México

² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. La Paz, BCS, México

*chsalvadeo@yahoo.com.mx

Resumen

El cambio climático es uno de los temas más relevantes en la actualidad, incluyendo el otorgamiento del Premio Nobel 2007 a aquellos relacionados con su difusión política y análisis científico. Lo que a menudo no es tan evidente es que el cambio climático no es únicamente calentamiento global por acumulación antropogénica de gases con efecto de invernadero en la atmósfera, sino que hay otros procesos naturales, periódicos y con tendencias bien definidas, que participan en el mismo. El objetivo del presente trabajo es describir la variabilidad climática natural de media y baja frecuencia presentes en los mares mexicanos con especial énfasis en aguas del Pacífico. A partir de series temporales de la temperatura superficial del mar (1858-2010) y con la ayuda de métodos de análisis exploratorios se separaron las "señales climáticas" de la variación natural; asimismo se realizó una búsqueda bibliográfica de sus efectos ecológicos en el ambiente marino. Los resultados muestran tres señales bien claras en aguas mexicanas: la interanual de El Niño/a-oscilación del sur, la variación del régimen del Pacífico Norte y la oscilación multidecadal del Atlántico Norte. En todos los casos existe evidencia documentada de sus efectos sobre poblaciones marinas. La importancia del estudio y caracterización de la variación natural y su periodicidad es que ofrecen una posibilidad de pronóstico a largo plazo, lo que potenciaría nuestra capacidad de manejo de los recursos marinos, trascendiendo por mucho su relevancia a la planeación adecuada de la explotación de recursos pesqueros, sino también a la planeación adecuada de recursos hídricos y agropecuarios.

Introducción

El cambio climático es uno de los temas más relevantes en la actualidad, incluyendo el otorgamiento del Premio Nobel 2007 a aquellos relacionados con su difusión política y análisis científico. Lo que a menudo no es tan evidente es

que el cambio climático no es únicamente calentamiento global por acumulación antropogénica de gases con efecto de invernadero en la atmósfera, sino que hay otros procesos naturales, periódicos y con tendencias bien definidas que participan en el mismo.

Un aspecto particularmente abordado en los estudios de variabilidad climática es la descripción de algunos ciclos de distinta frecuencia como: 1) la interanual, relacionada con los eventos de El Niño/a Oscilación del Sur (ENSO) (Wang and Fiedler, 2006); 2) 10-20 años, conocidos como variación decadal (Mantua *et al.*, 1997); y 3) mayores de 50 años, descritos como variaciones del régimen (Lluch-Belda *et al.*, 1989); de los cuales se han propuesto algunos mecanismos para explicar su variación.

El objetivo del presente trabajo es describir la variabilidad climática natural de media y baja frecuencia (interanual, decadal y del régimen) presentes en los mares mexicanos con especial énfasis en aguas del Pacífico. A partir de series temporales de la temperatura superficial del mar (TSM) y con la ayuda de métodos de análisis exploratorios se separaron las "señales climáticas" de la variación natural entre los años de 1858 al 2010; asimismo se realizó una búsqueda bibliográfica de sus efectos ecológicos en el ambiente marino.

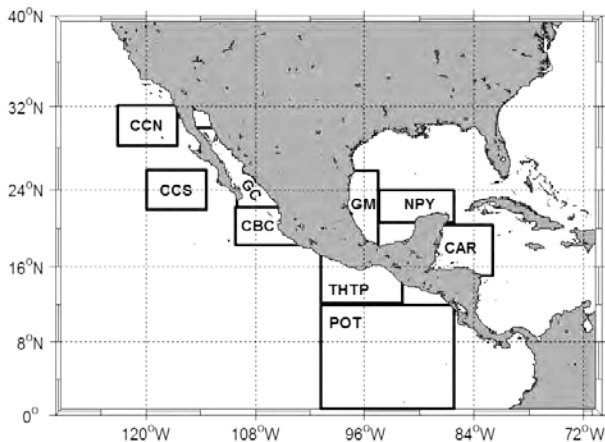
Metodología

Para el presente estudio se utilizaron series temporales de TSM de los mares mexicanos y áreas oceánicas adyacentes (Fig. 1), obtenidas a partir de temperaturas reconstruidas conocidas como ERSST (<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/sst/sst.php>), con una resolución espacial de 2x2 grados y temporal mensual, y una extensión de 156 años (1858-2010). Para cada serie temporal se calculó la



variabilidad estacional con mínimos cuadrados (Ripa, 2002), para posteriormente extraerse junto con la media. De esta forma nos quedamos con los residuales o anomalías de la TSM, que es la parte de la variación temporal que nos interesa. Para caracterizar los patrones de las anomalías de la TSM presentes en aguas mexicanas se regionalizó el área en cuadrantes de dimensiones variadas (Fig. 1, Tabla 1). Para ello se tuvo en cuenta características oceánicas y/o pesqueras de interés (Tabla 2). En el análisis también se utilizaron índices climáticos de diferentes patrones de variabilidad climática (Tabla 3), de diversas fuentes, integrados en la página de internet del CICIMAR-IPN (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN www.cicimar.ipn.mx/oasis/Indices_Climaticos.php). A su vez, se realizó una revisión bibliográfica de los efectos ecológicos de la variabilidad climática de gran escala (interanual y multidecadal) sobre los recursos marinos en aguas mexicanas y zonas oceánicas adyacentes.

Figura 1: Área de estudio y regiones consideradas para el análisis (acrónimos ver Tabla 1).



Con la intención de separar la señal climática común en cada región se realizó un análisis de funciones empíricas ortogonales (FEO). Este análisis nos permite descomponer las señales en un conjunto reducido de funciones que explican la mayor variabilidad posible; donde cada una de estas funciones representa un “modo de variación” espacio-temporal (Venegas, 2001). Posteriormente, se calculó el promedio anual del primer modo de

variación (FEO) de las anomalías de la TSM de cada región y el de los índices climáticos seleccionados. De esta forma filtramos la variabilidad climática de mesoescala para quedarnos únicamente con la variación de media y baja frecuencia (escala interanual y multidecadal). Finalmente se realizó un análisis de correlación de Pearson entre el promedio anual de los primeros modos de variación de la TSM con diferentes índices para buscar posibles causas y relaciones de las señales observadas en los últimos 150 años (1858-2010).

Resultados y discusión

Variabilidad de media y baja frecuencia en mares mexicanos El primer modo de variación (FEO) de las anomalías de la TSM de las áreas seleccionadas (Fig. 1) explicó más del 75% de la variación total presente en cada una, lo que nos da una idea de la existencia de un patrón de variación dominante en cada región. A su vez, se observó una sincronía en las frecuencias medias y bajas entre regiones, lo que nos permitió agrupar aquellas con la misma señal climática (Fig. 2).

La cuenca del Atlántico se caracterizó por presentar una variación de menor amplitud con respecto al resto de las regiones, con una clara influencia de la variación multidecadal del Atlántico norte (AMO, Fig. 2, Tabla 4) y en menor medida por el ENSO en la región del Caribe (Tabla 4). El ENSO es una fluctuación interanual en el Pacífico tropical-subtropical que afecta globalmente al sistema océano-atmósfera (Wang and Fiedler, 2006), por esa razón su señal puede estar presente en aguas del Atlántico.

Con respecto a la variación multidecadal presente en la región del Atlántico se observa claramente dos eventos de enfriamiento y tres de calentamiento (Fig. 2). Estas tendencias de largo plazo están relacionadas con la baja frecuencia del AMO (Tabla 4; Fig. 2) que es el modo de variabilidad multidecadal dominante en todo el Atlántico Norte, y es forzada por cambios en la circulación termohalina y tiene su principal expresión en la TSM (Enfield *et al.*, 2001).



Tabla 1: Latitud y longitud en grados de las regiones consideradas para el análisis.

Región	Latitud	Longitud
Golfo de México (GM)	18-26N	92-96W
Norte Península Yucatán (NPY)	20-24N	86-92W
Caribe (CAR)	14-20N	80-88W
Tehuantepec (THTP)	12-18N	90-100W
Pacífico Oriental Tropical (POT)	0-12N	86-100W
Cabo Corrientes (CBC)	18-22N	102-110W
Corriente de California sur (CCS)	22-26N	114-120W
Corriente de California norte (CCN)	28-32N	116-122W
Golfo de California (GC)	-	-

Tabla 2: Atributos ambientales y pesqueros de interés de las regiones seleccionadas (acrónimos ver Tabla 1).

Región	Ambiente	Pesquerías
CCN	Área con surgencias permanentes de la Corriente de California	Pelágicos menores
CCS	Área con surgencias estacionales de la Corriente de California	Pelágicos menores
GC	Área con surgencias estacionales y permanentes	Pelágicos menores, Camarón y Calamar
CBC	Corriente Costera Mexicana y giros de mesoescala	Huachinango
THTP	Área con surgencias estacionales	Camarón
POT	Área con surgencias ecuatoriales, y giros oceánicos de mesoescala	Atún
GM	Corrientes costeras, aportes dulceacuícolas de zonas costeras	camarón café
NPY	Giros oceánicos de mesoescala, y surgencias estacionales	Pulpo, camarón rosado,
	producción de zonas costeras por descargas dulceacuícolas	huachinango y mero
CAR	Corriente del Golfo, surgencia estacional	Camarón rojo

Tabla 3: Índices climáticos seleccionados para el presente estudio; el acrónimo del índice corresponde a su nombre en inglés.

Índice	Descripción	Referencia
SOI	Variabilidad atmosférica relacionada al ENSO en el Pacífico Sur-ecuatorial	Trenberth, 1984
PDO	Primer modo de variación oceánica sobre el Pacífico Norte	Mantua <i>et al.</i> , 1997
AMO	Variabilidad decadal de la TSM en el Pacífico Norte	Enfield <i>et al.</i> , 2001



Tabla 4: Coeficientes de correlación de Pearson entre las regiones e índices climáticos seleccionados; NC: correlación no significativa ($p > 0.05$); acrónimos ver tablas 2 y 3.

	GM	YUC	CAR	POT	CBC	CCS	CCN	GC	THTP
SOI	NC	NC	-0.3	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.5
PDO	NC	NC	NC	0.4	0.4	0.6	0.6	NC	0.3
AMO	0.5	0.6	0.7	NC	0.4	NC	NC	NC	0.5

En la cuenca del Pacífico se observan dos señales bien claras, la señal interanual del ENSO y lamultidecadal del Pacífico norte (PDO) o del régimen. Con un gradiente latitudinal inverso entre ambas, el PDO aumenta a medida que nos movemos hacia el norte mientras que el ENSO pierde influencia (Tabla 4).

Este gradiente latitudinal ya fue observado con anterioridad en aguas de la Corriente y Golfo de California (Lluch-Cota *et al.*, 2001; Lluch-Belda *et al.*, 2009), y es una consecuencia del origen de los patrones climáticos que afectan las aguas mexicanas. El ENSO con un origen ecuatorial y el PDO con un origen en latitudes intermedias y altas. A partir de estos resultados podemos dividir la región Pacífico en dos subregiones bien definidas: la Corriente de California y el Pacífico tropical cuyo límite norte sería la boca del Golfo de California.

En la Región del Pacífico Tropical domina ampliamente la variación interanual del ENSO, caracterizada por un calentamiento (El Niño) o enfriamiento (La Niña) anormal de las aguas a lo largo de la costas americanas (Fiedler, 2002). Mientras que, en la región de la Corriente de California domina la señal de la variación interanual del ENSO en las frecuencias medias (Tabla 4) y la multidecadal del PDO en la baja frecuencia (Fig. 2). Esta última descrita como una fluctuación de largo período que afecta principalmente el clima en el Pacífico norte y Norteamérica (Mantua *et al.*, 1997). En ese sentido, se pueden observar en la variación de baja frecuencia presente en la Corriente de California tres eventos de calentamiento y tres de enfriamiento relacionados con la variación del PDO (Fig. 2). La variación del ENSO suele sentirse a escala global, sin embargo, llama la atención que

solo aparecen bien marcados los eventos de El Niño de 1940-41, 1958-59 y 1997-98, mientras que los Niños de 1972-73 y 1982-83 (eventos fuertes en las costas sudamericanas) apenas se sintieron en la Corriente de California. Con los eventos de La Niña ocurre lo mismo, ya que en las últimas cuatro décadas se observan claramente los eventos de La Niña de 1975-76, 1998-99 y del 2010, mientras que durante La Niña de 1988-89 se observaron anomalías neutrales en la Corriente de California. En relación a lo anterior, se ha documentado que la intensidad de las condiciones del ENSO podría estar mediada por la variación de baja frecuencia del PDO (Mestas-Núñez and Miller, 2006).

En el Golfo de California domina claramente la señal interanual del ENSO (Tabla 4), el cual es considerado la influencia más importante sobre la variabilidad climática dentro del mismo, afectando a la temperatura superficial del mar y la productividad primaria (Bernal *et al.*, 2001; Lluch-Cota *et al.*, 2007). Con respecto a la variación de baja frecuencia, se observó una aparente sincronía con la observada en la Corriente de California (Fig. 3), sin embargo no presentó una correlación significativa con el PDO (Tabla 4). Aunque aún no está claro hasta qué punto la variación de baja frecuencia del PDO afecta la hidrografía del golfo (Lluch-Cota *et al.*, 2007), llama la atención la ausencia de una correlación significativa con la misma; ya que Lluch-Belda *et al.* (2009) observan una relación latitudinal simétrica con la variabilidad del PDO entre la costa peninsular del Pacífico y la costa peninsular del golfo, y sugieren un forzamiento



atmosférico latitudinal común debido al aislamiento oceánico entre ambas costas (que aumenta de sur a norte.

Figura 2: Series temporales de las anomalías de TSM ($^{\circ}\text{C}$) de las regiones seleccionadas e índices climáticos (acrónimos ver tablas 2 y 3); flechas: tendencias multidecadales de la TSM en el Pacífico Norte (gris oscuro) y Atlántico Norte (gris claro)

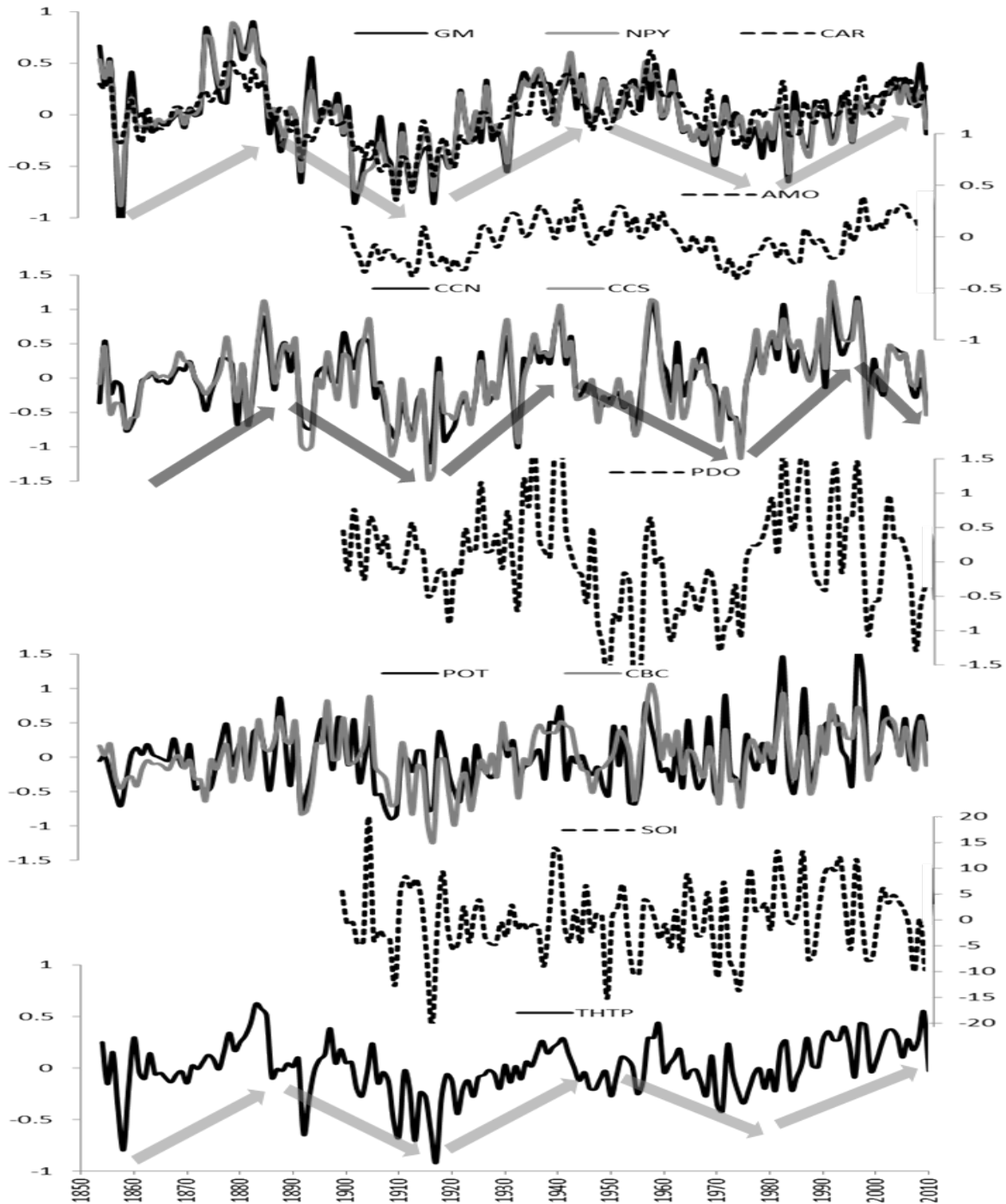




Figura 3: Series temporales de las anomalías de TSM (°C) del Golfo de California (GC) y de región sur de la Corriente de California (CCS).

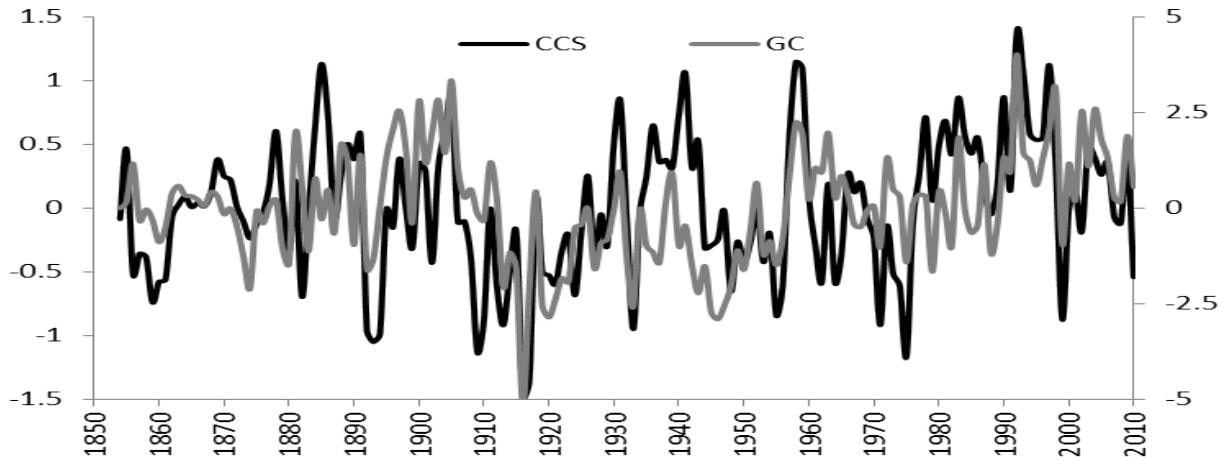
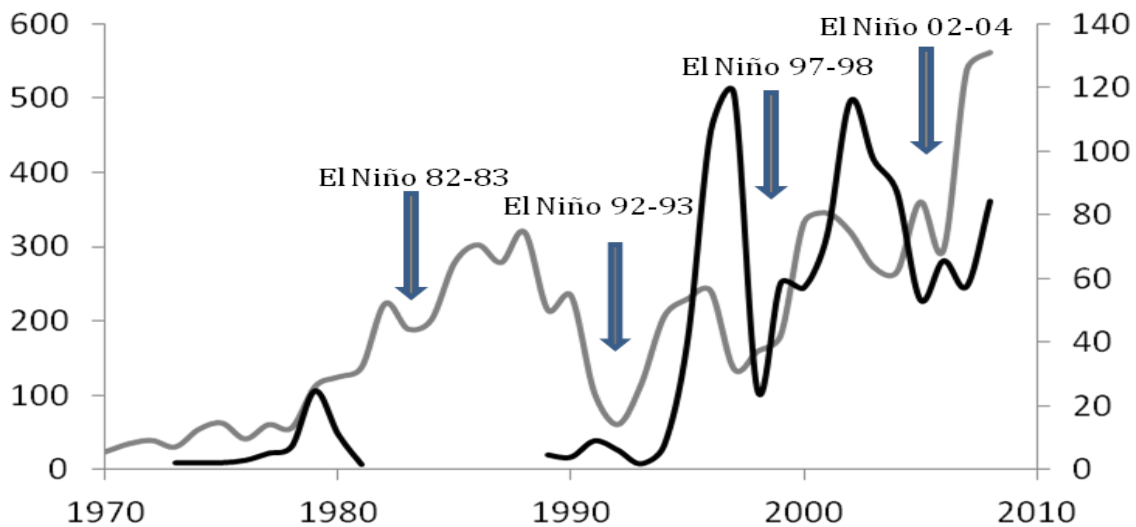


Figura 4: capturas anuales (miles de tons) de calamar gigante y sardina monterrey, las flechas señalan el efecto negativo sobre las capturas de los diferentes Niños ocurridos en las últimas 3 décadas.



Existe una tercera región en el área del Pacífico y es la comprendida por el Golfo de Tehuantepec, donde se mezclan las señales del Pacífico y del Atlántico (Tabla 4, Fig. 2). Esta particularidad del Golfo de Tehuantepec es debido a la acción de los vientos Tehuanos que soplan mayormente durante los meses fríos del año (octubre-mayo) como resultado de la combinación del movimiento hacia el sur de masas de aire frío (frentes fríos) sobre Norteamérica

y la presencia de un paso de baja altitud en el macizo montañoso próximo al Golfo de Tehuantepec (Amador et al., 2006). La particularidad de estos vientos es que transfieren rápidamente energía de la atmósfera al océano produciendo surgencias costeras y remolinos de mesoescala que atrapan, retienen y transportan nutrientes, materia orgánica y fitoplancton desde la



costa hacia el interior del Pacífico Oriental Tropical (Willett et al., 2006).

Efectos de la variabilidad climática en el ambiente marino

Variabilidad interanual del ENSO: Se ha observado que los cambios en la temperatura, estratificación y productividad del mar asociados con el fenómeno de El Niño afectan la supervivencia, reproducción y distribución de las poblaciones de organismos marinos, incluyendo a los depredadores tope (Balance et al., 2006). En aguas de la Corriente de California, la termoclina y la nutriclina se profundizan significativamente durante la fase Niño de esta oscilación, provocando la caída de la productividad primaria en los sistemas de surgencias estacionales, con un aumento en la temperatura superficial del mar, modificando la riqueza biológica y la distribución latitudinal de la fauna marina (Lluch-Belda et al., 2005).

En el Golfo de California, durante las condiciones de El Niño, la productividad primaria cae en el sureste, mientras que al centro-norte los efectos del ENSO son poco evidentes (Herrera-Cervantes et al., 2010). Por esta particularidad, la región de las grandes islas es considerada un refugio de fauna marina para esta región del Pacífico mexicano (Lluch-Belda et al., 2003). Con relación a los recursos pesqueros, la variación del ENSO es uno de los factores que más influye en las capturas de recursos masivos como calamares y sardinas, registrándose bajas capturas durante y después de un evento de El Niño y un aumento de las mismas durante y después de un evento de La Niña (Fig. 4), a su vez estos cambios en la productividad marina fuerza cambios en la distribución y reproducción de aves y mamíferos marinos, mediados por la disponibilidad de sus presas (Tershyet et al., 1991, Velarde et al., 2004, Salvadeo et al., 2011a). También se ha observado en el Golfo de Tehuantepec una estrecha relación entre los eventos fríos de La Niña y el crecimiento masivo de microalgas responsables de las mareas rojas tóxicas (Sánchez-Cabeza et al., 2012).

Variabilidad multidecadal del Pacífico Norte: Los cambios abruptos entre fases multidecadales son conocidas como cambios de régimen. El cambio de régimen mejor documentado en el Pacífico Norte fue el ocurrido a mediados de la década de los 1970s, con una fuerte señal en variables físicas y biológicas, incluyendo productividad primaria, biomasa y distribución de las poblaciones de sardinas, anchovetas, salmones y calamares (Lluch-Belda et al., 1989; Ebbesmeyer et al., 1991; Mantua et al., 1997; Salvadeo et al., 2011b). Estos cambios impactan las redes tróficas marinas y en última instancia afectan la distribución y la supervivencia de grandes pelágicos como aves y mamíferos marinos a lo largo de la costa de México, Estados Unidos y Canadá (Trites et al., 2007; Salvadeo et al., 2011b, Salvadeo, 2012).

La importancia de variabilidad de media y baja frecuencia en los pronósticos climáticos de largo plazo.

A pesar de los antecedentes expuestos, es evidente la necesidad de avanzar en el conocimiento y entendimiento de las variaciones en la abundancia y disponibilidad de los recursos marinos debido a la variabilidad climática en general y en particular la de media y baja frecuencia.

La importancia de estos ciclos es que ofrecen una posibilidad de pronóstico a largo plazo (ej. Lluch-Belda et al., 2012; Saldivar-Lucio et al., 2012), con escalas de variación acorde con la escala política del país (sexenal) y generacional humana (multidecadal), que los hace particularmente útiles para la planeación de actividades económicas y sociales que permitan un adecuado manejo de los recursos marinos.

Resalta la importancia potencial de tal capacidad, trascendiendo por mucho su relevancia a únicamente la planeación adecuada de la explotación de recursos marinos. Como ejemplo, cabe mencionar las evidencias encontradas sobre las modificaciones de los patrones de lluvia en algunas áreas del noroeste forzadas por la variación climática en sus diversas escalas y el pronóstico temprano de la sequía que azotó el noroeste mexicano en los últimos años (ej. Brito-Castillo et al., 2002). Otro ejemplo serían los efectos esperados (Salvadeo et al., 2011b; Lluch-Belda et al., 2012), pronosticados (Saldivar-Lucio et al., 2012) y observados (El Sudcaliforniano, 2013) de la variación multidecadal del régimen en la pesquería de sardina en el noroeste mexicano.



Con respecto al calentamiento global observado en los últimos 150 años, no se sabe en qué medida la variación natural determina la magnitud de la tendencia de largo plazo, atenuando o acrecentando sus efectos a escala regional. Por estos motivos son necesarios trabajos de este tipo, que integren la evidencia y el conocimiento existentes, para poner a prueba y generar nuevas hipótesis y pronósticos, que permitan una planeación más eficaz de las políticas públicas hacia el manejo y conservación de los recursos naturales.

Agradecimientos

A las instituciones públicas (CICIMAR-IPN y UABCS) que apoyan día a día la labor de estudiantes y académicos. A los organismos del estado (CONACYT, SAGRAPA e INE) que prestaron apoyo financiero para llevar a cabo los proyectos de investigación que sustentan el siguiente capítulo. El Dr. Emilio Beier (CICESE) por su apoyo en el análisis de funciones empíricas ortogonales.

Referencias

1. Amador J. A., Alfaro E. J., Lizano O. G. & V. O. Magaña. 2006. Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 101–142.
2. Ballance L. T., Pitman R. L. & P. C. Fiedler. 2006. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 360–390.
3. Bernal, G., Ripa, P. & J. C. Reguera. 2001. Oceanographic and climatic variability in the lower Gulf of California: links with the tropics and North Pacific. *Ciencias Marinas* 27(4): 595–617.
4. Bjornsson H. & S. A. Venegas. 1997. A manual for EOF and SVD analyses of climate data. McGill University, CCGCR Report No. 97-1, Montréal, Québec, 52pp.
5. Brito-Castillo L., A. Leyva-Contreras, A. V. Douglas, & D. Lluch-Belda, 2002. Pacific decadal oscillation and the filled capacity of dams on the rivers of the Gulf of California continental watershed. *Atmósfera*, 15(2): 121-138.
6. Ebbesmeyer, C. C., Cayan, D. R., McLain, D. R., Nichols, F. H., Peterson, D. H. & K. T. Redmond. 1991. 1976 step in the Pacific climate: forty environmental changes between 1968-1975 and 1977-1984.

- Seventh annual Pacific climate workshop (PACLIM), Asilomar, California, USA, April 1990.
7. El Sudcaliforniano. 2013. Sección: Notas La Paz, <http://www.oem.com.mx/elsudcaliforniano/notas/n2859117.htm>, fecha de acceso: 28 enero del 2013.
 8. Enfield, D.B., A. M. Mestas-Nunez & P.J. Trimble, 2001: The Atlantic multidecadal oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental U.S. *Geophysical Research Letters* 28: 2077-2080.
 9. Fiedler, P. C. 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal. *Marine Ecology Progress Series*. 244: 265–283.
 10. Herrera-Cervantes H., Lluch-Cota S., Lluch-Cota D., Gutiérrez de Velazco San Román & D. Lluch-Belda. 2010. Enso influence on satellite-derived Chlorophyll trends in the Gulf of California. *Atmósfera* 23(3): 253-262.
 11. Lluch-Belda, D., Crawford, R.J.M., Kawasaki, T., MacCall, A.D., Parrish, R.H., Schwartzlose R.A & P.E. Smith. 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: The regime problem. *South African Journal of Marine Science* 8: 195-205.
 12. Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. & S. Lluch-Cota. 2003. Baja California's Biological Transition Zones: Refuges for the California Sardine. *Journal of Oceanography* 59: 503 - 513.
 13. Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D.B. & S.E. Lluch-Cota. 2005. Changes in marine faunal distributions and ENSO events in the California Current. *Fisheries Oceanography*. 14 (6): 458–467.
 14. Lluch-Belda, D., Del Monte-Luna P. & S. Lluch-Cota. 2009. 20TH century variability in the Gulf of California SST. *CalCOFI Rep.* 50: 147-154.
 15. Lluch-Belda, D., Ponce-Díaz, G., Castro-Ortiz, J., Gómez-Muñoz V., Villalobos-Ortiz, H., Ortega-García, S., Monte-Luna, P., Rodríguez-Sánchez, R., Hernández-Trejo, V., Saldívar-Lucio, R., Salvadeo, C., Zepeda-Domínguez, J., Almendárez-Hernández L. & Dalila-Gómez, I. 2012. Pesca. Informe técnico interno del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur. 36 pp.



16. Lluch-Cota, D.B., W.S. Wooster & S.R. Hare. 2001. Sea surface temperature variability in coastal areas of the Northeastern Pacific related to the El Niño-Southern Oscillation and Pacific Decadal Oscillation. *Geophysical Research Letters*. 28 (10): 2029-2032.
17. Lluch-Cota, S., Aragón-Noriega, E. A., Arreguín-Sánchez, F., Aurióles-Gamboa, D., Bautista-Romero, J., Brusca, R. C., Cervantes-Duarte, R., Cortés-Altamirano, R., Del-Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Fernández, G., Hendrickx, M. E., Hernández-Vázquez, S., Herrera-Cervantes, H., Kahru, M., Lavín, M., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. B., López-Martínez, J., Marinone, S.G., Nevárez-Martínez, M. O., Ortega-García, S., Palacios-Castro, E., Parés-Sierra, E., Ponce-Díaz, G., Ramírez-Rodríguez, M., Salinas-Zavala, C. A., Schwartzlose, R. A. & A. P. Sierra-Beltrán. 2007. The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography* 73: 1–26.
18. Mantua, N. J., S. R. Hare, Y. Zhang, J. M. Wallace & R. C. Francis. 1997. A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. *Bulletin of the American Meteorological Society* 78: 1069-1079.
19. Mestas-Núñez A. M. & A. J. Miller. 2006. Interdecadal variability and climate change in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 267-284.
20. Ripa, P. 2002. Least squares data fitting. *Ciencias Marinas* 28(1): 79-105.
21. Saldivar-Lucio R., Salvadeo C.J., Lluch-Belda D. & Villalobos-Ortiz H. 2012. Proyecciones de las capturas de sardina monterrey en la costa occidental de Baja California y el Golfo de California. 2° Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, 15 al 19 de octubre de 2012, Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM).
22. Salvadeo C., Flores-Ramírez S, Gómez-Gallardo A, MacLeod CD, Lluch-Belda D, Jaime-Schinkel S & J Urbán-Ramírez. 2011a. Bryde's whale (*Balaenoptera aedeni*) in the southern Gulf of California: relationship with climate and prey availability. *Ciencias Marinas* 37(2): 215-225.
23. Salvadeo C., Daniel Lluch-Belda, Salvador Lluch-Cota & Milena Mercuri. 2011b. Review of Long term macro-fauna movement by multi-decadal warming trends in the Northeastern Pacific. *Climate Change-Geophysical Foundations and Ecological Effects*, ISBN 978-953-307-419-1
24. Salvadeo C. 2012. Variabilidad climática de gran escala y sus efectos ecológicos en el Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, México. 70 pp.
25. Sánchez-Cabeza J. A., Ruiz-Fernández A. C., de Vernal A. & M. L. Machain-Castillo. 2012. Reconstruction of Pyrodinium Blooms in the Tropical East Pacific (Mexico): Are They Related to ENSO? *Environmental Science and Technology* 46(12): 6830-6834.
26. Tershy B. R., Breese D. & S. Alvarez-Borrego. 1991. Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. *Marine Ecology Progress Series* 69: 299–302.
27. Trenberth, K. E. 1984. Signal versus Noise in the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* 112:326-332.
28. Trites, A. W., Deecke, V. B., Gregr, E. J., Ford, J. K. B. & P. F. Olesiuk. 2007. Killer whales, whaling and sequential megafaunal collapse in the North Pacific: a comparative analysis of dynamics of marine mammals in Alaska and British Columbia following commercial whaling. *Marine Mammal Science* 23: 751-765.
29. Velarde E., Ezcurra E., Cisneros-Mata A. & M. F. Lavín. 2004. Seabird ecology, El Niño anomalies, and prediction of sardine fisheries in the Gulf of California. *Ecological Applications* 14: 607–615.
30. Venegas S. A. 2001. Statistical methods for signal detection in climate. *Danish Center for Earth System Science Report No. 2*. 96 pp.
31. Wang, C. & P. C. Fiedler. 2006. ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 239–266.
32. Willett, C.S., Leben, R.R. & M.F. Lavín. 2006. Eddies and Tropical Instability Waves in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 218–238.



Temas relevantes de ser investigados

1. Ciclos naturales de variación climática: origen, sincronías e interacción entre las diferentes escalas de variación temporal (interanual y multidecadal) y espacial (global y regional).
2. Efectos de la variación natural sobre los recursos naturales a escala regional y local.
3. Interacción entre la variación climática natural y la tendencia de calentamiento global de los últimos 150 años, implicaciones regionales y locales.
4. Modelación y predicción de la variabilidad climática y la disponibilidad de los recursos naturales.
5. Efectos políticos-sociales de la variación climática en el pasado.
6. Mecanismos políticos-sociales que agilicen un adecuado manejo de los recursos naturales ante un mundo en continuo cambio.



El efecto del huracán juliette sobre las comunidades algales marinas del complejo insular del espíritu santo en la bahía de La Paz, Baja California Sur, México

Ignacio Sánchez Rodríguez, Margarita Casas Valdez y Alberto Sánchez

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas –IPN, La Paz, B.C.S., México.

Emails: isrnacho@hotmail.com, isanchez@ipn.mx

Resumen

El complejo insular del Espíritu Santo está ubicado en el Golfo de California. Presenta una alta biodiversidad de especies marinas, como las macroalgas, que juegan un papel importante tanto en la ecología marina como en la utilización de los recursos. Antecedentes previos reportan un elenco de 116 especies de macroalgas a lo largo del litoral rocoso del complejo insular. En Septiembre del 2001, el huracán Juliette de categoría IV (viento > 150 Km h⁻¹) mantuvo una trayectoria con rumbo Oeste-Noroeste. El objetivo del presente trabajo fue estimar el efecto del paso de este gran huracán en la comunidad algal del complejo lagunar. Se realizaron muestreos estacionales en diez sitios de la costa intermareal rocosa del complejo insular durante los meses octubre (otoño) del 2001, febrero (invierno), abril (primavera) y junio (verano) del 2002. Después de este fenómeno meteorológico, las comunidades algales desaparecieron parcialmente de la zona costera del complejo insular. La evaluación de las muestras indica la presencia de 34 especies: (1) 13 pertenecen a la división Rhodophyta; (2) 11 a la Phaeophyta; y (3) 10 a la Chlorophyta. Las familias mejor representadas fueron: Corallinaceae de la división Rhodophyta con 3 especies, de la Phaeophyta fue Dictyotaceae con 8 especies, y de la Chlorophyta fue Codiaceae con 4 especies. Estos resultados confirman el efecto del huracán Juliette (fuertes lluvias y oleaje) sobre las comunidades de macroalgas al registrar un decremento significativo en el número de especies. Se discute el impacto de los huracanes en el contexto del calentamiento global.

Introducción

Los huracanes son fuerzas naturales que reestructuran parcial y temporalmente las comunidades marinas cercanas a la costa, debido a los vientos intensos, el oleaje extremo, las lluvias torrenciales y la marea de tormenta (Fourqurean y

Rutten 2004). Los huracanes y las tormentas tropicales han incrementado en frecuencia e intensidad y el pronóstico es que continúe en ascenso en las próximas décadas (Webster et al., 2005). La región sur del Golfo de California, al igual que el Pacífico y Caribe mexicano, y Golfo de México, están sujetas a estos eventos climáticos extremos. En Septiembre del 2001, el huracán Juliette (categoría IV) mantuvo una trayectoria con rumbo Oeste-Noroeste, alcanzando vientos máximos y rachas de 150 km hr⁻¹ afectando considerablemente la región sur del Golfo de California. La ocurrencia de este evento climático extremo de categoría IV permitió evaluar los efectos ocasionados en la comunidad de macroalgas del complejo insular del Espíritu Santo, en el sur del Golfo de California.

La alta diversidad de especies marinas entre las que se encuentran las macroalgas, juegan un papel importante en la ecología del complejo insular, el cual es fuertemente afectado por eventos climáticos y oceanográficos locales y regionales. El elenco florístico en el complejo insular fue estimado en 116 especies de macroalgas hasta octubre de 1991 (Paul-Chavez y Riosmena-Rodríguez, 2000). Después de este estudio, no se había realizado un seguimiento de la riqueza específica de macroalgas. Sobre la base de este antecedente, el objetivo del presente trabajo fue establecer cambios y estimar la nueva riqueza específica de las macroalgas a lo largo de un ciclo anual de muestreo, posterior al paso del huracán Juliette. De esta forma se establecer antecedentes sobre la serie de eventos ligados a eventos extremos, como los huracanes que el pronóstico es en mayor número e intensidad en las siguientes décadas.

Materiales y métodos

Los muestreos se realizaron estacionalmente durante octubre (otoño) del 2001, febrero (invierno),



abril (primavera) y junio (verano) del 2002; en nueve localidades de las Islas Espíritu Santo y La Partida: 1) Punta Bonanza, 2) Pailebote, 3) El Manchón, 4) El Islote, 5) El Cardoncito, 6) El Gallo, 7) Puerto Ballena, 8) Punta Colorada y 9) Punta Dispensa (Fig. 1). La colecta de las macroalgas se realizó por buceo libre o autónomo. En cada localidad se realizó un transecto de 200 m de longitud, perpendicular a la línea de costa. A lo largo del transecto se recolectaron diferentes especies de algas. Las macroalgas fueron preservadas en formaldehído al 4% con agua de mar. Las muestras colectadas fueron procesadas en el laboratorio de Macroalgas del CICIMAR. En la determinación taxonómica de las especies se emplearon las claves de identificación de Setchell y Gardner (1924), Taylor (1945), Abbott y Hollenberg (1976) y Norris y Johansen (1981). La actualización de la nomenclatura se realizó de acuerdo a Guiry et al. (2005). Se obtuvo el listado florístico y la variación espacio-temporal de las especies de macroalgas presentes en las estaciones de muestreo.

número se registró en la localidad de Punta Colorada (Fig. 2).

Figura 1. Localización de los sitios de muestreo de las macroalgas en el complejo insular del Espíritu Santo, Bahía de La Paz, Baja California Sur.



Resultados

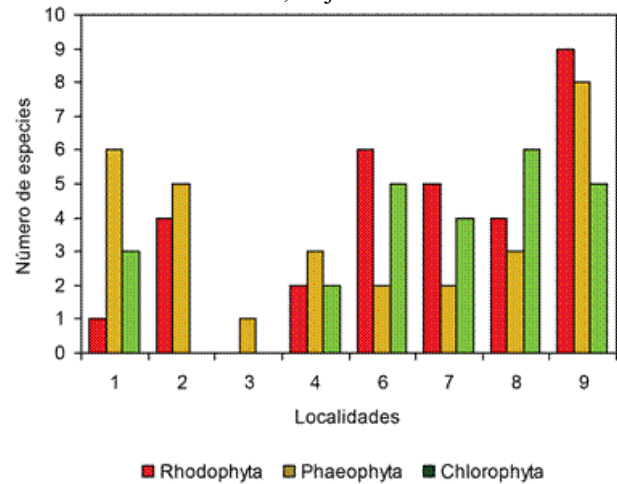
Elenco sistemático

Se identificaron un total de 34 especies, de las cuales 13 pertenecen a la división Rhodophyta, 11 a la Phaeophyta y 10 a la Chlorophyta. Las familias mejor representadas en la división Rhodophyta fueron Corallinaceae (3 especies), de la Phaeophyta fue Dictyotaceae (8 especies), mientras que de la Chlorophyta fue Codiaceae (4 especies) (Tabla 1).

Variación espacio-temporal

La localidad de Punta Dispensa (9) tuvo el mayor número de especies de macroalgas con 22, mientras que la menor riqueza específica con una sola especie se presentó en la localidad de El Manchón (3). La ausencia de macroalgas en la localidad, El Cardoncito (5) fue notable durante el periodo de muestreo. Las especies *Sargassum sinicola*, *Ulva lactuca* y *Colpomenia tuberculata* tuvieron la más amplia distribución, estando presentes en cinco o seis de las nueve localidades del área de estudio. Las especies con menor distribución fueron *Asparagopsis taxiformis*, *Padina* spp. y *Rhizoclonium riparium* las cuales sólo se registraron en las localidades de El Manchón (3), Punta Colorada (8) y Punta Dispensa (9), respectivamente. El mayor número de algas rojas y pardas se presentó en la localidad de Punta Dispensa, y en el caso de las algas verdes, el mayor

Figura 2. Número de especies por división para cada localidad en el complejo insular del Espíritu Santo, Bahía de La Paz, Baja California Sur.



La riqueza específica presentó un ciclo estacional, la ausencia de macroalgas fue notable durante otoño del 2001, mientras que en la primavera del 2002 se presentó la mayor riqueza de especies (Fig. 3, Tabla 1).



Tabla 1. Variación espacio-temporal de la ficoflora del complejo insular del Espíritu Santo (2001-2002). Localidad: 1. Punta Bonanza, 2. Pailebote, 3. El Manchón, 4. El Islote, 5. El Cardoncito, 6. El Gallo, 7. Puerto Ballena, 8. Punta Colorada, 9. Punta Dispensa. Época del año: O=otoño, I=invierno, P=primavera, V=verano.

Especies	Localidades								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RHODOPHYTA									
<i>Amphiroa sp.</i>						I	I	PV	P
<i>Asparagopsis taxiformis</i>									PV
<i>Corallina sp.</i>							I	I	
<i>Gracilaria sp.</i>									V
<i>Gelidiopsis tenuis</i>							IP		
<i>Gigartina sp.</i>									P
<i>Hypnea johnstonii</i>	V	P				I			I
<i>Hypnea valentiae</i>				I		I	V	I	
<i>Jania sp.</i>									P
<i>Polysiphonia mollis</i>		V				I	V		
<i>Pterocladia capillacea</i>		V						P	P
<i>Spyridia filamentosa</i>						I			I
<i>Tricleocarpa fragilis</i>		V		I		P			IV
PHAEOPHYTA									
<i>Colpomenia tuberculata</i>	P	P				P	P	P	
<i>Dictyota bartayresiana</i>									I
<i>Dictyota ciliolata</i>									I
<i>Dictyota divaricata</i>	P	P		V					PV
<i>Dictyota flabellata</i>		P							IP
<i>Dictyota sp.</i>	P							P	P
<i>Hydroclathrus clathratus</i>							IV		
<i>Padina concrescens</i>	V			V		P			P
<i>Padina durvillaei</i>	V	V							V
<i>Padina sp.</i>			V						
<i>Sargassum sinicola</i>	V	V		V		P		V	PV
CHLOROPHYTA									
<i>Acetabularia sp.</i>						V		V	
<i>Caulerpa racemosa</i>				I		V	IV	I	PV
<i>Caulerpa sertularioides</i>						I		I	
<i>Codium cuneatum</i>							P		P
<i>Codium fragile</i>	V					PV		P	
<i>Codium johnstonei</i>	V						PV		
<i>Collinsiella tuberculata</i>									P
<i>Halimeda discoidea</i>									P
<i>Rhizoclonium sp.</i>								P	
<i>Ulva lactuca</i>	V			I		IP	IPV	PV	IPV



Durante el invierno se identificaron 15 especies, de las cuales 8 pertenecen a la División Rhodophyta, 4 a la Phaeophyta y 3 a la Chlorophyta. Las localidades con la mayor riqueza específica fueron El Gallo y Punta Dispensa. En Punta Bonanza, Pailebote y El Manchón no se presentaron especies de macroalgas (Fig. 4). Para la primavera se registraron 22 especies, de las cuales 8 pertenecen a la Rhodophyta, 6 a la Phaeophyta y 8 a la Chlorophyta. Punta Dispensa fue nuevamente la localidad que presentó la mayor riqueza específica (Fig. 4). En verano se presentaron 19 especies, siendo 8 de Rhodophyta, 6 de Phaeophyta y 5 de Chlorophyta. El mayor número de algas se presentó en esta época del año en Punta Bonanza y Punta Dispensa (Fig. 4).

Discusión

Los complejos insulares del Golfo de California, como Espíritu Santo, son sistemas dinámicos fuertemente influenciados por las condiciones oceanográficas locales (Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez, 2000), regionales (Aguíñiga et al., 2010) y por eventos extremos de origen tropical. Las condiciones oceanográficas en diferente escala temporal limitan la riqueza específica y abundancia de las macroalgas (Scrosati, 2001; Martínez et al., 2012). En el complejo insular del Espíritu Santo se han reportado 116 especies de macroalgas (Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez, 2000; Chávez-Sánchez, 2012). La riqueza específica de las macroalgas en este complejo insular tiene una marcada correspondencia con las condiciones cálidas (julio-diciembre) y frías (enero-junio). En la época fría, el número de especies de macroalgas es ~80 y en la época cálida, la riqueza específica presenta un mínimo de ~40 especies de macroalgas (Chávez-Sánchez, 2012).

Esto representa un decremento en el elenco macroalgal de 50% derivado del cambio de la temperatura del océano superficial entre la época cálida y la época fría. Si bien, los eventos climáticos de El Niño y las altas temperaturas de la época cálida en el Golfo de California ocasionan una disminución significativa en la riqueza específica de macroalgas (Scrosati, 2001), no se había documentado la completa ausencia de macroalgas, al menos, en el complejo insular como la ocurrida en octubre de 2001 (4 días posteriores al paso del huracán Juliette).

La riqueza específica de macroalgas reportada en octubre de 1990 y 1991 fue dominada por algas rojas con presencia de algas rojas y café (sin precisar su número absoluto; Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez, 2000). Posterior al paso del huracán Juliette, en octubre de 2005 y 2006 fueron reportadas ~40 especies de macroalgas alcanzando un máximo de ~60 especies en octubre 2007 (Chavez-Sanchez, 2012). Esto sugiere que al menos pasaron 4 años para que la riqueza específica de macroalgas en la época cálida alcanzara el mismo número de especies en el complejo insular.

En la primavera del 2002 se tuvo un máximo de 22 especies, esto representa el 28% de la riqueza específica de macroalgas reportada anteriormente en el complejo insular (~80 especies en el mismo periodo; Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez, 2000; Chavez-Sánchez, 2012).

El elenco florístico de macroalgas total fue de 34 especies en el periodo de octubre de 2001 a junio de 2002 en el complejo insular del Espíritu Santo. Previamente, Paul-Chávez y Riosmena-Rodríguez (2000) reportaron un elenco de 116 especies de macroalgas en 1991 (85 fueron catalogadas entre 1990 y 1991 y 69 especies reportadas de la literatura) para el complejo insular.

Considerando las 116 especies reportadas para el complejo insular, el elenco de macroalgas tuvo una reducción del 100% en octubre de 2001 y de 81% en primavera de 2002 y estos elencos de macroalgas se recuperaron en 2005.

Figura 3. Variación estacional de la riqueza específica de la ficoflora en el complejo insular del Espíritu Santo, Bahía de La Paz, Baja California Sur.

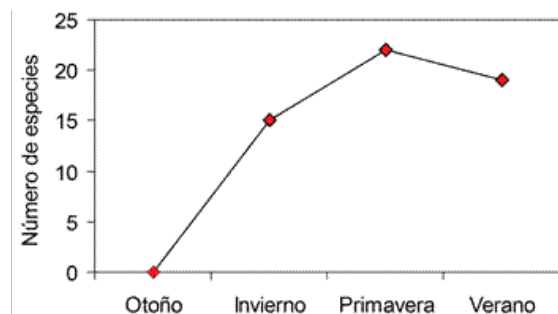
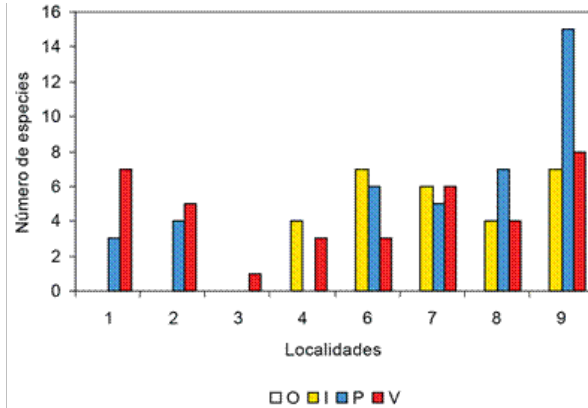




Figura 4. Variación espacial y temporal de la ficoflora en el complejo insular del Espíritu Santo, Bahía de La Paz, Baja California Sur.



La pérdida de sustrato rocoso ocasionada por la erosión derivada de las intensas lluvias y las fuertes marejadas, aunado al relleno por material clástico (sedimento) redujo la posibilidad de la fijación de nuevos gametos (octubre de 2001) y la recolonización de especies de macroalgas afines a sustratos rocosos fue evidente hasta la primavera del 2002. Menéndez y Tamayo (2002) indicaron que después de tormentas extraordinarias (huracán Norberto en 2008) algunas plantas sobreviven (resistencia), otras se recuperan rápidamente (resiliencia) y otras requieren mucho tiempo (i.e., años) para volver a colonizar su hábitat. Esto sugiere que la comunidad de macroalgas del complejo insular, aunque cambia drásticamente, las macroalgas con mayor resistencia y resiliencia recolonizaron los sustratos rocosos en los primeros meses después del paso huracán Juliette.

La frecuencia e intensidad de los huracanes y las tormentas tropicales es, sugerido, que está en ascenso en las próximas décadas. La intensificación de estos eventos extremos está relacionada con el calentamiento global del planeta, lo que ha extendido desfavorablemente las épocas cálidas sobre las épocas frías en muchas regiones del planeta (Webster et al., 2005). Esto en conjunto puede ocasionar que la recuperación de los elencos de macroalgas sea de más largo periodo a los reportados en el presente trabajo, que fue establecido al menos de 3 a 4 años. Lo que indudablemente impactará

no solamente a las comunidades macroalgales, sino a las especies marinas que estén en asociación con este recurso marino.

Conclusiones

Los efectos ocasionados por el huracán Juliette (categoría IV; viento > 150 Km h⁻¹) fueron evidentes con la ausencia de macroalgas en octubre de 2001. El elenco ficoflora sumó en total 34 especies de macroalgas (febrero a junio de 2002), lo que representa el 29% de las especies de macroalgas reportadas en el complejo insular del Espíritu Santo. La recuperación del número de especies de macroalgas fue establecido al menos en 3 o 4 años después del paso del huracán Juliette.

Fuentes de consulta

1. Abbott IA, Hollenber GJ. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press, Stanford California, 827 pp.
2. Aguiñiga S, Sánchez A, Silverberg N. 2010. Temporal variations of C, N, $\delta^{13}C$, and $\delta^{15}N$ in organic matter collected by a sediment trap at Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, SW Gulf of California. Cont. Shelf Res. 30: 1692-1700.
3. Chávez-Sánchez T. 2012. Macroalgas en el arrecife del Canal de San Lorenzo BCS después del impacto del buque Lázaro Cárdenas II y el huracán Juliette. En: Pérez-Ramírez M, Lluch-Cota SE (eds.), Biodiversidad y vulnerabilidad de ecosistemas costeros en Baja California Sur. Aportaciones de estudiantes de grado, posgrado y posdoctorado 2008-2012. CIBNOR, La Paz, Mexico, pp. 297-309.
4. Fourqurean JW, Rutten LM. 2004. The impact of Hurricane Georges on soft-bottom, back reef communities: site and species-specific effects in south Florida seagrass beds. Bull. Mar. Sci. 75: 239-257.
5. Guiry MD, Rindi F, Guiry GM. 2005. Algae Base version 4.0. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway, available at <http://www.algaebase.org>.
6. Martínez B, Viejo RM, Carreño F, Aranda S C. 2012. Habitat distribution models for intertidal seaweeds: responses to climatic and non-climatic drivers. J. Biogeogr. 39:1877-1890.
7. Menéndez M, Tamayo R. 2002. Efecto del huracán Iván en la península de



Guanahacabibes, Cuba. Suplemento Científico Técnico EN RED. La Habana. Cuba www.jrebeldede.cu/secciones/en-red/nov-I-2004/ivan.htm

8. Norris JN, Johansen HW. 1981. Articulated corallina algae of the Gulf of California, México, I: Amphiroa Lamouroux. *Smiths-Contrib. Mar. Sci.* 9: 1-29.
9. Paul-Chávez L, Riosmena-Rodríguez R. 2000. Floristic and biogeography in seaweed assemblages from a subtropical insular complex in Northwestern Mexico. *Pac. Sci.* 54: 137-147.
10. Scrosati R. 2001. Population dynamics of *Caulerpa sertularioides* (Chlorophyta: Bryopsidales) from Baja California, Mexico, during El Niño and La Niña years. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 81: 721-726.
11. Setchell WA, Gardner NL. 1924. Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921. *Proc. Calif. Acad. Sci.* 12: 695-949.
12. Taylor WR. 1945. Pacific marine algae of the Allan Hancock expeditions to the Galapagos Islands. *All. Hanc. Pac. Exp.* 12:1-528.
13. Webster PJ, Holland GJ, Curry JA, Chang HR. 2005. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Sci.* 309: 1844-1846.

Temas de investigación en el contexto de cambio climático:

1. Pronóstico de la frecuencia e intensidad de las tormentas de origen tropical
2. Cambio en el sustrato por efectos de tormentas tropicales y su importancia en las comunidades bentónicas de las macroalgas
3. Condiciones oceanográficas de corto periodo en relación con los evento de El Niño – La Niña y la riqueza específica de las macroalgas
4. Incremento en el nivel del mar y su efecto en las comunidades bentónicas de las macroalgas
5. El calentamiento global y las comunidades bentónicas de las macroalgas



Implicaciones del cambio climático a la salud pública con énfasis en Sinaloa, México

Martín F. Soto Jiménez

Unidad Académica Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
E-mail: martin@ola.icmyl.unam.mx

Resumen

El cambio climático (CC) influye sobre los ecosistemas y afecta a todos los seres vivos, incluyendo al ser humano. Por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, México es un país muy vulnerable al CC. En particular, la población que vive en las zonas costeras, en las serranías y en las megaciudades, o que depende básicamente de actividades primarias, y/o que vive en regiones con sobreexplotación de recursos naturales o con contaminación ambiental. Entre las interacciones del CC y la salud pública se encuentran: los cambios en mortalidad con el aumento de la temperatura y las ondas de calor asociadas; el aumento de la contaminación atmosférica; mayores índices de lesiones y de muerte debido a fenómenos meteorológicos extremos e incendios; incrementos en las enfermedades transmitidas por alimentos y agua, y las transmitidas por vectores infecciosos; desnutrición como consecuencia de pérdidas en la producción agrícola; desplazamiento de poblaciones, violencia, desórdenes mentales e incrementos en el riesgo de conflictos civiles por competición de los recursos. Los niños, ancianos y mujeres viviendo en pobreza, son particularmente vulnerables a tales efectos. Aunque la precisa magnitud de los efectos a la salud pública necesita ser evaluada, urge tomar acciones inmediatas para reducir las emisiones de los GEI, y poner en marcha planes de adaptación al CC para mitigar sus efectos. La reciente aprobación de la Ley de Cambio Climático en México es un gran paso, pero su cumplimiento todo un desafío.

Introducción

Hoy en día existe suficiente evidencia científica que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), están provocando el calentamiento del planeta y este a su vez un cambio climático (CC) a escala global. El CC está teniendo influencia sobre los ecosistemas terrestres y marinos, y afectando a todos los seres vivos,

incluyendo al ser humano. México que contribuye con alrededor del 1.6% de las emisiones de GEI (430 millones de toneladas de CO₂ al año), es un país altamente vulnerable a los efectos adversos del CC debido a su situación geográfica y sus características socioeconómicas (CICC, 2009). Un 15% del territorio nacional, un 68.2% de la población y un 71% del producto interno bruto es vulnerable al CC en México (UNISDR, 2009). En particular, la población que vive en las zonas costeras y en las megaciudades, o que depende básicamente de actividades primarias (p.ej. agricultura, crianza de animales, pesca, turismo), y/o que vive en regiones con sobreexplotación de recursos naturales (p.ej. carencia de agua, sobrepesca, desertificación de suelos) o enfrentando problemas de contaminación ambiental.

Efectos del CC a la salud pública

El CC está desacelerando, deteniendo o incluso retrocediendo el progreso alcanzado en salud pública en muchas regiones de mundo resurgiendo la amenaza de enfermedades ya controladas o vencidas (WHO, 2009). Entre algunas de las potenciales afectaciones del CC a la salud pública se encuentran: los cambios en las tasas de mortalidad con el aumento de la temperatura (5-7°C o más) y las ondas de calor asociadas (p.ej. enfermedades cardiovasculares y respiratorias); el aumento de la contaminación atmosférica (p.ej. ozono, polen y otros aero-alérgicos) y sus efectos a salud (p.ej. síntomas alérgicos y asma); índices más altos de lesiones y de muerte debido a fenómenos meteorológicos extremos (p.ej. sequías, tormentas, huracanes y precipitaciones extremas) e incendios; incrementos en las enfermedades transmitidas por alimentos y agua (p.ej. cólera, diarreas, salmonelosis, estafilococos, hepatitis A) y parasitarias (p.ej. *Giardia*, *Cryptosporidium*) debido a las altas temperaturas y a la falta de agua o por su contaminación con material fecal en eventos de inundaciones; aumento de las enfermedades transmitidas por vectores infecciosos como



mosquitos (p.ej. dengue, virus del Nilo), garrapatas (encefalitis) y por roedores (hantavirus); desnutrición por carencia de alimentos como consecuencia de pérdidas en la producción agrícola por sequías, heladas, o inundaciones, y por la gradual disminución de las reservas de agua dulce y salinización de suelos por aumento del nivel del mar, y por el incremento en la incidencia de plagas en cultivos; desplazamiento de poblaciones resultando en transmisión de enfermedades y mayor presión ambiental y social en las regiones de destino; violencia, desórdenes mentales (depresión) e incrementos en el riesgo de conflictos civiles por competencia de los recursos. Este catálogo de efectos a la salud pública atribuibles al CC afecta a todos, pero en especial a los sectores de la población con carencia preexistente de servicios urbanos y de salud, y muy particularmente a los niños, ancianos y mujeres viviendo en pobreza.

Los efectos del cambio climático en Sinaloa

El CC es un fenómeno global pero lidiar con los efectos sobre los ecosistemas, a la economía y salud pública de las poblaciones, es del ámbito local. Además de la magnitud y velocidad en que ocurra la variabilidad climática y los fenómenos extremos (e.g. lluvias torrenciales que resultan en inundaciones, inviernos más fríos y veranos más cálidos generando ondas de calor), el nivel de susceptibilidad a los efectos adversos provocados por el CC está en función de la capacidad de adaptación desarrollada. Los efectos de estos procesos se intensifican por las desigualdades socioeconómicas y regionales y por la persistente presencia de condiciones de pobreza.

Dado la ubicación geográfica (clima, orografía e hidrología) y actividades socioeconómicas (p.ej. agricultura, ganadería y pesca), Sinaloa es uno de los estados costeros de México más altamente vulnerable a los efectos del CC. Las poblaciones más propensas a ser impactadas negativamente son las asentadas en las zonas serranas (laderas de montañas), en las zonas costeras, y en los cinturones de pobreza de áreas urbanas y suburbanas donde el rezago social es muy alto.

Entre los efectos adversos que el CC podría provocar es la alteración al ciclo hidrológico (precipitaciones excesivas y sequías). Por su ubicación, en Sinaloa se anticipa una disminución de la humedad en suelos, la intensificación de la desertificación y degradación de tierras, aumentos de salinización en las superficies de riego y el consecuente descenso de la productividad agrícola.

Hoy en día se reportan zonas en serios procesos de desertificación y salinización en el Estado, mientras en otras zonas urbanas se registran inundaciones frecuentes como ocurre en decenas de colonias de las principales ciudades de Sinaloa (p.ej. en Los Mochis y Mazatlán), y en comunidades ejidales del Norte del Estado. La menor disponibilidad de agua, además de resultar en una menor producción de alimentos principalmente agrícolas, también genera una mayor competencia por este recurso entre las diversas actividades económicas que se desarrollan en la entidad, y entre regiones dentro y fuera del Estado (Flores-Gallardo, 2010). Esto resulta en serios problemas socioeconómicos que fomenta la realización de actividades ilícitas entre sus pobladores y con ello la violencia.

Además de las consecuencias socioeconómicas, otros efectos directos o indirectos sobre la salud pública son motivo de preocupación. La influencia del CC sobre la distribución geográfica o la dinámica de las enfermedades infecciosas a nivel global, trae consecuencias en la frecuencia de aparición de brotes de estas enfermedades a nivel local. Se sabe que las condiciones climáticas a lo largo del año en grandes extensiones de Sinaloa favorecen el desarrollo del mosquito *Aedes aegypti* responsable del dengue clásico y hemorrágico. Sinaloa ha sido de los estados más afectados por brotes de estas enfermedades. Bajo una condición de CC, con lluvias torrenciales e inundaciones, la probabilidad de brotes se incrementa, además de la aparición de nuevos variantes de la enfermedad y otras relacionadas. A la fecha solo se han presentado casos de dengue causado por los serotipos 1 y 2, pero de acuerdo con la Secretaría de Salud, la entidad está en riesgo de ser afectado por el dengue tipo 3 que es el serotipo más agresivo por su potencial a provocar dengue hemorrágico. En el verano 2012, la propia Secretaría de Salud alertó sobre la posible llegada del virus del Nilo transmitido por otro mosquito presente en la región (cúlex), y que ocasiona daños a la salud más graves que el dengue. En Texas, Estados Unidos, ha causado la muerte de al menos 20 personas. El mosquito con el virus puede venir en vuelos comerciales y privados de los Estados Unidos pero también el virus puede estar en aves migratorias.

Por otro lado, las inundaciones y contaminación de cuerpos de agua, así como las sequías, y su consecuente falta de disponibilidad de agua, incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs). En poblaciones como Mazatlán ya se tiene una alta incidencia de casos y



brotos de intoxicaciones e infecciones alimentarias atribuidos a estafilococos, salmonellas y parásitos. Entre estas destaca tifoidea por su peligrosidad, cuya incidencia es afectada por numerosos factores, incluyendo los incrementos de temperatura, las fuertes precipitaciones que deriva en afloramientos de aguas negras y en encharcamientos en múltiples puntos de la ciudad. La subida del nivel del mar y la modificación en el régimen de lluvias, traerá como consecuencia un mayor sobre-flujo y derrames de aguas negras. Además, del riesgo de aparición de otras enfermedades como el cólera, cuya bacteria causante se encuentra en el medio marino, por lo que incrementos de salinidad le favorecen.

Los hábitos de consumo de alimentos en la vía pública y la falta de higiene de los manipuladores de alimentos (tanto de expendios al aire libre como de negocios bien establecidos) aumentan la probabilidad de contraer ETAs. Tales enfermedades no solo afectan a la salud de los locales, pero también de turistas, muchos de los cuales tienen defensas más bajas por no exponerse regularmente a las bacterias y parásitos causantes de las ETAs y/o por tratarse de ancianos. Esto puede resultar en una reducción en el número de visitantes extranjeros y, aunado a problemas de violencia, contribuirían al deterioro de la actividad turística en destinos como Mazatlán.

Las áreas urbanas de las ciudades funcionan como islas de calor en las que ocurren incrementos súbitos de la temperatura. Cada vez son más frecuentes las ondas de calor en las ciudades de Sinaloa. Sin embargo, estas ondas de calor también se presentan en pequeñas poblaciones del norte (p.ej. comunidades de Choix), del centro de Sinaloa y en la zona costera donde es común temperaturas máximas de 40-45°C. Las ondas de calor causan estragos en toda la población, pero sobre todo en aquellos sectores que no cuenta con las estrategias adecuadas para su protección (acceso a sistemas de enfriamiento artificial). Los recién nacidos, que no han desarrollado por completo su metabolismo, y personas de la tercera edad, cuyo funcionamiento orgánico está disminuido por la propia edad pueden sufrir deshidratación, y en los casos más graves una onda de calor les puede ocasionar la muerte.

El CC tiene efectos indirectos sobre la conducta humana. Por ejemplo, eventos de sequía motiva a las personas a almacenar agua en contenedores, que si están abiertos proporcionan un ambiente ideal para la cría de mosquitos. Por otro lado, el incremento en el tpo, la frecuencia e intensidad de

plagas y enfermedades agropecuarias trae como consecuencia el uso de mayores dosis de agroquímicos que conlleva a una mayor contaminación. La falta de provisión de alimento, además de contribuir a la desnutrición, fomenta los estallidos sociales y a brotes de violencia.

Condiciones pre-existentes en ambientes costeros

En el estado de Sinaloa, los sistemas lagunares, estuarios, manglares, y marismas (que proveen hábitat para cría, reproducción, refugio o alimentación de diversas especies, incluyendo aquellas de importancia comercial) han sufrido un paulatino deterioro en las últimas décadas. Daños ecológicos por fragmentación, degradación y contaminación de los ecosistemas costeros del Estado han sido provocados por actividades socioeconómicas realizadas en sus cuencas de captación y/o en sus márgenes. Además de la sobrepesca, pesca furtiva y el uso de artes de pesca destructivas. Todo esto ha resultado en descensos en los volúmenes de captura de especies de importancia y en el aumento del riesgo de contraer ETAs. Debido al CC se espera un efecto de reducción de poblaciones de peces sensibles al calentamiento de las aguas superficiales, lo cual podría reducir la distribución y desplazar especies de importancia comercial. Además, se espera una reducción del 20-30% en el tamaño de los peces. Aunado al deterioro ya existente, el impacto negativo a las pesquerías sería mayúsculo.

Acciones de mitigación y adaptación en el país y en estado

Las naciones del mundo, incluyendo a México, están realizando esfuerzos para reducir las emisiones de los GEI y para establecer acciones que permitan mitigar los efectos del cambio climático ocasionado por el calentamiento global. Sin embargo, hoy en día no se ha logrado revertir la tendencia a la alza en el uso de energía, desarrollo y de crecimiento de la población y, por tanto, las concentraciones de GEI atmosféricas continúan en ascenso (p.ej. las emisiones de CO₂ crecieron en 3% en 2011 llegando a 34x10⁹ ton métricas; Oliver et al., 2012). Si las sociedades priorizan el uso de fuentes de energía sustentable, las temperaturas en las próximas décadas pudieran incrementarse en promedio 1.8°C (1.1-2.9°C), pero si se pone poco énfasis en la sustentabilidad, se espera que las temperaturas se eleven en 4.0°C (2.4-6.4°C), con mayor probabilidad de impactos abruptos e irreversible.



A través de la puesta en vigor de la Ley General de Cambio Climático en México (LGCC, 2012), en cumplimiento de lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, nuestro país dio un paso importante para enfrentar el CC. En esta Ley se faculta a las entidades federativas y los municipios a la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al CC y la mitigación de emisiones de GEI. En los últimos años las tendencias en las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en México se ha mantenido a la alza. Aún así, la reducción en las emisiones que México pudiera lograr, en poco contribuirán en la mitigación global debido al relativo bajo porcentaje de emisiones. Sin embargo, es urgente cumplir con el apartado de la LGCC sobre la adopción de patrones de producción y consumo por parte de los sectores público, social y privado para transitar hacia una economía de bajas emisiones en carbono, como lo están haciendo otras naciones en el mundo.

Un objetivo esencial de la LGCC es reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del CC, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno. Por otro lado, se contempla el fomentar a la educación, difusión e investigación en materia de adaptación y mitigación al CC y el promover la transición hacia economías competitivas, sustentables y de bajas emisiones de carbono. Sin embargo, aún no se tienen los programas del análisis de riesgos para cada estado y municipio, y se desconocen las políticas de implementación de la Ley ni los indicadores para evaluar su efectividad e impacto a nivel local.

Para antes de que finalice el año 2013 Sinaloa y demás entidades federativas, y cada uno de sus municipios, deberán contar con un atlas estatal y local de riesgo de los asentamientos humanos más vulnerables ante el CC. Recientemente se presentó el Plan de Acción Climática para Culiacán y el Atlas de Riesgos Naturales de la Ciudad de Los Mochis y ambos se concluye que son localidades muy vulnerables a los efectos del CC. Conforme se realicen los atlas de riesgos para otras ciudades y poblaciones de Sinaloa, se podrá también tener una idea del grado de vulnerabilidad de los asentamientos humanos, infraestructura, actividades económicas y ecosistemas ante el CC.

Mientras la etapa de evaluación de la vulnerabilidad y valoración económica concluye, es urgente

emprender acciones de mitigación y adaptación en el estado. Como se indican en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (CICC, 2009), las acciones de mitigación requieren sustituir de manera gradual el uso y consumo de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, y hacer que los procesos productivos sean más limpios, eficientes y competitivos. Las acciones de adaptación incluyen mejorar las condiciones y servicios de salud de la población, abatir la marginación y el rezago que enfrentan los grupos sociales vulnerables, elevar la calidad educativa, incrementar la cobertura de servicios de agua potable y de saneamiento, alcanzar un manejo integral y sustentable del agua en todas las actividades socioeconómicas, frenar el deterioro y conservar los ecosistemas y su biodiversidad.

Hoy en día, hay una demanda de estudios científicos que investiguen, entre otros aspectos, la precisa magnitud de los efectos a la salud pública en aquellas poblaciones más vulnerables. Los diagnósticos deberán ser basados en las proyecciones de la estructura demográfica, la tendencia actual y futura en el uso de los recursos por los diferentes sectores productivos, las condiciones actuales y futuras de los servicios urbanos y de salud, y obviamente considerando los distintos escenarios de cambio climático. Además, urge realizar la evaluación y diagnóstico de la capacidad de adaptación de las regiones más vulnerables (sus ecosistemas, población, y sectores productivos). Sin embargo, como lo contempla la LGCC, la falta de total certidumbre científica ante la amenaza de daño grave o irreversible, no deberá utilizarse como razón para posponer las medidas de mitigación y adaptación. Con lo que hasta hoy se sabe de los efectos potenciales a la salud pública y del alto impacto socioeconómico que conlleva, urge tomar acciones tendientes a reducir las emisiones de los GEI, y obliga a poner en marcha planes de adaptación, en el estado y por municipio, para hacer frente a los efectos adversos del CC.

Entre las acciones concretas que se recomiendan para reducir la vulnerabilidad de la población de Sinaloa a los efectos adversos del CC están: el desarrollo de planes de actuación en salud pública basados en sistemas de alerta temprana que permitan la identificación de situaciones de riesgos antes de que estas se produzcan, fortalecer los programas de vigilancia y control específicos en enfermedades de transmisión por alimentos y vectores, realizar actividades dirigidas a la concientización y participación ciudadana en todas



las actividades relacionadas con el CC y sus implicaciones en la salud humana, implementar programas para preparar recursos humanos que atiendan las alteraciones derivadas del CC, y establecer presupuestos que se destinen específicamente para investigar los efectos potenciales de CC, el desarrollo de estrategias para enfrentarlos, y así como para aprovechar las oportunidades de desarrollo económico en la región. Además, la adaptación debe estar basada en un enfoque de preservación de los ecosistemas, lo cual incrementa la resiliencia de la sociedad para enfrentar el CC.

Agradecimientos

El autor agradece a COMEXUS por el otorgamiento de la Beca Fulbright-García Robles del Programa para Investigadores Mexicanos para realizar una estancia sabática en la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard. También se agradece a V. Montes Montes por la revisión de este manuscrito.

Referencias

1. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). 2009. Programa Especial de Cambio Climático. Versión de consulta pública, abril de 2009, p. 22. En línea: http://www.sectur.gob.mx/es/sectur/Programa_Especial_de_Cambio_Climatico_P_ECC.
2. Flores Gallardo, Hilario. 2010. Impacto del cambio climático en los distritos de riego en Sinaloa. Tesis de Maestría en Ciencias, Especialista en Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. En línea: <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/334>.
3. Ley General de Cambio Climático (LGCC). 2012. Nueva Ley DOF 06-06-2012.
4. Olivier J.G.J., Janssens-Maenhout G., Peters J.A.H.W. 2012. Trends in global CO2 emissions 2012 Report. BL Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague/Bilthoven, 2012 PBL publication number: 500114022. p. 39
5. United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR). 2009. Global Assessment Report on disaster risk reduction: risk and poverty in a changing climate, Suiza. 207 p. En línea: <http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/index.php?id=9413>.
6. World Health Organization (WHO). 2009. Protecting health from climate change: connecting science, policy and people. WHO Press, Geneva, Switzerland. 33 p. En línea: http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241598880_eng.pdf.



Impacto de la obra urbana en el microclima local

Caso de estudio.- Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Raúl Valdez Gil¹ y Teresa del Rosario Argüello Méndez²

Emails: arg_rau@hotmail.com¹, docente_unach4483@hotmail.com²

Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas

Resumen

El impacto negativo de la obra urbana en el microclima local es consecuencia de la falta de estrategias bioclimáticas empleadas desde la planeación morfológica de las ciudades. Tras el crecimiento de éstas y el empleo de diferentes materiales en la construcción, el comportamiento térmico del lugar se ve modificado en su ambiente físico inmediato, resultando crítico en climas cálidos al propiciar mayor calidez en las ciudades, ya sea por edificaciones densas y compactas, o bien, superficies de concreto expuestas ante radiación solar directa, dejando de lado la presencia de vegetación en las áreas urbanas, misma que además de beneficiar las condiciones de salud física y psicológica en las personas, regula el microclima, velocidad del aire, humedad ambiental, radiación solar, contaminación sonora y atmosférica de acuerdo a las características físicas de cada especie.

Con base en la climatología dinámica, se realizó una evaluación experimental en un día representativo de máxima excitación térmica en tres parques inmersos en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, para conocer el comportamiento térmico de cada uno de estos en relación a sus características físicas vinculadas al porcentaje vegetativo, esto con la finalidad de comparar la eficiencia térmica que ejerce en las urbes la vegetación como agente microclimático pro del confort térmico de los usuarios.

La relación entre espacio natural y construido en la edificación de espacios exteriores demuestra que a mayor porcentaje de vegetación en el lugar, mayor control de ganancias térmicas en el comportamiento de cada caso de estudio de acuerdo a sus características físicas.

Palabras Clave: vegetación, comportamiento térmico.

Introducción

Con el propósito de identificar el impacto negativo de la obra urbana en el microclima local de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, la problemática está implícita en las nuevas formas de edificar la ciudad al persistir la idea de que crecimiento, progreso y desarrollo van de la mano, dejando de lado el equilibrio entre el espacio natural y construido; al repetirse este fenómeno en el que las ciudades crecen sin prever el daño ecológico y las consecuencias directas e indirectas que esto trae consigo, provoca en el ecosistema una crisis ambiental que afecta principalmente a la población local, pero que de igual forma contribuye a magnificar el problema a escala mundial.

Una de las principales consecuencias ante la falta de estrategias bioclimáticas empleadas en la ciudad, es la alteración climática que se desarrolla dentro de ésta, producto del proceso de urbanización, dando paso al fenómeno isla de calor, el cual se produce por el incremento de la obra urbana, sin embargo, es común encontrar que los estudios sobre confort térmico se han pensado en las condiciones ambientales del interior de los edificios, dejando de lado el contexto que los rodea.

En este sentido, la presente investigación demuestra la alteración del microclima local en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; y a la vegetación como agente regulador no solo de la temperatura del aire, sino como moderador de la incidencia solar sobre las superficies y la velocidad del viento. Variables que resultan imprescindibles al estudiar el comportamiento microclimático de los



espacios con base a su orientación geográfica y topográfica dentro de la ciudad en tres casos de estudio donde el porcentaje vegetativo es contrastante entre sí, tales como el Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón, Parque de la Marimba y Jardín Botánico Dr. Faustino Miranda.

A través de las características físicas de cada uno de los casos de estudio inmersos seleccionados de acuerdo a la superficie vegetal con la que cuentan y con base en la teoría de la climatología dinámica, la cual permitió seleccionar el período de evaluación, se monitorearon y estudiaron con la finalidad de conocer su comportamiento en cuanto a humedad relativa y temperatura del aire.

Los resultados de la investigación, parten del estudio del comportamiento térmico de los espacios abiertos y su relación intrínseca con la vegetación, como base fundamental para mejorar el desempeño térmico de los espacios exteriores bajo el marco de la sustentabilidad, evidenciando que la vegetación es una de las estrategias pasivas más importantes que atienden de forma urbanística a dichos espacios, debido a que la orientación de éstos no siempre responden a las condicionantes climáticas de cada ciudad; siendo así la vegetación una estrategia manipulable para el diseñador del espacio que culmine en la concepción del proyecto arquitectónico de carácter bioclimático ayudando a disminuir el caos térmico que puede llegar a representar la ausencia de ésta en zonas climáticas similares a la de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

El contexto

Tuxtla Gutiérrez se localiza en la zona centro del Estado de Chiapas, en una zona tropical con lluvias en verano, con tipo climático Aw, Clima Cálido Subhúmero, cuya estación meteorológica se encuentra a 596.26 m.s.n.m., la cual señala que la temperatura media anual es de 25,4°C.

La temporada cálida dura desde mediados de febrero hasta septiembre, sin embargo, las temperaturas más altas se registran desde abril hasta la segunda semana de mayo donde se alcanzan temperaturas máximas alrededor de los 40 °C.

La temporada fresca dura desde la segunda semana de noviembre hasta mediado de febrero. El período más frío del año es el mes de diciembre

cuando la temperatura puede llegar a descender hasta 8 °C.

Determinación de la muestra y periodo de medición

La teoría de la Climatología Dinámica permitió identificar el periodo representativo de evaluación de un día típico caluroso durante el año, que de acuerdo a la información arrojada en las estadísticas de años anteriores permitió escoger una muestra horaria de 24 horas, siendo el 11 y 12 de mayo 2011 los días que fungieron como periodo seleccionado para iniciar las mediciones, ya que al resultar días de menor nubosidad hay mayor periodo de asoleamiento incrementando el número de horas efectivas de radiación solar reflejándose en el comportamiento térmico de cada caso de estudio, durante el día y la noche.

Se concibieron tres espacios públicos que corresponden al carácter de parques; el Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón, Parque de la Marimba y Parque Dr. Faustino Miranda o también denominado Jardín Botánico; todos inmersos en la traza urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, (ver figura 1).

Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón.

Localizado a 596.26 m.s.n.m., la morfología arquitectónica de éste espacio público corresponde a tres áreas de esparcimientos, mismas que en su extremo oriente y poniente están concebidas a través de andadores sinuosos de concreto y jardineras, mientras que la plaza central adolece de éstas siendo plazoletas a desnivel concebidas para actividades cívico culturales y artísticas a cielo abierto.

El Parque Bicentenario resulta una obra que enlaza el monumento a la bandera a través de un paso desnivel, mismo que debido a la topografía de su emplazamiento da pauta a un sótano que funge como estacionamiento público, dejando así una losa de concreto en distintos niveles expuesta a la radiación solar directa, (ver figura 2).

La colocación del equipo una vez seleccionado el sitio adecuado para medir el comportamiento térmico del lugar sin estrategias bioclimáticas que mitiguen el paso del calor a través de la incidencia solar directa debido a la falta de vegetación que impera en ésta zona fue en una de las lámparas



colocadas sobre el lado poniente, misma que por su ubicación oferta mayor seguridad al equipo y por ende a la investigación de cualquier manipuleo por parte de los usuarios que asisten a éste lugar, (ver figura 3).

Parque de la Marimba

El parque de la marimba está situado a 537 m.s.n.m., cuya explanada pese a ser mayor el porcentaje de concreto que de áreas verdes, la vegetación que alberga el lugar sombrea gran parte de su superficie producto de la copa de los árboles evitando que la radiación solar sobre su superficie sea directa en su totalidad, alternando ésta última con la radiación difusa a través de los ejemplares arbóreos, mismos que a su paso están acompañados por áreas verdes concebidos a través de cubresuelos tales como césped con flora de ornato.

Debido a su ubicación en la ciudad, de acuerdo al entramado de la misma converge en un área donde vialmente es de suma importancia al pertenecer al primer cuadro de la ciudad, manifestando una constante afluencia vehicular durante el día, agudizándose durante la noche debido a la importancia cívico-cultural que tiene la actividad social que representa, siendo desde un punto turístico hasta un lugar de esparcimiento para propios y extraños.

El equipo de medición se ubicó en el área central del parque (kiosco), ya que resulta ser un espacio construido y expuesto a la radiación solar, con la diferencia que su contexto no solo se encuentra conformado por superficie asfáltica, sino que se encuentra rodeado por vegetación, identificando así la modificación climática que ejercen estos ejemplares en el área de estudio, (ver figura 4).

Jardín Botánico Dr. Faustino Miranda

Colindante del Río Sabinal al noreste de la capital chiapaneca, a un nivel geográfico de 527 m.s.n.m., debido a sus características se concibe como uno de los pulmones de la ciudad al albergar una muestra representativa de la vegetación que se encuentra en Chiapas. Por consiguiente, la superficie cubierta por concreto que definen los andadores se encuentra sombreada por la copa de los árboles, permitiendo luminosidad a partir de la radiación solar cuya incidencia es difusa, (ver figura 5).

El monitoreo de los tres parques se llevó a cabo a partir de las 12:00 hrs del día 11 de mayo hasta las 16:00 hrs del día 12 de mayo, cumpliendo así un período de 28:00 horas de medición, tomando en cuenta las variables de temperatura del aire, humedad, ubicación geográfica y radiación solar que modifiquen el comportamiento térmico del espacio urbano, así como incidencia del viento en cada caso de estudio.

Materiales y equipo de medición

Los equipos de mediciones térmicas utilizados durante el experimento corresponden a la familia HOBO 8 Pro Series Loggers, diseñados para medir la temperatura del aire al exterior, a través de lecturas automáticas de datos que para efecto de esta investigación fueron programados cada media hora, cuyo lapso fue durante el periodo elegido como representativo del comportamiento climático de la ciudad. Información recabada por el equipo HOBO Shuttle y procesada mediante el programa de cómputo Boxcar Pro 4.3, (ver figura 6).

Resultados

Al comparar los valores entre el día y la noche, se observa que en términos generales obedecen al régimen térmico del periodo caluroso, ya que las temperaturas son relativamente altas, y como es obvio, reaccionan ante el proceso de enfriamiento del aire producido por la velocidad del viento y la orientación de estos espacios.

Se observa que de acuerdo a sus características físicas del lugar el comportamiento suele ser similar en los tres casos, pese a la diferencia térmica y en la humedad del aire en cada uno de estos.

A continuación se presentan las gráficas que evidencian la comparación térmica y humedad relativa entre los tres casos de estudio seleccionados, misma que permite observar el comportamiento térmico en cada espacio con respecto a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en un periodo de 24 horas. (ver figura 7 y 8).

Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón

Se refleja que la incidencia calorífica de la radiación solar en el lugar se incrementa a partir del medio día hasta alcanzar poco más de 38 °C, siendo ésta la temperatura máxima arrojada en un promedio de las 3:00 pm.



Fig (1).- Relación entre Espacio Natural y Construido - Mediciones

ESPACIO PÚBLICO	SUPERFICIE TOTAL (M ²)	ÁREA VERDE (M ²)	SUPERFICIE CONSTRUIDA (M ²)	VEGETACIÓN (%)
Jardín Botánico Dr. Faustino Miranda	48, 473 m ²	43,908 m ²	4,565 m ²	90.58 %
Parque de la Marimba	9,231.66 m ²	4,150.97 m ²	5,080.69 m ²	44.96 %
Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón	24, 287.70 m ²	9,125.30 m ²	15,162.40 m ²	37.57 %

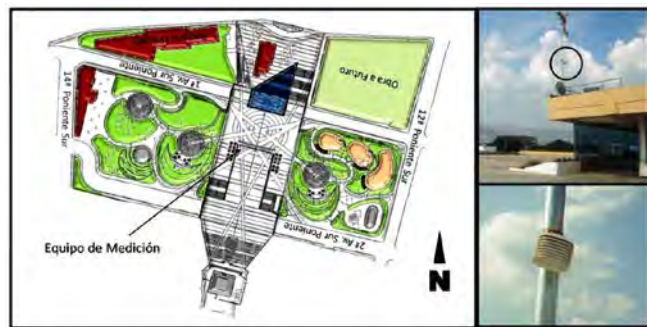
Fuente: Elaboración Propia / Trabajo de Campo

Fig (2).- Vista aérea Parque Bicentenario



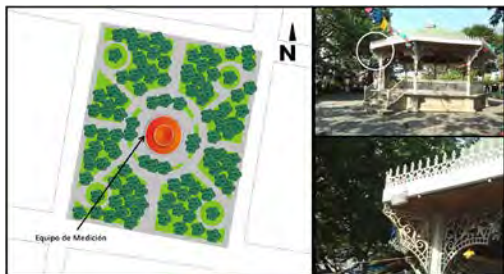
Fuente: www.skyscrapercity.com

Fig (3).- Ubicación del equipo de medición en el Parque Bicentenario José María Morelos y Pavón en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Véase la colocación del equipo de Medición sobre una Luminaria. / Elaboración propia

Fig (4).- Ubicación del equipo de medición en el Parque de la Marimba en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Véase el equipo de medición en el Kiosco. / Elaboración propia

Fig (5).- Ubicación del equipo de medición en el Jardín Botánico Dr. Faustino Miranda en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Véase colocación del equipo de medición sobre uno de los ejemplares arbóreos del Jardín Botánico. / Elaboración propia



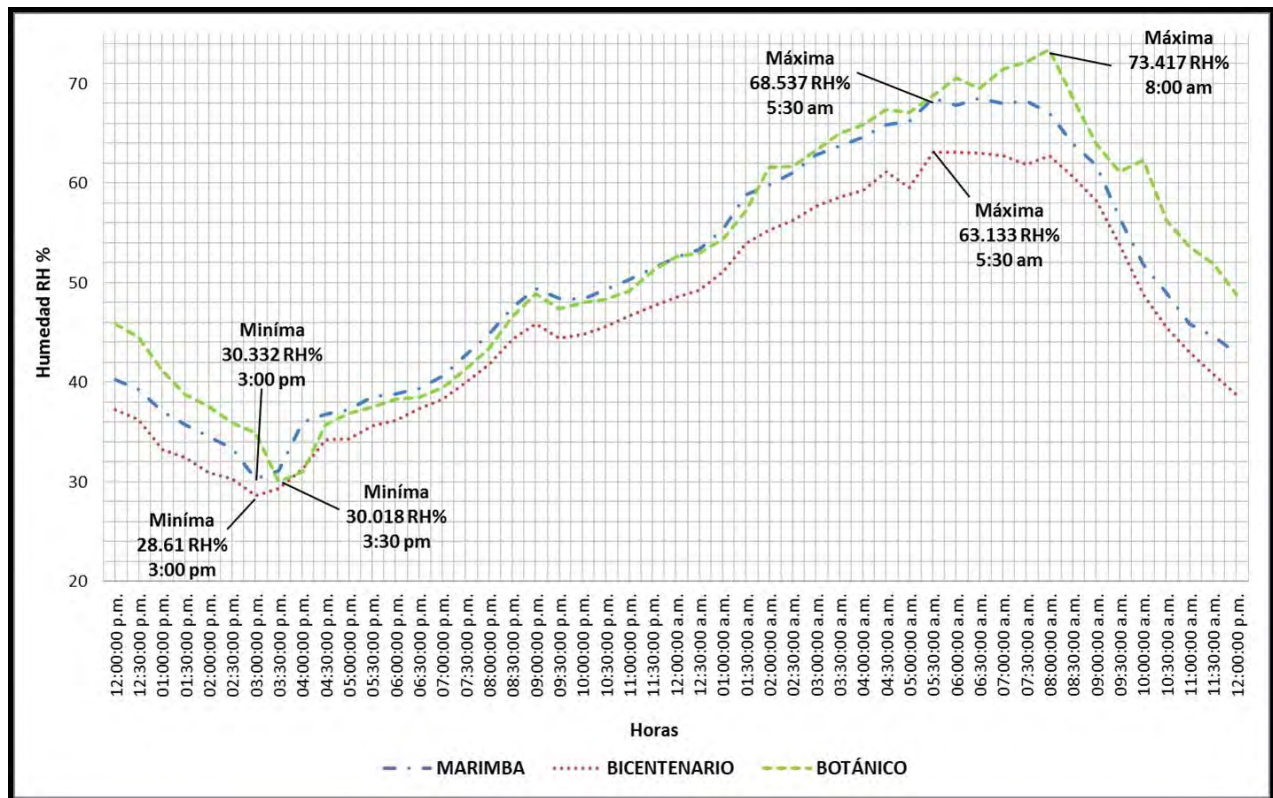
Fig (6).- Termómetro Exterior de la familia HOBO



Fuente: Fotografía Propia

Se comprueba que el comportamiento térmico del lugar en relación a la inercia térmica de los materiales que lo constituyen, puesto que tras la puesta del Sol la temperatura desciende paulatinamente, misma que se hace más notable durante la madrugada, alcanzando la temperatura mínima de 24 °C a las 6:00 am, significando esto una diferencia térmica entre el punto máximo y mínimo de 14 °C en un periodo de 15 horas. A través de la evaluación de la curva térmica mediante el rango de confort, se observa que la ampliación de esta se mantiene durante todo el día por arriba de los 30 °C, siendo hasta las 8:30 pm cuando la temperatura alcanza producto del descenso solar dicha temperatura de confort, continuando su descenso durante toda la noche, repitiendo el fenómeno cuando el incremento entre 10:30 am y 11:00 am alcanza dicha temperatura producto de la incidencia solar provocada por el amanecer

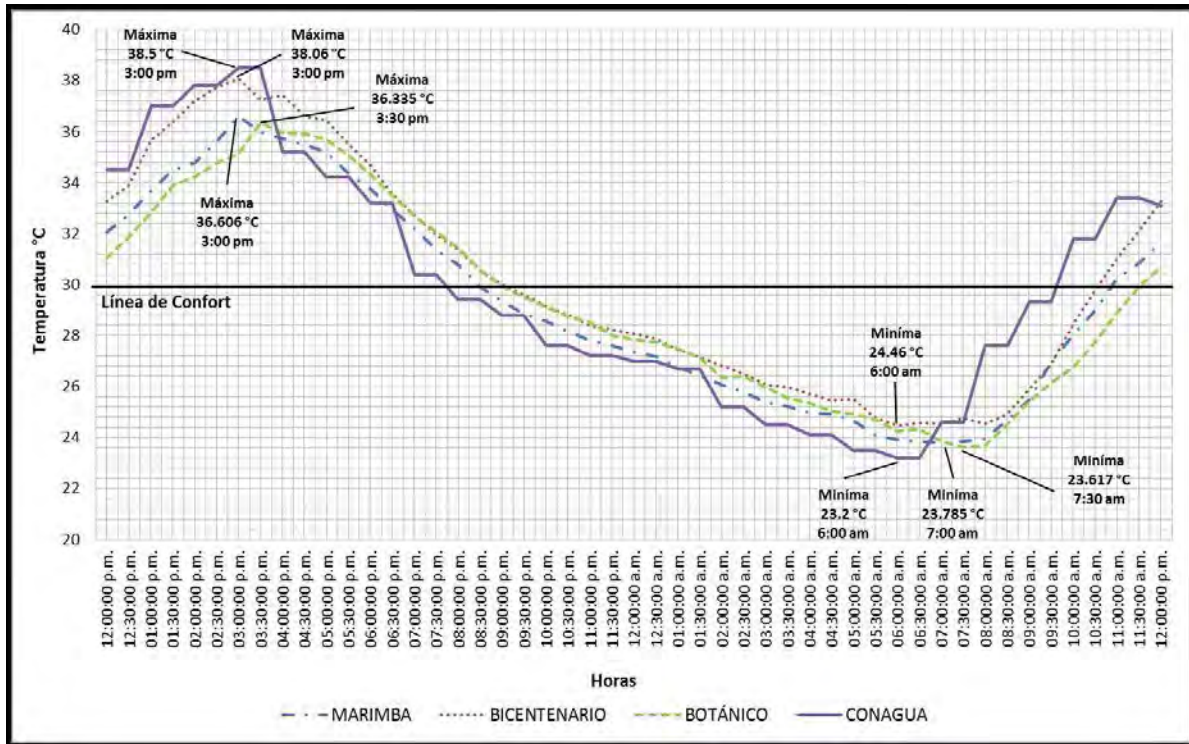
Fig. 7.- Comparativa del comportamiento térmico de los 3 Casos de Estudio respecto a la Ciudad Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Datos obtenidos a través del software Box Car pro 4.3



Fig (8).- Comparativa de la Humedad Relativa de los 3 Casos de Estudio en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Datos obtenidos a través del software Box Car pro 4.3

Se resume entonces de acuerdo al periodo de estudio que el tiempo estimado de temperatura por debajo de la zona de confort es de 14 horas, con 5.54 °C por debajo de éste, mientras que el tiempo estimado de incremento térmico por arriba de la zona de confort es de 14 horas con 8.06 °C en su punto más crítico.

Así mismo, la humedad relativa en el lugar oscila entre 28.61% y 63.13% de un 100% como porcentaje máximo de saturación de humedad en el ambiente, reflejando la mínima y máxima respectivamente, manifestándose el primero a las 3:00 pm (hora que reflejó mayor incremento térmico), mientras que su máxima humedad relativa la alcanza entre las 5:30 am y 6:00 am (hora de menor excitación térmica).

Parque de la Marimba

La comparación del comportamiento térmico de éste parque durante su periodo de estudio denota que el fenómeno se repite al igual que en el caso de estudio anterior, puesto que la temperatura durante

el día se va incrementando, para posteriormente al atardecer descender paulatinamente.

Con base en los datos presentados por el gráfico 3.6.2.1., se percibe el incremento térmico en el lugar, encontrando el momento más crítico a las 3:00 pm con una temperatura que osciló en 36.60 °C. Una vez alcanzado el punto de mayor manifestación térmica, su mesurado descenso comienza a partir de éste, haciéndose evidente durante la madrugada del día 12 de mayo, alcanzando su punto mínimo térmico entre 6:00 am y 8:00 am con temperaturas oscilantes en los 23 °C, siendo a las 7:00 am donde se manifiesta a 23.78 °C la temperatura más baja dentro de este rango.

La curva del comportamiento térmico de este espacio público arroja que el rango de confort es superior al Parque Bicentenario, puesto que dicha ampliación se manifiesta desde las 8:00 pm hasta 11:30 am del siguiente día, es decir horas en las que la temperatura se mantuvo en el rango de confort de 30 °C.



Por consiguiente, el tiempo estimado por debajo de la zona de confort es de 15:30 horas, con 6.22 por debajo de éste, mientras que el resto del periodo de estudio se manifestó con 6.60 °C por arriba de la zona de confort en su momento de mayor exaltación térmica.

Para el caso de la humedad relativa en el lugar, fue la mínima de 30.33% registrada a las 3:00 pm, (hora de mayor excitación térmica), mientras que su máxima arrojó 68.53% a las 5:30 am, para posteriormente conforme la temperatura ambiente se incrementa, la humedad del ambiente desciende de forma proporcional, reiterando el fenómeno.

Jardín Botánico Dr. Faustino Miranda

Este espacio está expuesto a la radiación solar las temperaturas durante el día se va incrementando, reflejando en este caso de estudio 36.33°C a las 3:30 pm, siendo éste el máximo punto térmico registrado durante el período de estudio. Una vez alcanzado el punto de mayor manifestación térmica, su moderado descenso lleva a manifestar la temperatura más baja a las 7:30 am con 23.61 °C, siendo una diferencia térmica de 12,72 °C entre máxima y mínima temperatura, (*ver gráfico 3.6.3.1*).

El umbral de confort en este espacio abierto, manifiesta una amplitud en la curva térmica de 15:30 horas, puesto que dicho rango de bienestar comienza a partir de las 8:30 pm del 11 de mayo hasta las 12:00 pm del 12 de mayo, siendo así este periodo de tiempo en el cual el Jardín Botánico se encuentra bajo el rango de confort como resultado de la implementación de vegetación en el lugar.

De acuerdo con lo anterior, una vez definido el tiempo estimado por debajo de la zona de confort, es importante señalar que son 6.39 °C por debajo de éste, mientras que el resto del periodo de estudio se manifestó con 6.33 °C por arriba de la temperatura confort en el momento de mayor exaltación térmica.

Así mismo, la humedad relativa en el lugar, fue la mínima de 30.01% registrada a las 3:30 pm, (hora de mayor excitación térmica), mientras que su máxima arrojó 73.41% a las 8:00 am, para posteriormente conforme la temperatura ambiente se incrementa, la humedad del ambiente desciende de forma proporcional, reiterando el fenómeno, (*ver gráfico 3.6.3.1*).

Cabe señalar que debido a las características ecológicas del lugar, es en este caso de estudio donde el porcentaje de humedad relativa se percibe con mayor incremento, producto de las características fisiológicas de todas las especies arbóreas que alberga este lugar y que influyen en la medición ambiental de éste.

Análisis de resultados y conclusiones

La manifestación de excitación térmica se hizo presente en los tres casos de estudio, puesto que de acuerdo a sus características arquitectónicas y bioclimáticas el incremento en la temperatura en cada espacio se evidencia con relación a la temperatura ambiente registrada por la estación meteorológica de la ciudad.

Pese a que la diferencia térmica ente los tres casos de estudio no estriba en más de 2 °C durante el periodo representativo, los beneficios bioclimáticos que ofrece la vegetación ayudan a mitigar el incremento de la temperatura, reflejando que entre más ejemplares arbolarios exista en el lugar mejor será su comportamiento térmico, siempre que éstos sean parte de estrategias bioclimáticas.

De este modo, puede concluirse que la hipótesis de partida se cumple. Sin embargo, pese a la mitigación térmica que ofrece la vegetación a través de su empleo como barrera natural, la temperatura ambiente de la ciudad registrada por la estación meteorológica suele ser mayor que el de cada caso de estudio por una diferencia entre 0.44 °C y 2.16°C; temperaturas registradas en la hora crítica durante el día que registraron los equipos de medición (3:00 pm).

Con base en lo anterior, pese al incremento de superficies cubiertas por materiales de alta inercia térmica en la ciudad y la falta de la contemplación de estrategias bioclimáticas durante el diseño de espacios públicos y ante las propiedades físicas de cada caso de estudio, la diferencia térmica debió ser mayor respecto a la temperatura ambiente de la ciudad, sin embargo, no solo la incidencia solar o el comportamiento térmico de los materiales son los que definen la manifestación de la isla de calor, ya que otras variables influyen como agentes reguladores y/o alteradores en el desarrollo de ésta alteración climática, tales como el viento, la topografía del espacio y la ubicación geográfica de la ciudad.



Producto de la incidencia de estas variables en los casos de estudio, permite conocer que aún sin la contemplación de estrategia alguna que evada la incidencia solar de forma directa, si la ubicación geográfica resulta adecuada ante la velocidad y dirección de los vientos dominantes el comportamiento térmico del lugar será menor que el de la ciudad, tal y como se demostró en el Parque Bicentenario, mismo que localizado en un altiplano de la ciudad y ante la falta de barreras físicas y naturales que impidan la influencia del viento de forma directa en el lugar funciona como proceso de enfriamiento pasivo de la temperatura en el lugar, propiciando un parque de uso nocturno debido a las altas temperaturas y a la deshumidificación del aire durante el día.

Para el caso del Parque de la Marimba y el Jardín Botánico, mismos que inmersos en la topografía de la ciudad, su ubicación geográfica desciende respectivamente el uno del otro, y ante la contemplación de mayor superficie vegetativa de acuerdo a las actividades a las que responde cada uno, la presencia del viento prácticamente realiza la misma función que el primer caso, a diferencia que la orientación de éste, la edificación circundante, la implementación de áreas verdes responden como barreras que ayudan a mejorar el comportamiento térmico del lugar, pero que aprovechando correctamente sus características mediante un estudio de estrategias bioclimáticas en espacios abiertos su desempeño térmico se vería reflejado en el descenso considerable de su temperatura con respecto al de la ciudad.

Por consecuencia, las características físicas de los casos de estudio demuestran que la incidencia del viento y la vegetación resultan estrategias pasivas que atienden de forma urbanística a los espacios abiertos, ya que la orientación de estos usualmente no está debidamente contemplados, producto de la falta de criterios de urbanismo bioclimático en la planificación de las ciudades.

Fuentes de consulta

1. Carreras, Carles; Mercedes, Marín; Martín Vide, Javier; María del Carmen, Moreno; Sabí, Joan (1990). *Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la Isla de Calor en Barcelona*. Documentos d'anàlisi Geogràfica. Número 17. Barcelona.
2. García, S.; Guerrero, M., (2006). *Indicadores de sustentabilidad ambiental en*

la gestión de espacios verdes. Parque urbano Monte Calvario, Tandil, Argentina; Revista de Geografía Norte Grande. Número 35.

3. Higuera, Ester (2006). *Urbanismo Bioclimático*. Editorial: Gustavo Gili. Primera Edición. Barcelona.
4. Lezama, José Luis; Judith, Domínguez (2006). *Medio Ambiente y Sustentabilidad Urbana*. Revista Papeles de la población, (redalyc). Número 49. Universidad Autónoma de México. México.
5. Moreno García, María del Carmen (1999). *Climatología Urbana*. Edicions de la Universitat de Barcelona. Primera Edición. Barcelona.
6. Solís Pinto Julia, (2009). *La vegetación como estrategia proyectual para la vivienda en clima cálido subhúmedo*. Tesis para Maestría. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
7. Tejeda M. a. y Rivas C.D.A. 2003. *El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO₂ atmosférico*. Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía UNAM número 51.

Sugerencia de Temas Tentativos a Investigación bajo el Contexto de Cambio Climático.

- 1.- Gestión de Espacios Verdes en la Ciudad.
- 2.- Impacto térmico de la obra urbana en los paramentos circundantes.
- 3.- Fenómeno Isla de Calor en la Ciudad
- 4.- Consumo energético de viviendas en series.

Vulnerabilidad



Los estados de la costa oriental de la República Mexicana, son afectados por el polvo desértico del Sahara

Karina Eileen Álvarez Román¹ y Mario Gómez Ramírez²

¹Facultad de Filosofía y Letras, UNAM e-mail: kear_111970@yahoo.com.mx.

²Universidad Veracruzana. Grupo Geografía Global e-mail: mariogomez@uv.mx, geomez@ymail.com

Resumen

Este trabajo tiene el propósito de mostrar el arribo del polvo que proviene del desierto sahariano y que llega hasta los estados que se localizan en las vertientes del Golfo de México y Mar Caribe de la República Mexicana, mediante el análisis e interpretación de imágenes de satélite combinadas METEOSAT 9 y GOES 11 de la NOAA con énfasis en los meses del 2011.

Introducción

Los estados costeros del territorio nacional que tienen interacción con las aguas marinas de las cuencas del Golfo de México y Mar de las Antillas (Tamps., Ver., Tab., Camp., Yuc., y Q. Roo) y forman parte de la cuenca del océano Atlántico. Comúnmente están expuestos a recibir partículas muy finas de polvo (aerosoles), provenientes de la parte septentrional del continente africano, del desierto del Sahara y Sahel.

La cámara de aire del Sahara (SAL siglas en inglés), es una masa de aire muy seco, con polvo fino de alrededor de PM 10 de 2.5 micras que concentra minerales, virus, polen, entre otros y que se forma sobre el desierto del Sahara desde finales de la primavera hasta el otoño. Por lo general, se mueve a lo largo de la zona tropical del Océano Atlántico Norte cada 3-5 días y es desplazada por los vientos alisios. Recorre más de 10000 km hasta llegar al litoral levante de México y puede alcanzar distintas latitudes al norte como al sur.

El arribo de polvo del Sahara, es un fenómeno que debe estudiarse y tomar relevancia, tanto en los casos de la atmósfera como en el medio marino de la República Mexicana, porque puede influir en la dinámica del tiempo atmosférico, el clima, la salud humana y en los ecosistemas de la parte continental y del océano, entre otros.

Introducción

Desarrollo

Los problemas ambientales cada vez más se incrementan en el incipiente siglo XXI, no reconocen

fronteras y son una preocupación para las naciones del orbe. La alteración del espacio geográfico, la inadecuada utilización de los recursos naturales motivado por el crecimiento poblacional, la pobreza, las desigualdades sociales, la inequidad, entre otros, ha propiciado en algunas zonas a escala mundial, la desertización y desertificación.

La distribución geográfica de los desiertos, por lo general, se caracterizan al localizarse en la zona subtropical después de los trópicos y alcanzan los 30° de latitud en ambos hemisferios. Sin embargo, los materiales de granulometría fina que concentran las zonas áridas, con deficiente precipitación, las condiciones atmosféricas caldeadas por las temperaturas altas que se registran durante el día, diferencia de presiones, como los más comunes, contribuyen a ser susceptibles para transportarlos por la fuerza del viento a grandes distancias y con el riesgo de propiciar tormentas y tolvaneras de polvo significativas que causan problemas a diversos países.

Esta preocupación no es reciente, puesto que el científico Andrew Goudie de la Universidad de Oxford durante el Congreso Geográfico Internacional llevado a cabo en 2004, consideró que la “creciente cantidad de polvo en la atmósfera, donde anualmente se acumulan entre 2.000 y 3.000 millones de toneladas, se ha convertido en una seria amenaza para el medio ambiente y la salud humana que no recibe la atención necesaria”. (La Nación, 2004).

La República Mexicana, no está exenta de participar en esta problemática, debido a que contribuye con la emisión de polvo concentrado en sus desiertos de la parte septentrional del país, así como la recepción de los aerosoles de paisajes con climas secos, localizados en otros continentes.

El transporte de materiales finos, ocurre e impacta a los estados costeros que se distribuyen en la vertiente oriental del territorio nacional, como son Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche,



Yucatán que interactúan con las aguas marinas del Golfo de México y Quintana Roo, que también es bordeado en la porción septentrional hasta el canal de Yucatán; en cambio, hacia el sur su litoral este, recibe las aguas cálidas del Mar Caribe. (Figura 1).

Estos espacios costaneros, comúnmente reciben el efecto de un fenómeno eólico que se genera en una zona distante, separada por la cuenca del océano Atlántico y que tiene su origen en el paisaje árido del continente africano, tanto del desierto sahariano como del Sahel, conocido como polvo del Sahara. Este aerosol, es transportado por los vientos alisios o también nombrados como vientos del noreste. Además estas partículas muy finas, realizan un viaje con un recorrido extenso que alcanza entre los 11130 y 13350 km de distancia hasta llegar a los litorales del levante de México. (Figura 1).

La superficie que ocupa el espacio del Sahara, es de más de 9000000 de km² y las emisiones de polvo se originan entre la latitud que abarca los 18° a 22° N; en cambio, las que aporta el norte del Sahel, se distribuyen entre los 15° a 18° N. También, el espacio geográfico donde se localiza la depresión lacustre de Bodélé, en la República de Chad, se considera una fuente muy importante de polvo, la cual a través de los avances satelitales, se ha podido estudiar y destacar su relevancia. (Weather Underground, 2012). (Figura 2).

El entorno de Bodélé posee características geográficas únicas, que lo convierten en el primer proveedor del polvo de mundo. Se localiza entre dos cadenas montañosas casi paralelas que forman como un “embudo de viento”, el cual se vuelve más estrecho al avanzar hacia la costa atlántica (noroeste), con ello el viento adquiere cada vez mayor velocidad y una gran carga de polvo que forma enormes nubes de litometeoros. (Figura 2).

La nombrada "Sarahan Air Layer", capa de aire del Sahara (SAL, por sus siglas en inglés) consiste en una masa de aire muy seca y cargada de polvo fino de alrededor de PM 10 de 2.5 micras, que se origina en el desierto del Sahara desde finales de la primavera hasta el inicio de la estación de otoño la cual se desplaza “usualmente hacia el Océano Atlántico Norte cada 3-5 días.

Esta capa puede extenderse verticalmente entre los 1.500 a 6.000 m (5.000 a 20,000 pies) de altura en la tropósfera y está relacionada con cantidades grandes de aire muy seco y cargado de polvo (~50% menos humedad que un sondeo tropical

húmedo típico) y vientos fuertes (25-55 mph ó 10-25 m/s).

Estos vientos fuertes, o chorros, usualmente se encuentran entre 6.500-14.500 pies (2000-4500 m) de altura en las zonas central y occidental del Océano Atlántico Norte y a una profundidad de 1-2 millas (1.6-3.2 km)”. (*Ibidem*). (Figura 2).

Distribución

La irrupción de las nubes de polvo del Sahara, pueden alcanzar distintas latitudes, tanto al norte como al sur. La distribución abarca espacios marinos y continentales, cubren la atmósfera a su paso sobre el Atlántico, el Mar Caribe e islas, América Central, el Golfo de México, Suramérica, Europa y el Pacífico, entre otros. Los espacios geográficos cercanos a la República Mexicana y que también repercute son a “las Islas de Caribe como a República Dominicana y Cuba y hasta a México si el viento se mueve en la dirección del este”. (Rodríguez, 2012).

No resulta un fenómeno atmosférico reciente, puesto que se ha monitoreado mediante los satélites meteorológicos desde tiempo atrás.

Al analizar las imágenes satelitales, se observan los aerosoles como una nube lechosa bien definida e inclusive como una bruma según la densidad de la nube.

Estudios recientes de la NASA revelan que el polvo del continente africano llega a tener una distribución más amplia, puesto que en su recorrido el material fino atraviesa por la zona baja del istmo de Tehuantepec y alcanza la cuenca del océano Pacífico. “Actualmente se sabe que el polvo del Sahara viaja aún más hacia el oeste para llegar hasta el fondo del Océano Pacífico, cruzando por el estrecho istmo de Tehuantepec de México”. (Gubin, 2012).

Los desiertos localizados en otros sitios a nivel mundial, también se suscitan tolveneras que suministran polvo a la atmósfera. Los desiertos de México son la excepción, las emisiones de plumas polvorientas como las que acontecieron en el entorno seco sonoreño y en la Península de Baja California a finales de noviembre de 2011 fueron captadas por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y constituyen la evidencia del fenómeno. (Earth Observatory, 2011). (Figura 3).



Figura 1. Se observa la distribución de las entidades costaneras de la República Mexicana localizadas en la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe y la parte occidental del continente africano, separado por el océano Atlántico.

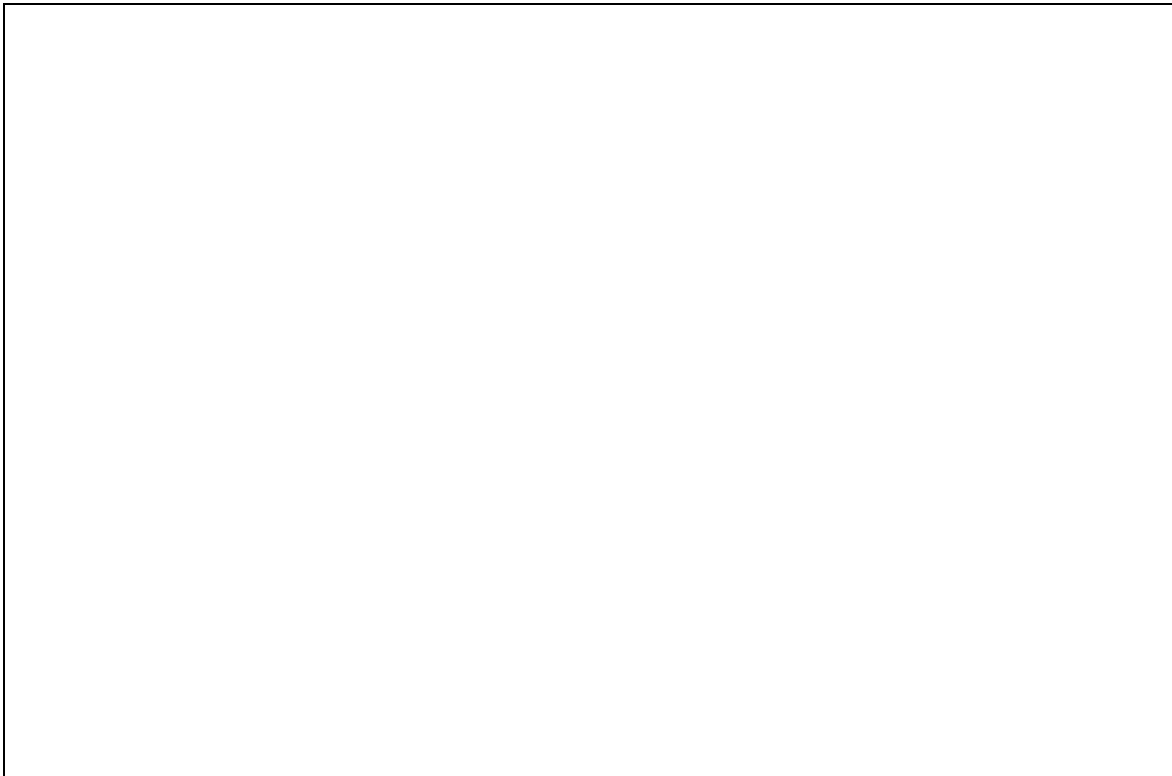


Figura 2. Se muestra el espesor del polvo óptico medio durante el verano, derivado de las mediciones por satélite entre 1979 y 2000 en desierto del Sahara, el Sahel y la depresión de Bodélé.

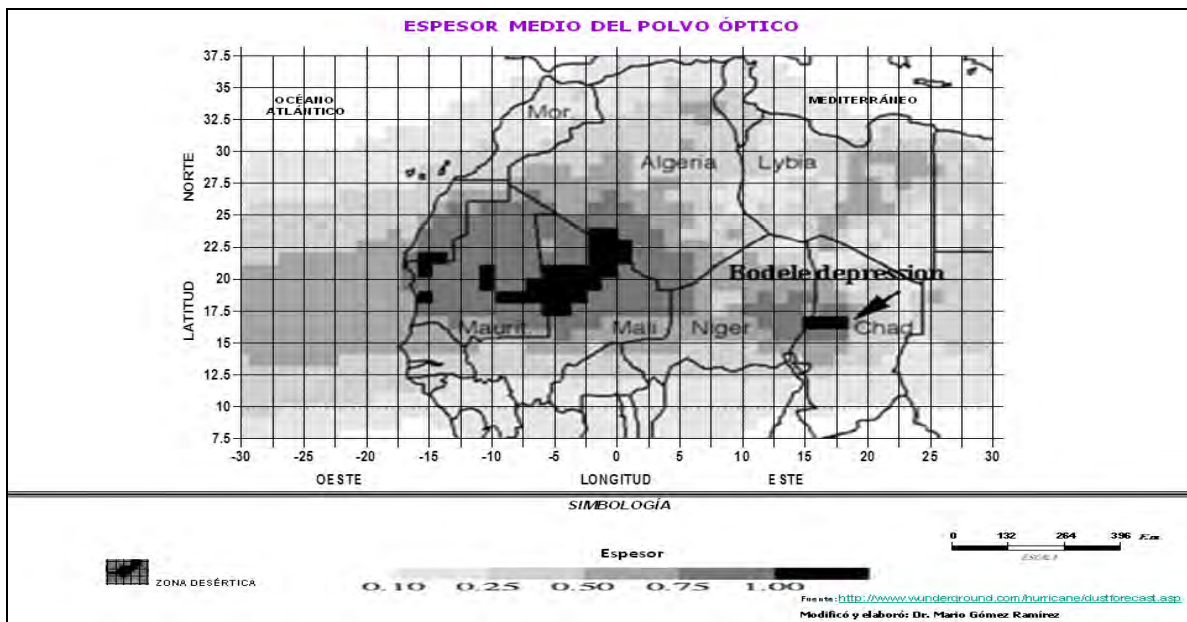
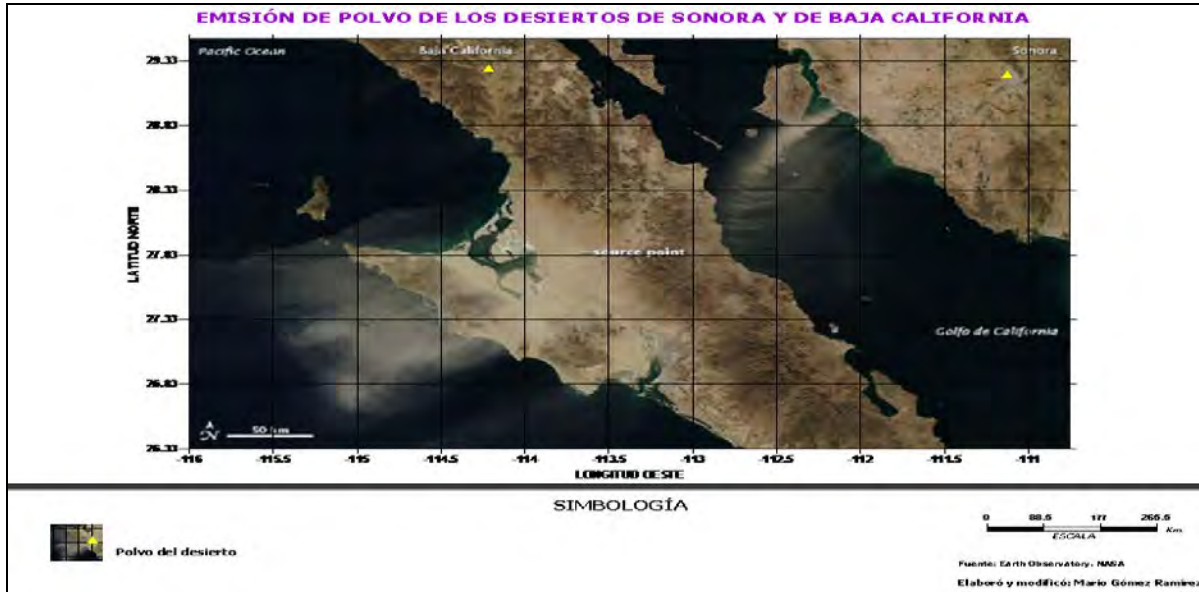




Figura 3. En la imagen de la NASA, se observa penachos de polvo desprendiéndose de la parte occidental del estado de Sonora y de la parte media de la península de Baja California



Metodología

La tecnología actual, basada en las herramientas satelitales, tiene gran relevancia en la teledetección de las partículas minúsculas de polvo provenientes del Sahara. En este caso se analizaron e interpretaron imágenes de satélite diarias combinadas METEOSAT 9 (son una serie de satélites meteorológicos geoestacionarios construidos y lanzados por la ESA, que opera y desarrolla la Organización Europea) y GOES 11 (son satélites meteorológicos geoestacionarios operacionales de la Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica (NOAA) del año 2011).

Se tomaron las imágenes cada 6 horas de un archivo que se fue obteniendo diariamente disponibles en línea SAL. Split Window – Meteosat-9. A partir del día 19 de diciembre del mismo año, dejaron de emitirse las imágenes GOES 11 por parte de la University of Wisconsin-Madison. Space Science and Engineering Center.

Inconvenientes

El polvo del Sahara, tiene importancia en la vida humana, en las plantas y los animales de los diversos ecosistemas, tanto marinos como terrestres y en algunas veces contribuye en forma positiva, pero en otras ocasiones, su presencia resulta inconveniente.

La composición del polvo es diversa, debido a que concentra partículas con alta carga de compuestos como minerales, "biológicos, como hongos virus, bacterias estafilococos, ácaros muchos de ellos patógenos, compuestos fecales, polen, metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes como pesticidas, insecticidas etc. Estas nubes de polvo representan una seria amenaza para la salud en los territorios bajo su influencia" (Mojena, s/f).

En la salud humana es relevante la cobertura de polvo en la calidad del aire al impactar en las poblaciones, como ocurre en el Caribe la presencia común de estas nubes, que se considera como un corredor del asma; la rinitis alérgica, es otro síntoma común.

Además, repercute en los procesos biogeoquímicos del medio marino y se asocia a la proliferación de plancton del Atlántico. Al precipitarse en el entorno las partículas de polvo o arena salinizan el suelo, así como en otros sitios lo fertilizan.

La "selva amazónica debe su fertilidad en gran parte a toneladas y toneladas de polvo, que realizan un larguísimo viaje sobre el Océano Atlántico cada día. ¿De donde proviene el polvo? Nada menos que de África. .



Figura 4

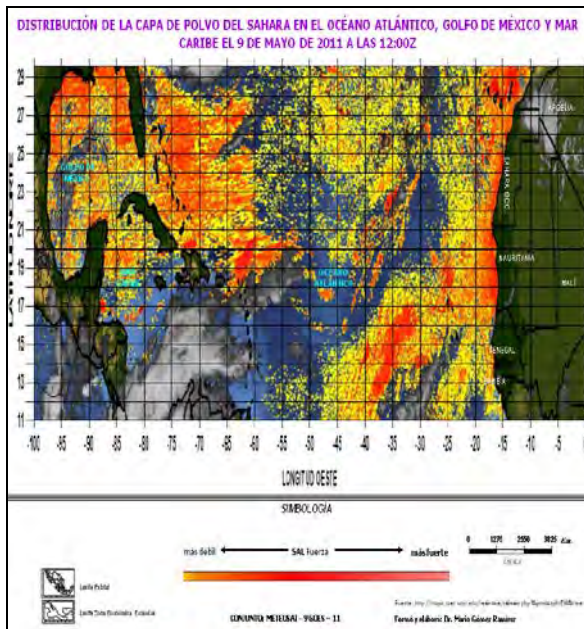


Figura 5

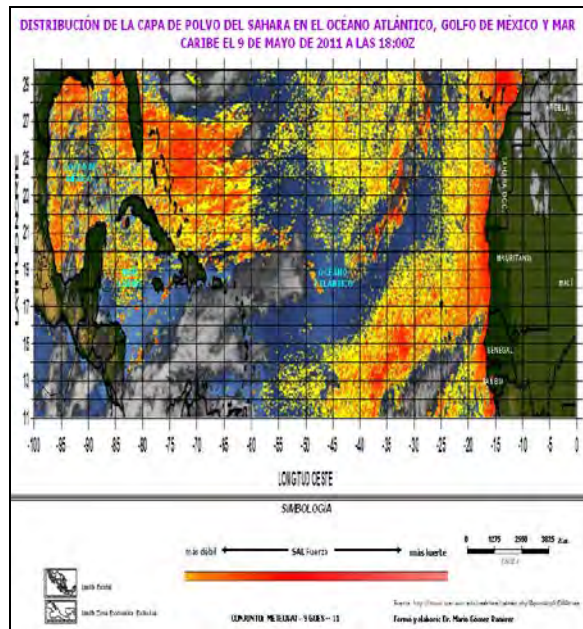


Figura 6

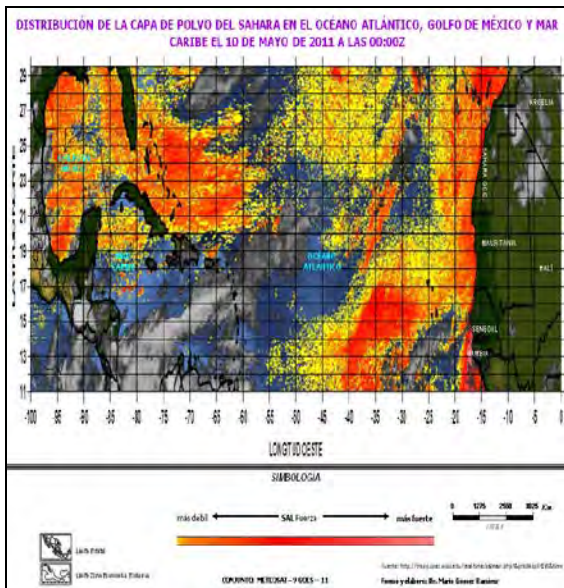


Figura 7

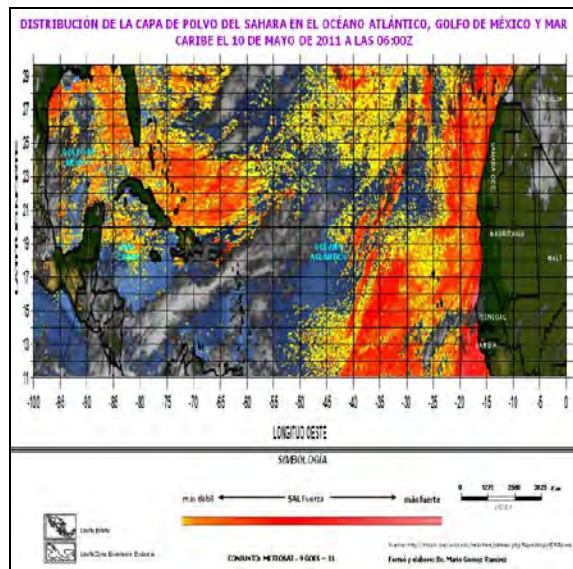




Figura 8

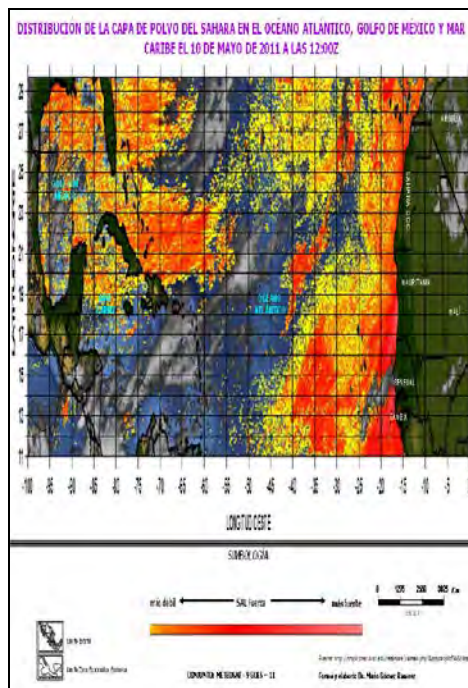


Figura 9

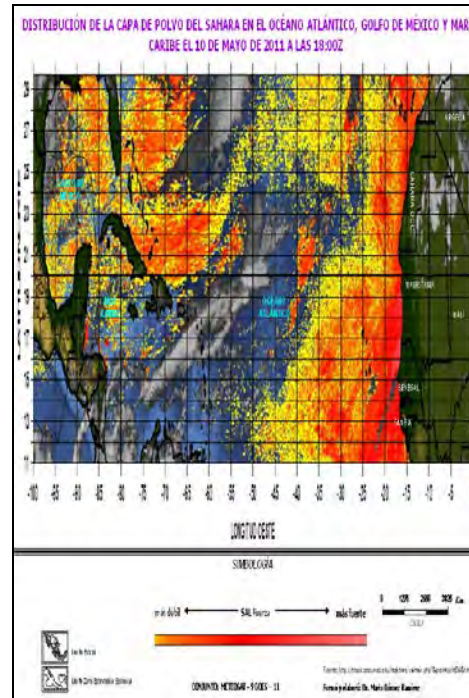


Figura 10

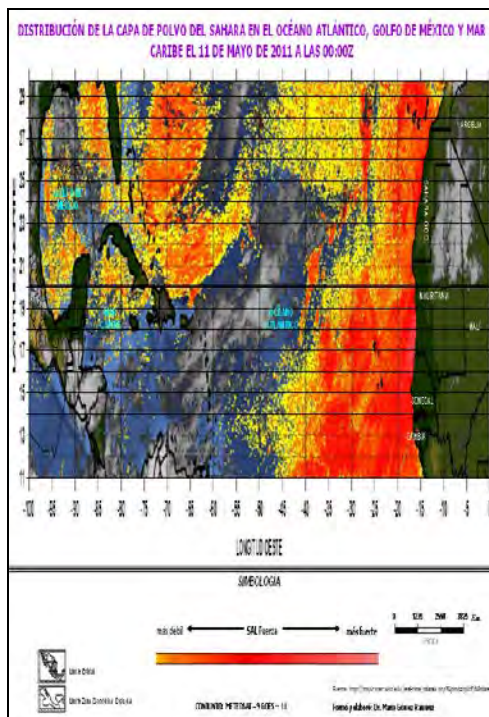


Figura 11

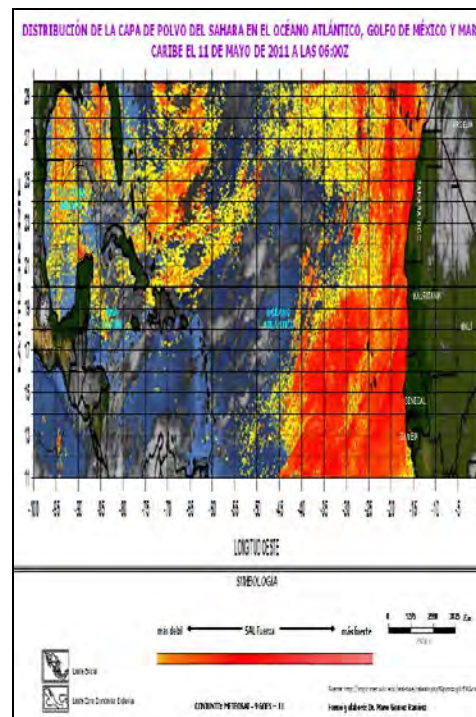




Figura 12

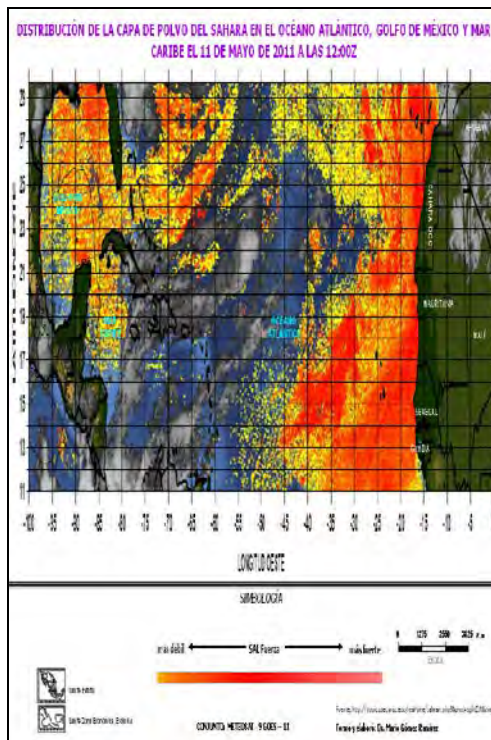


Figura 14

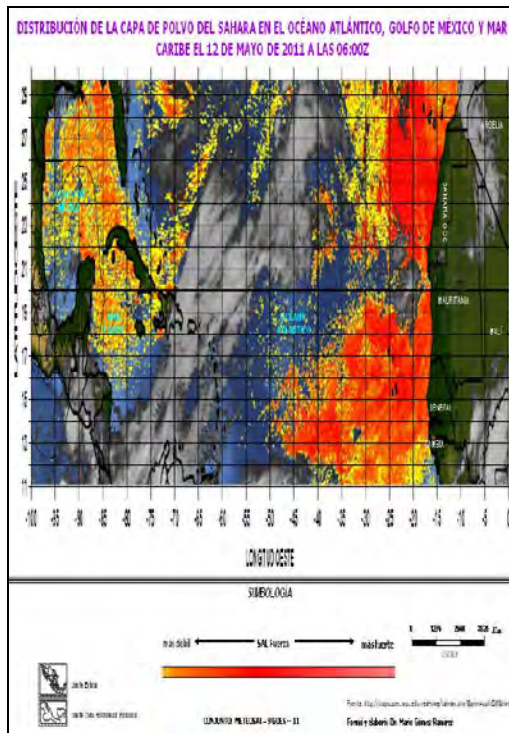


Figura 13

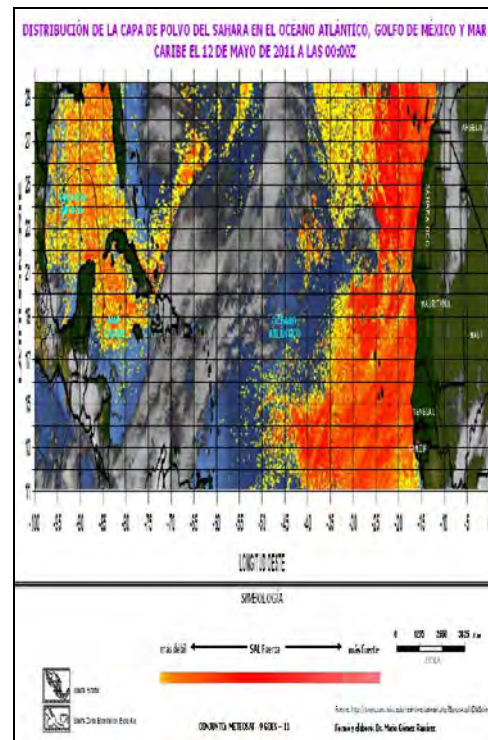


Figura 15

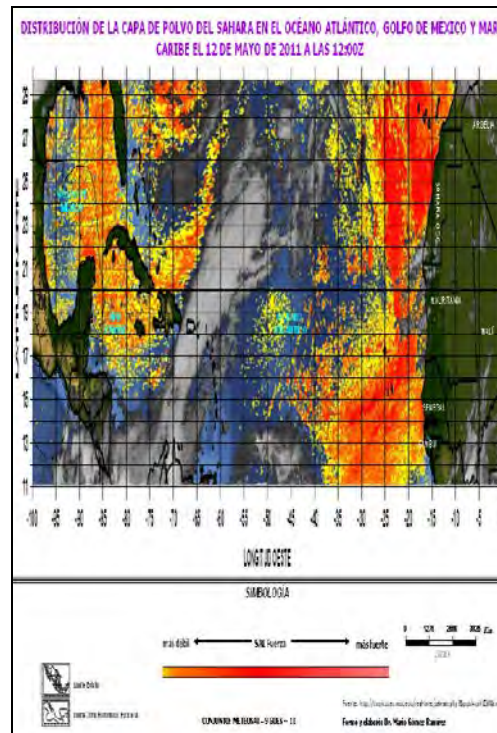




Figura 16

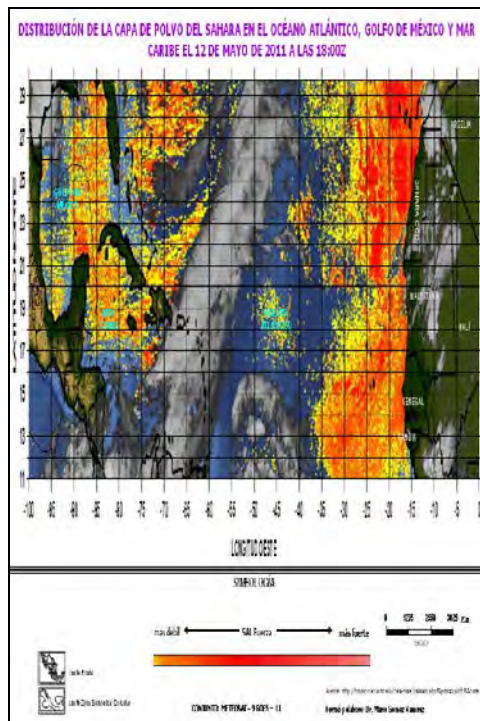


Figura 17

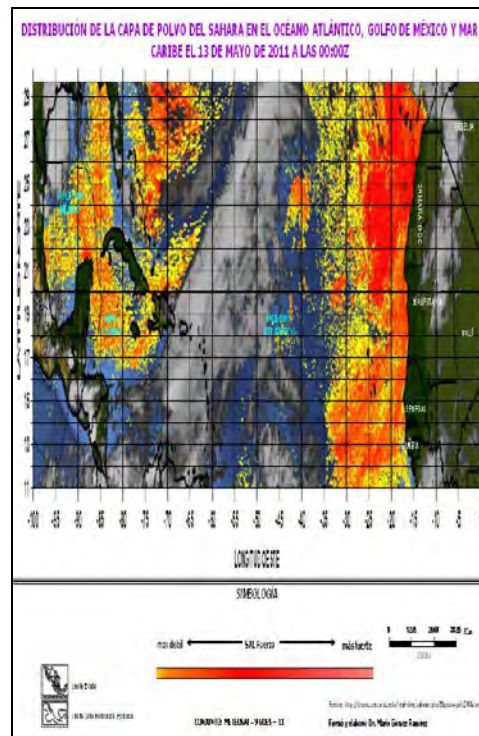


Figura 18

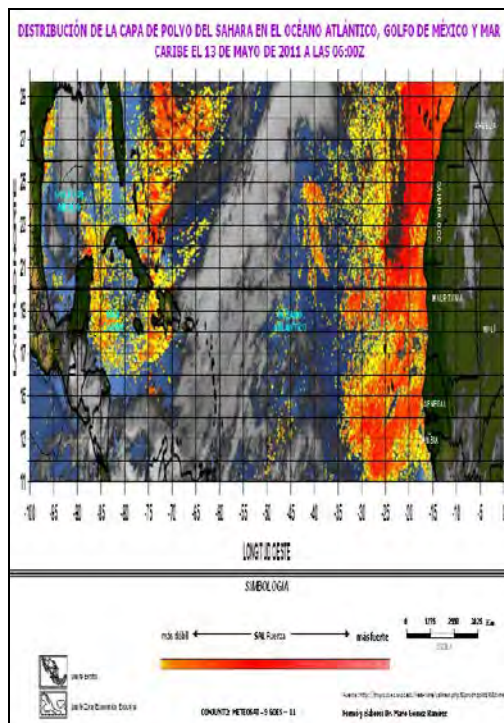


Figura 19

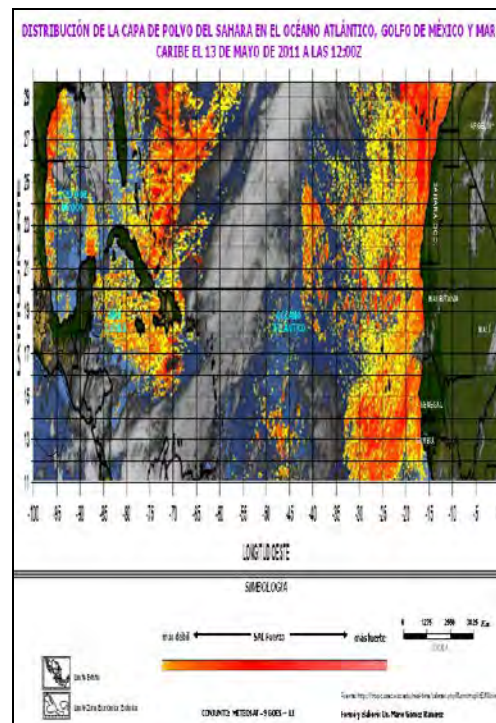




Figura 20

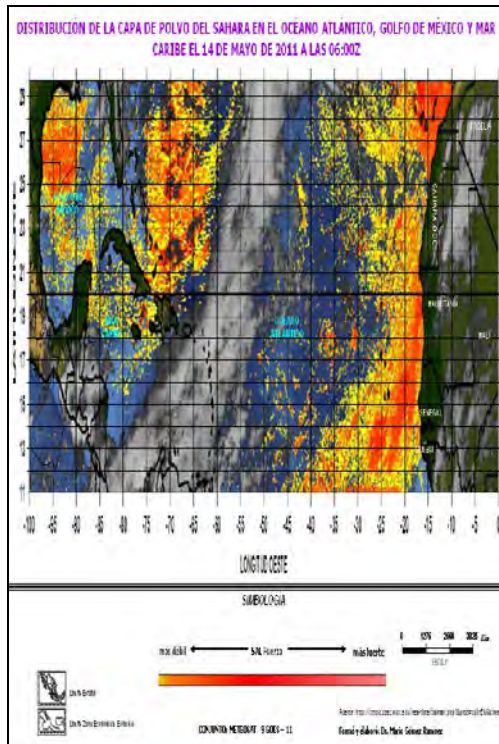


Figura 21

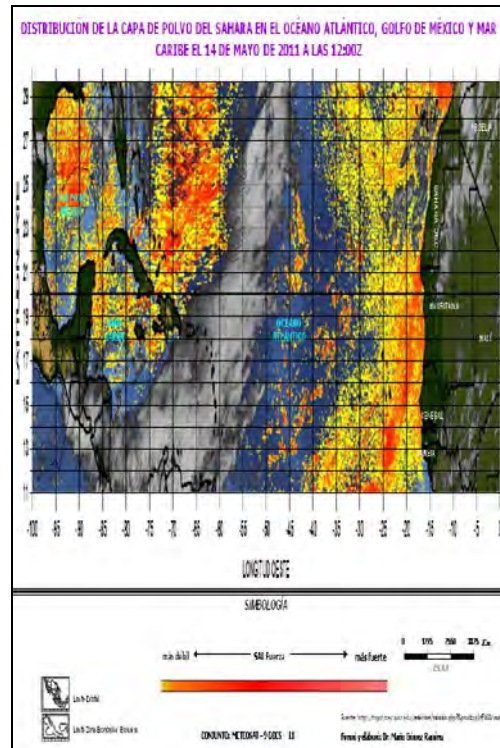


Figura 22

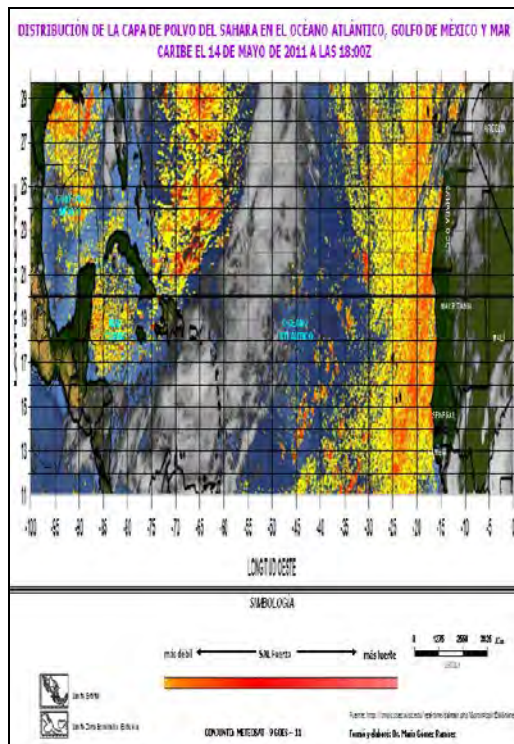
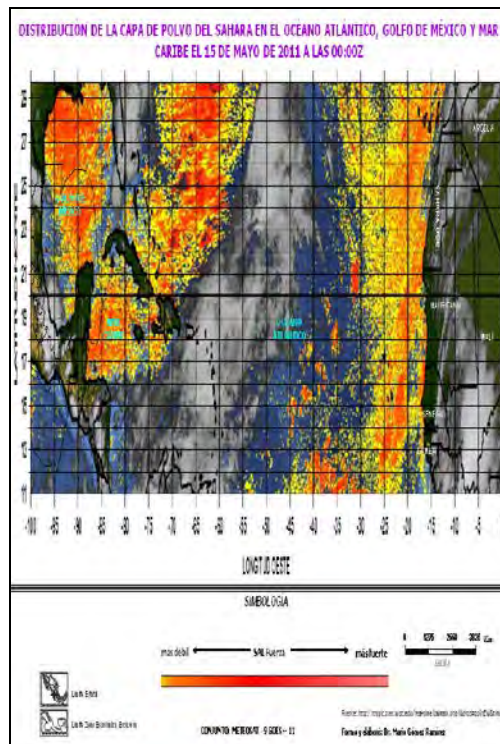
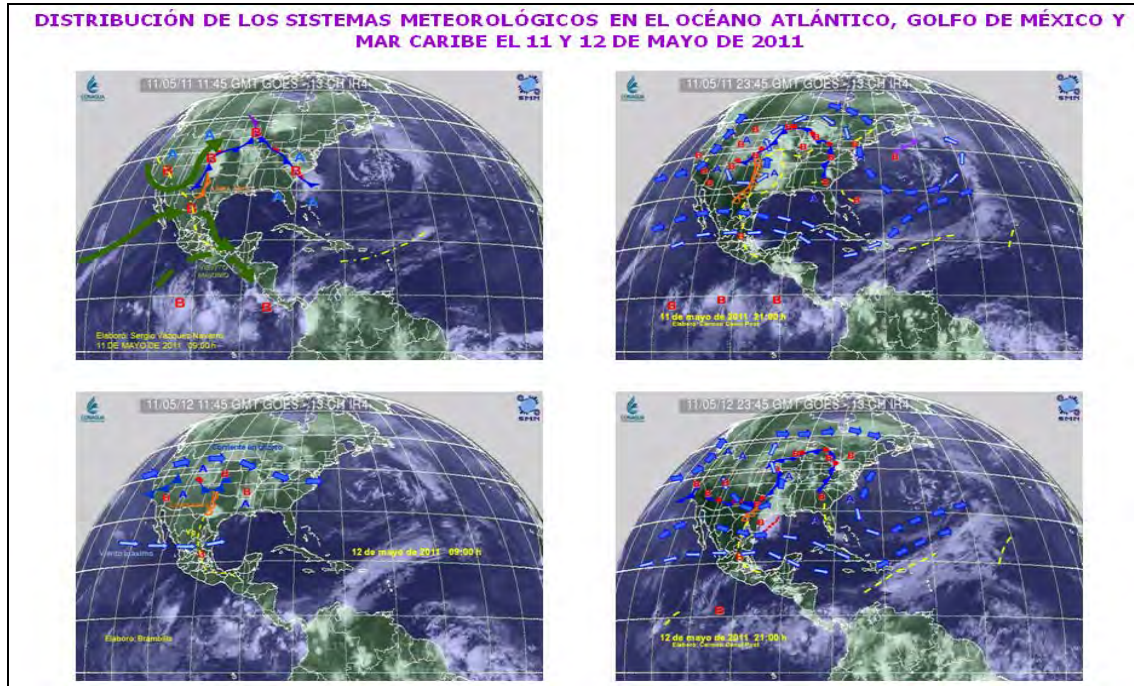


Figura 23

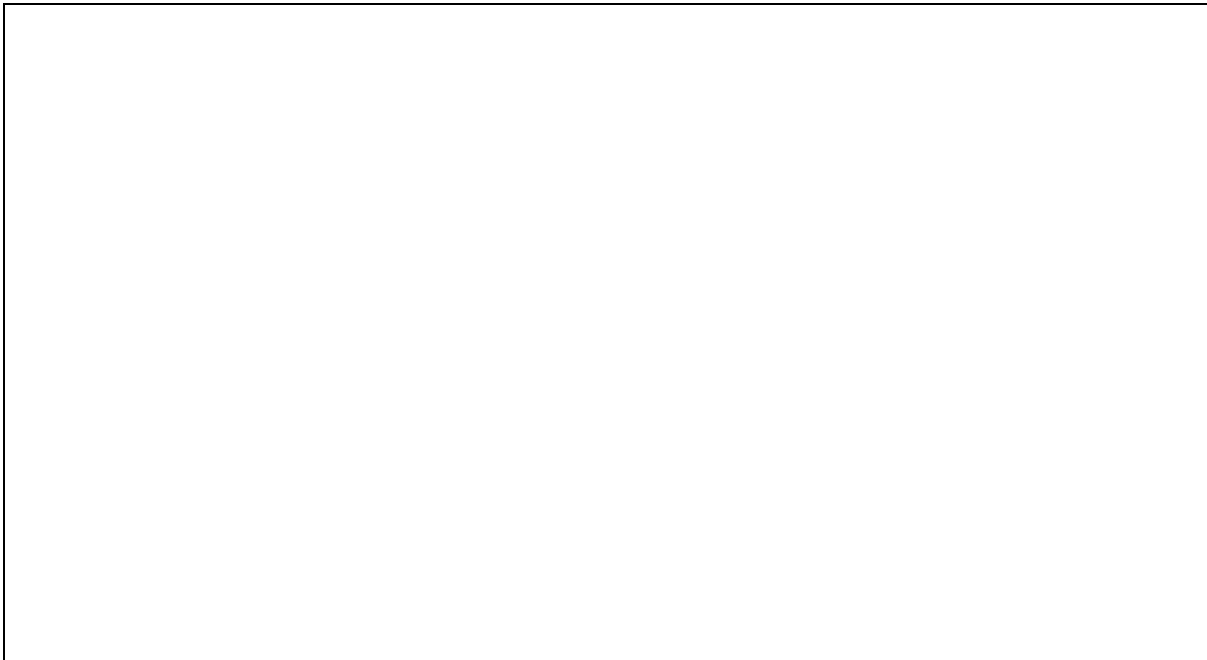




Figuras 24-27

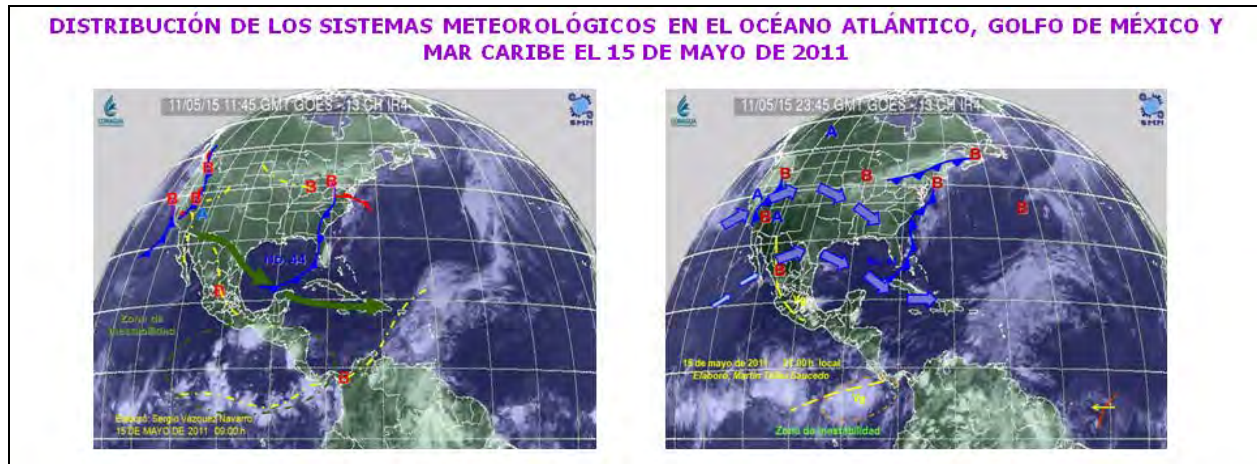


Figuras 28-31





Figuras 32-33



Figuras 24-33. En las imágenes de satélite interpretadas, se observan los sistemas meteorológicos que prevalecieron entre el 11 y 15 de mayo de 2011, como la corriente de chorro, vientos máximos, líneas de vaguada, frente frío N°. 44, bajas presiones, entre otros, los cuales influyeron en el comportamiento de la distribución del polvo proveniente del Sahara.

El valle de Bodélé, un verdadero desfiladero para el viento situado en el norte de Chad, desierto de Sahara, provee el 56 por ciento del polvo que llega anualmente al Amazonas, aportando varios nutrientes minerales que fertilizan el suelo. Esto quiere decir que 50 millones de toneladas de partículas más fina que el arena cruzan 10.000 kilómetros de mar para alimentar la vida en otro rincón del mundo.” (Vintiñi, 2012).

Tienen un papel relevante las nubes de polvo en la dinámica atmosférica del estado del tiempo y del clima. El aerosol (polvo) influye en el balance de radiación del sistema climático al alterar la luminosidad ya que funge como un escudo al impedir que la luz solar llegue a la superficie terrestre y modifica los patrones de circulación atmosférica.

En cuanto al estado atmosférico tiene un efecto inhibitor en la génesis de los ciclones tropicales e intensificación de las “grandes cantidades de polvo pueden mantener las temperaturas de la superficie del mar hasta 1 °C más baja que la media en la región de desarrollo huracán Principal (MDR) de la costa de África, proporcionando huracanes con menos energía para formarse y crecer.” (Weather Underground, 2012). También incide en forma negativa sobre el desarrollo de nubes de tormenta con el confinamiento de la altura de las nubes a las

capas bajas de la troposfera, al igual que propicia la mengua de la precipitación, entre otros.

Resultados

Al llevar a cabo el análisis de las imágenes satelitales, se corroboró que, efectivamente, los aportes de partículas de polvo provenientes del espacio seco africano, llegan a transportarse hasta las entidades de la República Mexicana que se localizan en la vertiente oriental del Golfo de México y Mar Caribe. Asimismo, este constante arribo del aerosol, puede influir y repercutir en diversos ámbitos como ocurre con la salud humana, en los ecosistemas de la parte continental como marina, en la capa atmosférica y en la variabilidad climática, entre otros a diferentes escalas. (Figuras 4 - 23).

Las emisiones de polvo sahariano constantemente cubren la atmósfera de la cuenca atlántica hasta alcanzar diversos espacios geográficos del continente americano. La dinámica del estado del tiempo, influye en el recorrido de las partículas finas con desplazamiento eólico, así como en su distribución, como ocurre cuando se forma en el verano un ciclón tropical, una onda del este, una vaguada, la invasión de una masa de aire polar en la temporada invernal, entre otras. (Figuras 24-33). Se recomienda que este litometeor, sea monitoreado y estudiado para evitar consecuencias mayores en la vida de los mexicanos, de los



diversos ecosistemas del ambiente continental y marino, así como en las diversas actividades económicas

Fuentes de consulta

1. Alonso, P.S., et al. (2012). African dust source regions for observed dust outbreaks over the Subtropical Eastern North Atlantic region, above 25° N. *Journal of Arid Environments*. Vol. 78, 100-109. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196311003478>
2. Carlson, T.N., et al. (1972). The Large-Scale Movement of Saharan Air Outbreaks over the Northern Equatorial Atlantic. *American Meteorological Society*, 11(2), 283-297. Recuperado el 10 de agosto de 2012, de <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%281972%29011%3C0283%3ATLSMOS%3E2.0.CO%3B2>
3. Chris Landsea, Ch. (2012) Frequently Asked Questions. Hurricane Research Division. Atlantic Oceanography & Meteorological Laboratories, NOAA. Recuperado el 10 de septiembre de 2012, de <http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/tcfaqHE D.html>
4. Dunion, J.P. and Velden, Ch.S. (2004). The impact of the Saharan air layer on Atlantic tropical cyclone activity. *American Meteorological Society*, 85(3), 353-365.
5. Earth Observatory, NASA. (2011, 27 november). Dust storms in Mexico. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=76541>
6. Gómez, R.M. (2006). Trayectorias históricas de los ciclones tropicales que impactaron el estado de Veracruz de 1930 al 2005. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Vol. X, No. 218, (15). Recuperado el 22 de julio de 2012, de <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-15.htm>
7. Gómez, R.M. (2007). Los ciclones tropicales un riesgo para el turismo en Quintana Roo. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, No. 8. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/mgrciclones.htm>
8. Gómez, R.M. (2009). El huracán "Dean" fue un típico Cabo Verde, que impacto al estado de Veracruz en México en 2007. *Memorias. III Congreso Internacional de Ciencias, Artes, Tecnología y Humanidades*, 658-668. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://www.uv.mx/congresoamcath/documentos/MemoriasProceedings02Jun09.pdf>
9. Gómez, R.M y Álvarez, K.E. (2005). Ciclones tropicales que se formaron al este de las Antillas Menores e impactaron los estados costeros del litoral oriental de México de 1900 al 2003. *Revista Geográfica*, No. 137, 57-80.
10. Gómez R.M y Álvarez, K.E. (2011). Curioso origen y trayectoria errática del huracán "Olivia" por el territorio chiapaneco y Pacífico sur mexicano en 1978. *Memorias. Congreso. AcademiaJournals.com Chiapas 2011*, Vol. 3, No. 2, 7-9. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://chiapas.academiajournals.com/downloads/11CH301-400%20Congreso%20AcademiaJournals%20Chiapas%202011%20301-400.pdf>
11. Gubin, A. (2012, 13 de agosto). Imágenes revelan polvo del Sahara viajando al Caribe y al Pacífico. *La Gran Época*. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de <http://www.lagranepoca.com/25301-imagenes-revelan-polvo-del-sahara-viajando-al-caribe-pacifico>
12. La Nación, (2004, 21 de agosto). El polvo, otro enemigo del medio ambiente. *La Nación*. Recuperado el 11 de junio de 2012, de <http://www.lanacion.cl/noticias/site/artic/20040820/pags/20040820154054.html>
13. Mojena, E. (s/f). Nubes de Polvo del Sahara. Su presencia en el Mar Caribe. Instituto de Meteorología de Cuba. Recuperado el 5 de junio de 2012, de <http://www.mvd.sld.cu/doc/NubesPolvoSahara.htm>
14. Rodríguez, C.H. (2012, 12 de agosto). Con los días contados el polvo del Sahara. *Vocero*. Recuperado el 2 de septiembre de 2012, de <http://www.vocero.com/con-los-dias-contados-el-polvo-de-sahara/>
15. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. (2011). Imágenes interpretadas. Recuperado el 11 de junio de 2012, de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=57
16. University of Wisconsin-Madison. Space Science and Engineering Center.



- Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies. (2011). Blowing dust in the Baja California region of Mexico. Recuperado 2 julio de 2012, de <http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/blog/archives/9270>
17. University of Wisconsin-Madison. Space Science and Engineering Center. Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies. (2011). Saharan Air Layer (SAL). Split Window – Meteosat-9. Recuperado 3 agosto de 2012, de <http://tropic.ssec.wisc.edu/real-time/salmain.php?&prod=splitEW&time=>
18. Vintiñi, L. (2012, s/f). 50 millones de toneladas de polvo viajan anualmente desde el Sahara hasta el Amazonas. *Convivirpress*. Recuperado 4 de septiembre de 2012, de http://www.convivirpress.com/Notas11/Med_MillonesToneladasPolvo.htm
19. Washington, R., et al. (2006). Vínculos entre topografía, viento, deflación, lagos y polvo: el caso de la depresión de Bodélé, Chad. *Geophysical Research Letters*, 33, L09401, in / 2006GL025827.
20. Weather Underground. African dust. Recuperado el 4 julio de 2012, de <http://www.wunderground.com/hurricane/dustforecast.asp>

Propuesta de temáticas que deben de estudiarse.

Temperatura de la superficie del mar
Altura del nivel del mar
Fenómenos El Niño y El Viejo
Ciclones tropicales
Los Nortes
Las mareas
Polvo del Sahara



Vulnerabilidad social y cambio climático en las regiones Media y Huasteca Potosina

Calderillo Granados K. L., Reyes Hernández H., Julio Miranda P., Charcas Salazar H.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales

Resumen.

La vulnerabilidad social está determinada por factores como la pobreza, desigualdad, marginación, acceso a los seguros, calidad de la vivienda, entre otros y su naturaleza depende del peligro al cual el sistema humano en cuestión se expone y de las propiedades que lo hacen ser más vulnerable a cierto tipo de riesgos.

Evidencia científica señala los impactos actuales y potenciales del cambio climático sobre el bienestar humano afectando principalmente a las comunidades más pobres y vulnerables por lo que se requiere una mayor comprensión e investigación de los factores determinantes de la vulnerabilidad ante este fenómeno lo cual, debe analizarse mediante la generación de escenarios del clima futuro y su comparación con las características de una población. Las condiciones sociales y económicas de las regiones Media y Huasteca Potosina ponen a estas poblaciones en un contexto de alto grado de marginación y rezago social haciéndolas altamente vulnerables ante eventos como el cambio climático.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el grado de vulnerabilidad social en las zonas Media y Huasteca ante el cambio climático mediante la construcción de un índice de vulnerabilidad social a través de análisis estadísticos y multivariados utilizando el programa SPSS 15.0, el índice será representado espacialmente por medio de un SIG (ArcGis 10.0). Finalmente éste mapa temático será comparado con los escenarios de cambio climático proyectados para la zona de estudio, con lo que se busca identificar las localidades de mayor vulnerabilidad e identificar los posibles impactos positivos y negativos bajo los escenarios de clima proyectados.

Introducción

En el país, muchas regiones son vulnerables ante un cambio en las condiciones climáticas, que van desde riesgos de sequía hasta un creciente

problema de enfermedades transmitidas por vectores. Así, el análisis del contexto socioeconómico es de suma importancia para proyectar escenarios de vulnerabilidad, pues los impactos del cambio climático dependerán no sólo de la magnitud del mismo, sino también de la capacidad de adaptación de los sistemas naturales y humanos.

En México no existen estudios regionales de la vulnerabilidad a condiciones extremas en el clima; por lo que es necesario contar con proyecciones, o escenarios climáticos, de carácter regional que permitan generar estudios más detallados en términos de variables de relevancia por sector o por región.

La mayoría de las proyecciones climáticas en el país señalan un aumento en la temperatura y una disminución de precipitación. En el país, muchas regiones son vulnerables ante un cambio en las condiciones climáticas que van desde riesgos de sequía hasta un creciente problema de enfermedades transmitidas por vectores. Así, el análisis del contexto socioeconómico es de suma importancia para proyectar escenarios de vulnerabilidad, pues los impactos del cambio climático dependerán no sólo de su magnitud sino también de la capacidad de adaptación de los sistemas naturales y humanos.

En México, hay pocos estudios referentes a la evaluación regional de la vulnerabilidad ante condiciones extremas en el clima; además es necesario contar con proyecciones o escenarios climáticos regionales que permitan generar estudios más detallados en términos de variables de relevancia por sector o por región.

En el caso de las regiones Media y Huasteca Potosina sus características físicas, los principales sistemas productivos y económicos así como las condiciones sociales que prevalecen en éstas zonas ubican a éstas poblaciones en un contexto de



marginación, pobreza y rezago social permanente, características que las hacen ser vulnerables ante eventos como el cambio climático.

Objetivo General

Determinar el grado de vulnerabilidad social ante los efectos del cambio climático en las zonas Media y Huasteca Potosina.

Objetivos específicos

Construir y representar espacialmente el índice de vulnerabilidad social de las localidades de las microrregiones Media Este y Huasteca Centro y Sur
Obtener los escenarios de cambio climático para las microrregiones Media Este y Huasteca Centro y Sur.
Identificar la relación entre vulnerabilidad social y los escenarios de cambio climático.

Marco de Referencia

Vulnerabilidad y vulnerabilidad social

La vulnerabilidad es el estado de individuos, grupos o comunidades definido en términos de su capacidad para hacer frente y adaptarse ante cualquier fuerza externa que ejerza presión en sus medios de subsistencia y bienestar. La vulnerabilidad, o la seguridad de cualquier grupo, está determinada por la disponibilidad de recursos y, sobre todo, por el derecho de los individuos y los grupos para pedir y tener acceso a estos recursos. (Adger and Kelly, 1999)

La naturaleza de la vulnerabilidad social dependerá de la naturaleza del peligro a la cual el sistema humano en cuestión se expone. Aunque la vulnerabilidad social no es una función de la gravedad del riesgo o la probabilidad de ocurrencia, ciertas propiedades de un sistema hacen que sea más vulnerable a ciertos tipos de riesgos que a otros. Sin embargo, ciertos factores como la pobreza, la desigualdad, la salud, el acceso a los recursos y la situación social tienden a determinar la vulnerabilidad de las comunidades y los individuos a una serie de riesgos diferentes (incluyendo peligros no climáticos). (Brooks, 2003)

Vulnerabilidad social y Cambio climático

El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicado a comienzos del 2007, confirmó que el cambio climático global ya es una realidad, refiriéndose a éste como “cualquier cambio en el clima debido ya sea a su variabilidad natural o como resultado de la actividad humana”. De acuerdo a información obtenida del IPCC se ha dado un aumento en la temperatura siguiendo ésta una tendencia lineal en el periodo 1906-2005 y el

cual se estima en alrededor del 0,74°C además de la existencia de un cambio en los regímenes de precipitación, derretimiento de los glaciares y aumentos en el nivel del mar, etc. Y es altamente probable que se presente un calentamiento de 0.2°C por década. (IPCC, 2007) (UICN, 2008).

Los documentos relacionados con las políticas sobre el cambio climático, incluyendo el Informe Stern (2006) y el Cuarto Informe del PICC (2007) coinciden en que quienes mayormente sufrirán las consecuencias del cambio climático serán las comunidades más pobres y vulnerables del mundo, incluyendo los pueblos indígenas y tradicionales señalando que las comunidades que habitan en tierras marginales y cuyos medios de subsistencia dependen en gran medida de los recursos naturales están entre las más vulnerables al cambio climático por lo que se requiere una mayor comprensión e investigación acerca de los factores determinantes de la vulnerabilidad social y biofísica de estas poblaciones. (UICN, 2008).

Algunas características particulares de las comunidades indígenas y tradicionales que rigen su vulnerabilidad social en el contexto del cambio climático son: *pobreza y marginación*, insuficiencia de ingresos, activos o riqueza lo cual limita la capacidad de afrontación; *salud y nutrición*, los grupos que residen dentro de ecosistemas naturales podrían verse expuestos no solo a mayores riesgos sanitarios, sino también a un acceso limitado a servicios sanitarios y a programas de promoción sanitaria convencionales, desnutrición resultante de la disminución en la productividad agrícola; muertes causadas por olas de calor, sequías, inundaciones y tormentas; enfermedades infecciosas transmitidas a través del agua como resultado de una mala calidad del agua causante de una mayor incidencia de diarrea y enfermedades respiratorias. Además, se espera también cambios en la distribución espacial de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores causantes, p. ej., del paludismo y el dengue.

Otro componente son las redes sociales y movilidad.

A menudo, los pueblos indígenas y tradicionales son muy dependientes de las redes sociales y mantienen intercambios de alimentos y mano de obra a través de vínculos recíprocos y mercados locales, estas prácticas han sido componentes importantes de las estrategias de adaptación al cambio ambiental. Además, la mayoría de los pueblos indígenas y tradicionales que viven en los



países en desarrollo reciben muy poco apoyo estatal. Sin embargo, en una posición de mayor vulnerabilidad en razón del cambio climático y otros factores de estrés, los pueblos indígenas y tradicionales podrían ser más dependientes de la ayuda prestada por el gobierno, ONG u organizaciones internacionales, especialmente en tiempos de crisis. (UICN, 2008)

El problema del cambio climático, desde el punto de vista del desarrollo de un país o una región, cobra sentido cuando se considera la manera como las anomalías en el clima afectan a los sectores socioeconómicos. La amenaza del fenómeno debe analizarse mediante la generación de escenarios del clima futuro y mediante la comparación de éstos con las condiciones actuales o incluso pasadas.

Así, más que hablar de pronósticos se habla de escenarios a cincuenta o cien años, ya que sin determinar de manera precisa cuáles serán los valores de lluvia o temperatura que se tendrán en un momento determinado, se propone una situación de cambio probable en ciertos parámetros como la lluvia o la temperatura media estacional.

Los escenarios climáticos, generados con Modelos de Circulación General (MCG) bajo escenarios de emisión A2 y B2, señalan que es muy probable que el clima de México sea más cálido para el 2020, 2050 y 2080, principalmente en el norte del país; se proyectan disminuciones en la lluvia, así como cambios en su distribución temporal, con respecto al escenario base de 1961-1990. (Montero, 2007)

Existe cierto grado de incertidumbre respecto a la forma en la que éstos cambios afectarán a ciertos grupos humanos en tanto que otros pudieran resultar beneficiados, lo cierto es que la mayor parte de éstos cambios climáticos pueden tener impactos negativos sobre los sistemas naturales y humanos entre ellos, la reducción general del rendimiento posible de las cosechas en la mayoría de las regiones tropicales, subtropicales y en latitudes medias, menor disponibilidad de agua en regiones con escasez de la misma y, particularmente, en zonas subtropicales, aumento del número de personas expuestas a enfermedades transmitidas por vectores (por ejemplo paludismo) y en zonas pantanosas (por ejemplo cólera), entre otros. (Sterling, 2005)

De acuerdo con Algara (2009): “algunos modelos de cambio climático aplicados a la región Huasteca Potosina arrojan resultados considerables. Maderey

y Jiménez (2001) utilizaron el Modelo Termodinámico del Clima (Ádem, 1982) para proyectar el cambio que habría en la Cuenca del Río Pánuco, en donde se encuentra comprendida la Huasteca.

El modelo arrojó incrementos de 3°C en temperatura y disminución de la precipitación de 200 mm para el período de 2025-2050”.

Área de estudio

El estado de San Luis Potosí se divide en cuatro regiones: Altiplano, Centro, Media, y Huasteca. La zona Media cubre una superficie de más de 12,900 km² que equivale a más del 20.60 % de la superficie del estado, ubicada entre el desierto y la Huasteca cuenta con 14 municipios, una población total de 277, 558 hab representando el 10.58% de la población total estatal. (Tabla 1)

Esta zona se subdivide en las microrregiones Media Este y Media Oeste, se especializa fundamentalmente en la producción agrícola y los servicios. La actividad agropecuaria se sustenta en la disponibilidad de agua e infraestructura para el riego y suelos con alto potencial agrícola; destacan las hortalizas, los cítricos, los forrajes y los granos básicos.

La tecnología utilizada permite una eficiencia productiva en estos cultivos. (Secretaría Desarrollo Económico, 2011)

Tabla 1 Características meteorológicas de la región Media

Clima	Seco estepario y templado lluvioso
Temperatura media anual (°C)	19.14
Precipitación pluvial (mm)	Máx: 1031 ; Mín: 516.5

Fuente: Secretaría Desarrollo Económico, 2011

La zona Huasteca, se localiza en la parte este del estado, sobre más de 11,400 km² lo que equivalen a 18.38 % de la superficie del estado, cuenta con 20 municipios. La población total es de 725,564 hab., y representa el 27.67% de la población total estatal. (Tabla 2)

Esta zona puede dividirse en tres microrregiones: Norte, Centro y Sur. De esta manera se integran municipios con características geográficas (longitud



oeste, latitud norte y altitud) y de actividades productivas similares las cuales son establecidas como características comunes en cada zona y están íntimamente vinculadas a las características de tipo de clima y, por tanto, de vegetación.

Tabla2 Características meteorológicas de la región Huasteca

Clima	Tropical lluvioso
Temperatura media anual (°C)	24.16
Precipitación pluvial (mm)	Máx: 2432.2 ; Mín: 1265.5

Fuente: Secretaría Desarrollo Económico, 2011

Entre las principales actividades productivas de esta región se encuentran la agropecuaria y frutícola destacando la actividad citrícola-piloncillera y complementando con cultivos y cría de animales de traspatio para el autoconsumo. A falta de sistemas de riego, la mayoría de los cultivos son de temporal y prevalecen los pequeños productores, sin embargo, los rendimientos potenciales y los beneficios sociales y económicos que se esperarían de estas actividades han sido limitados en gran medida por el deterioro ambiental provocado por la deforestación, el deterioro de suelos, la contaminación de cuerpos de agua y el efecto de siniestros naturales, que se traduce en pérdidas parciales o totales ocasionados por la sequía, inundaciones o por el brote de plagas y enfermedades especialmente virulentas durante la canícula (Díaz-Barriga, 2010).

La Huasteca Potosina, es una región donde la presencia indígena es evidente. Se calcula que del 15.2% del total de población indígena en el estado de San Luis Potosí, el 94.8% residen principalmente en los municipios de la Huasteca: Tamazunchale, Aquismón, Xilitla, Matlapa, y Axtla de Terrazas. Así mismo, los bajos índices de desarrollo humano, los altos niveles de marginación, así como los índices de bienestar social los cuales se ubican por debajo de los mínimos aceptables en esta zona, tienen una correlación directa con la concentración de población indígena. (PNUD, 2006).

En San Luis Potosí el porcentaje de la población en situación de pobreza patrimonial es superior al porcentaje nacional, 10 municipios de San Luis Potosí registran un grado alto de rezago social:

Aquismón, Huehuetlán, San Antonio, Tampamolón, Tancanhuitz, Tanlajás (pertenecientes a la microrregión Huasteca Centro), Coxcatlán, Matlapa y Xilitla (Huasteca sur) y Santa Catarina (microrregión Media Este). (SEDESOL, 2010).

En este sentido, la microrregión Media Este del estado adquiere relevancia ya que los índices de desarrollo humano, salud y educación, señalan al municipio de Santa Catarina con los valores más bajos en el estado para estos indicadores; en tanto que Aquismón presenta el índice más bajo en cuanto a ingresos. Con base a cifras del CONEVAL los municipios con niveles de marginación muy alto en el estado se encuentran: Aquismón, San Antonio y Santa Catarina, y la mayor parte de los municipios que conforman la región Media y Huasteca presentan niveles de marginación alto. (CONEVAL, 2005)

De esta manera, los altos valores obtenidos en los índices marginación y pobreza existentes sobre todo en las microrregiones Huasteca Sur y Media Este del estado propician que estas poblaciones sean débiles en sus estructuras sociales y económicas y por tanto altamente vulnerables lo cual propicia que disminuya su capacidad de respuesta y adaptación ante eventos externos y extremos como lo es un cambio en las condiciones climáticas al situarse en zonas que serán impactadas por sequías debido a los aumentos en la temperatura y disminución de la precipitación proyectados y a lo cual si se añade la creciente variabilidad climática y la tendencia de los escenarios de cambio climático proyectados para las próximas décadas en la región, es altamente probable que se incremente la vulnerabilidad de esta población ante este fenómeno.

Metodología

Desarrollo de un marco teórico por medio de consulta bibliográfica para la identificación de estudios de construcción de índices de vulnerabilidad social, identificando la batería de indicadores empleados y los criterios establecidos para su selección, las metodologías y técnicas empleadas y los productos obtenidos del análisis.

Definición de los criterios de selección de las variables que permita poner en contexto las principales características sociales y económicas de la zona de estudio y que de acuerdo la literatura revisada, sean datos que permitan evaluar la vulnerabilidad social de estas poblaciones. La elección será con base a tres ejes centrales: educación, salud e ingresos y considerando



aspectos como: densidad de población, presencia de población indígena, acceso a vías de comunicación, presencia de enfermedades asociadas a condiciones ambientales, además de tomar en cuenta algunos índices ya establecidos en el país como el índice de marginación, rezago social, desarrollo humano, pobreza y que pueden relacionarse directamente con la vulnerabilidad de una población.

Se seleccionará y obtendrá la información y bases de datos de fuentes e instituciones oficiales (INEGI, CONEVAL, CONAPO, SEDARH, SSA, entre otros).

Análisis previo de los datos mediante el uso de análisis estadísticos descriptivos de los con la finalidad de observar el comportamiento de los datos y verificar que se cumplan los supuestos requeridos por los análisis estadísticos elegidos para la construcción del índice.

Normalización de los datos, requerida antes de cualquier agregación de datos ya que a menudo tienen distintas unidades de medida. Existen un gran número de métodos de normalización entre ellas la normalización (o puntuaciones z) la cual convierte indicadores a una escala común con una media de cero y una desviación estándar de uno lo cual permitirá homogeneizar las variables para su posterior agregación.

Ponderación de variables. Los pesos de las variables pueden tener un efecto significativo en el indicador compuesto. Existen un número de técnicas de ponderación algunas derivadas de modelos estadísticos, o de métodos participativos. El método de ponderación utilizado será mediante el análisis por componentes principales o factor de análisis el cual agrupa los indicadores individuales que son colineales para formar un indicador compuesto.

Agregación de variables. Para la agregación de los datos, existen varias técnicas entre ellas el método de agregación lineal, geométrico y multicriterio de los cuales se elegirá el que mejor se ajuste a los resultados obtenidos de los análisis realizados previamente. Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizará el programa estadístico SPSS 15.0

Análisis de sensibilidad el cual permitirá evaluar la robustez e incertidumbre del indicador compuesto. Para ello, algunos métodos propuestos son: análisis de incertidumbre y análisis de sensibilidad usando

técnicas basadas en la varianza, métodos de pantalla, métodos locales, métodos basado en muestreo mediante análisis de monte carlo, métodos basados en la varianza. De los cuales se utilizará el que mejor se ajuste a las características de los datos.

Una vez obtenido el *índice de vulnerabilidad social* para cada una de las localidades comprendidas dentro de la zona de estudio se realizará la *representación espacial* de este índice mediante el uso de un SIG ArcGis 10.0

Se obtendrán los escenarios actuales y las tendencias climáticas para las regiones Media y Huasteca Potosina. Dicha información será obtenida del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y del proyecto: Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de San Luis Potosí. Además, en el sitio web del Instituto Nacional de Ecología se tienen disponibles las proyecciones de cambio climático regionalizadas para México (<http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/>).

Para estimar los impactos del cambio climático en la zona de estudio se contrastarán los escenarios climáticos proyectados para las próximas décadas a una escala tal que permita hacer la correlación espacial con el mapa de vulnerabilidad social generado previamente. Este análisis comparativo permitirá identificar las poblaciones más vulnerables y los impactos tanto positivos como negativos que pudieran sufrir estas poblaciones ante un cambio en las condiciones climáticas con base en los escenarios proyectados para la zona. [Para la construcción del índice se tomo como referencia la metodología de la OECD, 2008.]

Resultados esperados

Obtener una batería de indicadores que permitan poner en contexto las principales características sociales y económicas que representen mejor las condiciones que hacen vulnerables a las poblaciones sujetas a estudio. Construir un índice de vulnerabilidad y cuantificar el grado de vulnerabilidad a nivel localidad de la zona de estudio. Representar espacialmente la vulnerabilidad social. Análisis de la vulnerabilidad social ante los escenarios de cambio climático para la región.

Fuentes de consulta

1. Adger and Kelly, 1999. *Social vulnerability to climate change and the architecture of*



- entitlements*. University of East Anglia, Norwich, United Kingdom.
2. Algara S., 2009. *Propuesta metodológica para medir el impacto del fenómeno de la sequía en la Huasteca Potosina y propuesta general de manejo*. Facultades de ciencias químicas, ingeniería y medicina. Tesis de Doctorado en el Programa multidisciplinario de posgrado en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
 3. Brooks N., 2003. *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*. Tyndall centre working paper No. 38.
 4. CONEVAL, 2005. *Estado de San Luis Potosí*.
 5. Díaz-Barriga, 2010. *Proyecto de elaboración del plan de desarrollo social municipal (Plan de gran visión). Microrregión Huasteca centro. Municipio de San Antonio, SLP*. Secretaría de Desarrollo Social.
 6. IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
 7. Montero M., Sánchez J., 2007. *Determinación de periodos de sequía y lluvia intensa en diferentes regiones de México ante escenarios de cambio climático*. Instituto Nacional Ecología. 97 pgs.
 8. OECD, 2008. *Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide*. JRC European commission.
 9. Programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD) 2006. *Informe sobre desarrollo humano San Luis Potosí 2005*. 95 pgs.
 10. SEDESOL, 2010. *El Fonhapo y los municipios: realizando juntos acciones de vivienda*. Fideicomiso fondo nacional de habitaciones populares.
 11. Secretaría Desarrollo Económico, 2011. *San Luis Potosí*.
 12. Sterling Y., 2005. *Cambio climático: planteamientos y análisis desde una perspectiva multidisciplinar*. Universidad Complutense de Madrid
 13. UICN, 2008. *Los pueblos indígenas y tradicionales y el cambio climático*. Versión

resumida. Gonzalo Oviedo, Asesor sénior de la UICN, política social.



Vulnerabilidad socioeconómica debido a la disponibilidad de agua ante el cambio climático en la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí

González Turrubiates, D. M. E.¹; Vargas Castilleja, R. del C.¹, Rangel Blanco, L.¹
y Monterroso Rivas, A.²

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas

² Universidad Autónoma de Chapingo

Emails: González Turrubiates, D. M. E dgonzale@uat.edu.mx
Vargas Castilleja, R. del C., rociovargascastilleja@hotmail.com
Rangel Blanco, L. lidia88_6@hotmail.com
Monterroso Rivas, A aimrivas@correo.chapingo.mx

Resumen

La evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica, relacionada con el impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua, es una experiencia sobresaliente en el ámbito nacional, que debe ser abordada de manera generalizada por las instancias vinculadas al desarrollo de estos espacios territoriales.

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua, mediante la selección y desarrollo de variables y criterios específicos para valorar la vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca del río Guayalejo-Tamesí.

La metodología adoptada para la selección y desarrollo de indicadores se aplica en un marco de evaluación del grado de exposición, grado de susceptibilidad y la adaptación socioeconómica al cambio climático debido a la disponibilidad de agua.

La base sólida para la generación de planes y programas de adaptación y mitigación debido al cambio climático, es precisamente el estudio del reconocimiento y estimación de indicadores que demuestren el estado actual y futuro, en caso particular a nivel cuenca.

Palabras clave: cambio climático, disponibilidad de agua, vulnerabilidad.

Introducción.

En la última década uno de los retos que la sociedad en el mundo ha estado enfrentando es el relacionado a los impactos de los cambios globales ante el denominado cambio climático. Aunque, el cambio climático no es un tema nuevo de reciente

aparición, si es un problema ambiental de carácter mundial, con consecuencias regionales y locales que deben ser tomadas en consideración puesto que generan un deterioro en el desarrollo económico, social y ambiental.

El estudio y comprensión va a definir, en gran medida, las diversas formas de aprovechamiento futuro que se hagan de los recursos naturales con que se cuenta.

En el año 2008 el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) publicó el documento "Climate Change and Water", editado por Bates et al. (2008), en donde se confirma lo que ya muchos investigadores a nivel mundial habían indicado sobre el impacto que el cambio climático tendría sobre los recursos hídricos. Bates et al. (2008), registran que los cambios del ciclo hidrológico a gran escala que se han observado en las últimas décadas del siglo XX, en aspectos relacionados con el contenido de vapor, cambios en los patrones de precipitación e intensidad de la misma, reducción en las capas de hielo y derretimiento de glaciares, así como los cambios en la humedad del suelo y en los procesos de escurrimientos, se encuentran relacionados al calentamiento global.

Denuncian, además, que durante las últimas décadas del siglo XX la precipitación ha aumentado en regiones de latitudes altas, sobre todo en el hemisferio norte, y ha disminuido en regiones de latitudes medias, situación consistente con las proyecciones de precipitación pronosticada por los modelos de cambio climático (Gay, 2000; Arnell et al., 2001; Trenberth et al., 2003).



En consecuencia a las tendencias observadas y predichas de las condiciones climáticas globales debido a la alteración de los patrones de precipitación, los efectos sobre los recursos hídricos no se han hecho esperar.

Por una parte, el incremento del riesgo de sequías, que modifica las disponibilidad del agua afectada por la disminución de su cantidad, por otra parte, el aumento en el riesgo de inundaciones que también altera la disponibilidad del agua afectada principalmente en la calidad de la misma a causa precisamente de escorrentías intensas.

En este sentido, y en lo que respecta a México, en buena parte de su territorio ya se está observando una disminución del escurrimiento medio anual y de la disponibilidad de agua (Mendoza et al., 1997; Gay, 2000).

Estos efectos, y otros más, atribuibles al cambio climático que se han estado observando, han empezado a crear graves desequilibrios ecológicos y sociales. El cambio climático está imponiendo nuevos y mayores costos a la sociedad y a los ecosistemas.

El contexto socioeconómico propio de México, el crecimiento poblacional y económico, tienen ya inercias de uso en los recursos hídricos que están llevando a un deterioro a las cuencas hidrológicas.

En consecuencia es necesario evaluar la *vulnerabilidad* regional y local ante este cambio y, diseñar estrategias de adaptación. Finalmente, es en este contexto, el interés de esta investigación en contribuir al estudio de la vulnerabilidad socioeconómica al cambio climático en la cuenca del río Guayalejo-Tamesí ante la disponibilidad de agua, es decir, estudiar el grado en que puede verse afectado la cuenca y su comunidad, por motivos de cambios en el clima.

Marco Conceptual.

De acuerdo a la última definición adoptada por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), la vulnerabilidad "es el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático", incluyendo además la variabilidad y los fenómenos extremos (Parry et al. citado en Monterroso, 2012).

Esta definición, además, subraya que la vulnerabilidad depende del carácter, la dimensión y el índice de variación climática a que este expuesto

un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

Bajo este contexto, la comunidad científica provee de dos enfoques en cuanto a conceptualizar la vulnerabilidad. El primero ve a la vulnerabilidad como un *estado final* en términos de la cantidad de daño potencial causado al sistema expuesto a un evento climático en particular.

El segundo enfoque considera a la vulnerabilidad como un *estado inicial* en términos de la situación que existe dentro de un sistema antes de enfrentarse a un determinado fenómeno (Kelly & Adger citado en Monterroso, 2012).

Considerando la representación del *estado final* del sistema, la vulnerabilidad es entendida como un residual de los impactos del cambio climático menos adaptación, es por lo tanto el impacto neto del cambio climático, se enfatiza en la dimensión física de la vulnerabilidad al analizar el tipo de perturbación climática (sequías, huracanes, inundaciones entre otras) y su correspondiente impacto, para evaluar el sistema que ha sido perturbado y su capacidad de respuesta (Luers et al. citado en Monterroso, 2012).

Por otro lado, la representación del *estado inicial* para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático tiene sus orígenes en evaluaciones de grupos sociales hacia la seguridad alimentaria y su vulnerabilidad ante desastres naturales (Bohle et al. citado en Monterroso, 2012).

En este enfoque la vulnerabilidad es determinada por las propiedades internas del sistema y es una condición variable que depende de las condiciones socioeconómicas y ambientales del sistema mismo, incluyendo al cambio climático, e inicia con la valoración de los factores que pueden llevar a una sociedad a ser vulnerable, tales como el grado de educación y el acceso a recursos, entre otros. De esta manera, se diagnostican los procesos sociales y económicos como una causante de la vulnerabilidad climática, buscando además identificar las formas de poder atenderlos (O'Brien et al. citado en Monterroso, 2012).

El carácter en que la vulnerabilidad al cambio climático es considerada en un determinado análisis obedece al modo en que se entiende la relación entre vulnerabilidad y capacidad adaptativa. Se discute por ejemplo, que entendiendo a la vulnerabilidad desde un enfoque de *estado final*, la



adaptación y capacidad adaptativa se referirán a adaptaciones futuras y por lo tanto definen la vulnerabilidad presente.

En este sentido, la capacidad adaptativa significará la habilidad de llevar a cabo adaptaciones tecnológicas específicas para enfrentar el cambio climático. La interpretación que se da desde el enfoque de *estado final* está orientada en la tecnología y su transferencia como opción de adaptación, mientras que bajo el enfoque de un *estado inicial* implica que la vulnerabilidad va a estar determinada por la capacidad adaptativa del sistema.

En este último criterio, la capacidad adaptativa será la habilidad de ajustarse tanto al entorno cambiante como a las condiciones socioeconómicas, y por lo tanto, referirse a la vulnerabilidad actual. El esquema de evaluar a la vulnerabilidad desde un *estado inicial* identifica las causantes de la vulnerabilidad misma, incluyendo el contexto socioeconómico, donde las opciones de adaptación estarán relacionadas al desarrollo.

En definitiva, la vulnerabilidad analizada desde el enfoque de *estado final* permite entender la sensibilidad climática bajo condiciones de cambio climático, ayudando a la identificación de opciones de mitigación. Y el enfoque de *estado inicial* permite analizar a la vulnerabilidad en busca de una mejora en el conocimiento de la capacidad adaptativa.

En este último caso, es posible priorizar políticas e investigaciones particularmente en sectores clave o bien en regiones biofísicas, y así estar en mejores condiciones de desarrollar estrategias de adaptación que reduzcan la sensibilidad climática.

Debido a que la presente investigación usa indicadores para evaluar las causantes de la vulnerabilidad socioeconómica, corresponde entonces un enfoque de análisis de la vulnerabilidad desde el *estado inicial*.

Metodología

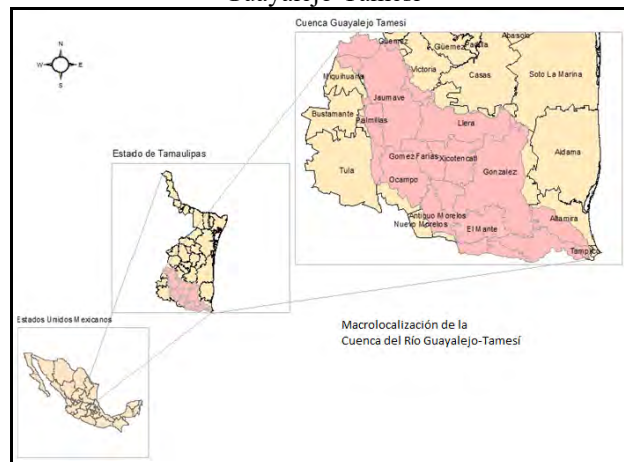
Área de estudio

El área de estudio de esta investigación corresponde a la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí (RGT) que forma parte de la Región Hidrológica No.26 correspondiente a la cuenca del Río Pánuco. El RGT es el último tributario del Río Pánuco, antes de su descarga al Golfo de México.

La cuenca del Río Guayalejo-Tamesí se ubica en gran parte en la zona sur de Tamaulipas y

solamente una pequeña parte de la cuenca alta se ubica en el Estado de Nuevo de León y otra porción de la cuenca baja se localiza en los Estados de San Luis Potosí y Veracruz, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Macrolocalización de la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí



Fuente: Elaboración propia.

Con base en el Diario Oficial de la Federación expedido el 18 de julio del 2011, el área de la cuenca es de 16,810.60 Km². De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, la población total en la cuenca del río Guayalejo-Tamesí es de 988,313 habitantes, cifra que representa el 30.2% del total de habitantes del Estado de Tamaulipas, cuenta con una densidad de población de 58.8 hab/km².

El crecimiento demográfico medio anual en la cuenca, de acuerdo al periodo 2005-2010, se estima en 1.3%, mostrando igual crecimiento tanto la población urbana como la rural (Sánchez, 2012).

Materiales y métodos.

Considerando el carácter multifacético de la vulnerabilidad y el riesgo asociado con el cambio climático, las variables que describan la vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca en estudio deben mostrar una clara descripción de las características del estado y la capacidad de respuesta de contexto particular en estudio; considerando tres categorías de análisis: la exposición, la susceptibilidad y la capacidad de adaptación del territorio y la sociedad afectada.

A continuación se describen las tres categorías y sus indicadores, mostrados en la Tabla 1, con el objeto de valorar la vulnerabilidad socioeconómica



debido a la disponibilidad del agua ante el cambio climático en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí.

Indicadores de exposición al cambio climático:

Estos indicadores representan la magnitud y la escala de variación del clima a la cual se está expuesto. En términos generales deben indicar el grado de exposición al riesgo de sufrir eventos climáticos extremos: sequías, huracanes, inundaciones, etc. Los indicadores usados para medir la exposición fueron: *índice de aridez, índice de exposición por eventos extremos, y la disponibilidad de agua media anual per cápita*, mostrados en la Tabla 1.

Indicadores de susceptibilidad al cambio climático:

Estos indicadores representa el grado de susceptibilidad ó sensibilidad al cambio climático. Se busca capturen el contexto sobre el cual habrá

impacto debido a la disponibilidad de agua. Es decir, los elementos susceptibles o que son sensibles a verse afectados directamente por el efecto adverso del cambio climático. Los indicadores usados para medir la susceptibilidad fueron: *población expuesta y el grado de presión hídrica*, mostrados en la Tabla 2.

Indicadores de exposición al cambio climático:

Estos indicadores representan la magnitud y la escala de variación del clima a la cual se está expuesto. En términos generales deben indicar el grado de exposición al riesgo de sufrir eventos climáticos extremos: sequías, huracanes, inundaciones, etc. Los indicadores usados para medir la exposición fueron: *índice de aridez, índice de exposición por eventos extremos, y la disponibilidad de agua media anual per cápita*, mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Guía de indicadores de exposición al cambio climático para la valoración de la vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí

Categoría/Indicador	Elaboración/Fuente
GE. Grado de Exposición. <i>La naturaleza y grado al cual está expuesto un sistema. Es igual a la frecuencia de eventos extremos, problemáticas ambientales y climatológicas.</i>	
1. Índice de Exposición por Eventos Extremos (IEEE).	Índice desarrollado por Monterroso (2012). Evalúa la exposición que han observado los municipios del país a través de indicadores que representan cambios en las condiciones climáticas históricas al incluir magnitud y frecuencia de eventos extremos. Este índice permite caracterizar el grado de estrés climático e identificar aquellos municipios en la cuenca que han estado más expuestos a la variación climática. Este indicador se normaliza: Si $0.0 < I_{EEE} \leq 0.20$ Bajo Si $0.21 < I_{EEE} \leq 0.40$ Medio Bajo Si $0.41 < I_{EEE} \leq 0.60$ Medio Si $0.61 < I_{EEE} \leq 0.80$ Medio Alto Si $0.81 < I_{EEE} \leq 1.0$ Alto
2. Índice de Aridez ó Índice de Lang. $I_{LANG} = \frac{P_m}{T_m}$	Estimador de eficiencia de la precipitación en relación con la temperatura. Indica un déficit debido a la escasez de precipitaciones. Si $0 < I_{LANG} < 40$ Región árida Si $40 < I_{LANG} < 60$ Región húmeda Si $I_{LANG} > 60$ Región muy húmeda
3. Disponibilidad Media Anual Per Cápita ($m^3/hab/día$) $DMPC = \frac{D_m}{Pob}$	Estimador que relaciona la disponibilidad media anual en la cuenca con la población. Evalúa la situación de los recursos hídricos en la cuenca, e indica el nivel de estrés en la misma (Brooks, 2004). Si $DMPC \leq 1000$ Escasez de agua Si $1000 < DMPC \leq 1700$ Estrés hídrico Si $DMPC > 1700$

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla 2. Guía de indicadores de susceptibilidad al cambio climático para la valoración de la vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí

GS. Grado de Susceptibilidad o Sensibilidad. Representa el grado de fragilidad al cambio climático. Corresponde a la fragilidad que presentan los actores que se ven afectados directamente ante un efecto adverso del cambio climático.	
1. Población Expuesta (PE).	Cantidad de habitantes en los centros poblacionales que albergan la cuenca, entre mayor sea el tamaño poblacional de una localidad mayor será la vulnerabilidad ante el cambio climático. Se considera el número de habitantes por localidad durante el censo poblacional más reciente (INEGI, 2010). Este indicador se normaliza. Si $0.0 < PE \leq 0.20$ Bajo Si $0.21 < PE \leq 0.40$ Medio Bajo Si $0.41 < PE \leq 0.60$ Medio Si $0.61 < PE \leq 0.80$ Medio Alto Si $0.81 < PE \leq 1.0$ Alto
2. Grado Presión Hídrica.	Porcentaje del volumen total de agua concesionada respecto al agua disponible (CONAGUA, 2011). Si $GPH \leq 10\%$ Sin presión Si $10\% < GPH \leq 20\%$ Presión Baja Si $20\% < GPH \leq 40\%$ Presión Media Si $40\% < GPH \leq 100\%$ Presión Alta Si $GPH > 100\%$ Presión Muy alta

$$GPH = \frac{V_{cons}}{D_m} \times 100$$

Fuente: Elaboración Propia.

Indicadores de susceptibilidad al cambio climático:

Estos indicadores representa el grado de susceptibilidad ó sensibilidad al cambio climático. Se busca capturen el contexto sobre el cual habrá impacto debido a la disponibilidad de agua. Es decir, los elementos susceptibles o que son sensibles a verse afectados directamente por el efecto adverso del cambio climático. Los indicadores usados para medir la susceptibilidad fueron: *población expuesta* y el *grado de presión hídrica*, mostrados en la Tabla 2.

Indicadores de adaptación al cambio climático:

La capacidad de adaptación en su conjunto representa la capacidad de resiliencia de la sociedad y su economía ante alteraciones en la disponibilidad de agua debido al cambio climático.

Para efectos de análisis de esta categoría se han considerando dos indicadores: *índice de marginación* e *índice de desarrollo humano*, mostrados en la Tabla 3.

Resultados.

GE.1. Índice de Exposición por eventos extremos.

Se encontró que 3 municipios se definen con un valor bajo (Tamuín, Ébano y Gral. Zaragoza) y 15 con un valor medio bajo, los otros 3 con un valor medio (Xicoténcatl, Victoria y Tula) y sólo un municipio, Pánuco, con un nivel de severidad medio alto, en el periodo 1971-2000, lo que indica una mayor variabilidad climática (ver Gráfica 1). Con base en lo anterior se asume que el 18.2% de los municipios dentro de la cuenca han presentado, en ese periodo, algún tipo de impacto de medio a medio alto y el 68.2% de los 22 municipios que integra la cuenca del RGT han tenido ocurrencia de fenómenos extremos en un grado medio bajo. De tal forma, la mayor parte de los municipios se han encontrado expuestos a la ocurrencia de algún evento anormal. Los municipios y por ende la población, se encuentra afectada mayormente por eventos climatológicos anormales, que pueden traer consigo desastres, y por tal motivo, es importante



comprender el manejo del riesgo para mitigar las amenazas del cambio climático y aumentar la resiliencia de los elementos expuestos o vulnerables

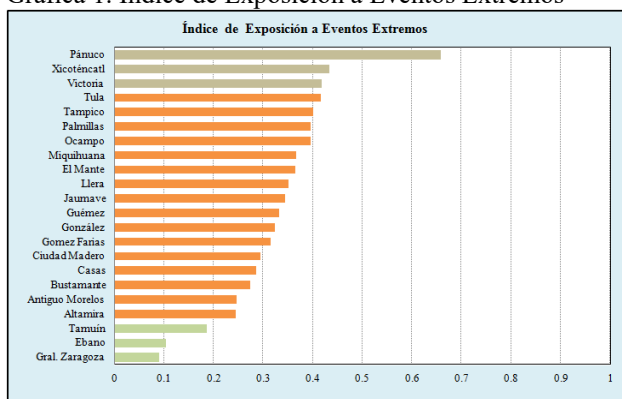
como la vida humana, la economía y el medioambiente.

Tabla 3. Guía de indicadores de adaptación al cambio climático para la valoración de la vulnerabilidad socioeconómica en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí

CA. Capacidad de Adaptación. <i>La capacidad de adaptación en su conjunto representa la capacidad de resiliencia de la sociedad y su economía ante un decremento en la disponibilidad de agua debido al cambio climático.</i>	
<p>1. Índice de Marginación Social (IMS).</p>	<p>Este índice es elaborado por la CONAPO (2010), observa la integración de nueve indicadores socioeconómicos: grado de analfabetismo, educación primaria terminada, drenaje sanitario, acceso a energía eléctrica, servicios de agua potable, nivel de hacinamiento, porcentaje de viviendas con piso de tierra, localidades con población menor a 5 000 habitantes e ingreso económico.</p> <p>Si $-1.83190 < IMS < -1.32309$ GM Muy Bajo Si $-1.32309 < IMS < -1.06870$ GM Bajo Si $-1.06870 < IMS < -0.81425$ GM Medio Si $-0.81425 < IMS < 0.71231$ GM Alto Si $0.71231 < IMS < 8.34515$ GM Muy Alto</p>
<p>2. Índice de Desarrollo Humano (IDH).</p> $IDH = \frac{ISIS + IE + IPIB}{3}$	<p>Este índice es elaborado por la CONAPO (2000), comprende tres dimensiones a nivel municipal: índice de sobrevivencia infantil, índice de educación e índice del PIB per cápita.</p> <p>Si $IDH > 0.80$ Alto Si $0.65 < IDH < 0.799$ Medio Alto Si $0.50 < IDH < 0.649$ Medio Bajo Si $IDH < 0.5$ Bajo</p>

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica 1. Índice de Exposición a Eventos Extremos



Fuente: Elaboración Propia.

GE.2. Índice de Aridez ó Índice de Lang.

Al calcular el Índice de Lang para las condiciones normales 1971-2000 en 23 observatorios climatológicos localizados en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí (SMN, 2012), se observa un valor promedio aritmético de 39.7, el cual se encuentra

aproximadamente en la mitad del rango ($0 < I_{LANG} \leq 40$) que corresponde a Región Árida, la Figura 2, muestra la distribución espacial del Índice de Lang en la cuenca del RGT.

Por tal motivo, resulta importante la aplicación de un sistema de planeación del recurso agua, especialmente en zonas con características como estas, debido a que la aridez es un sinónimo de sequedad que refiere a una condición hidroclicmática permanente, lo cual hace a la zona más vulnerable al deterioro ambiental asociado al aumento de la demanda del recurso, con base en el crecimiento demográfico y el desarrollo económico.

GE.3. Disponibilidad media per cápita anual.

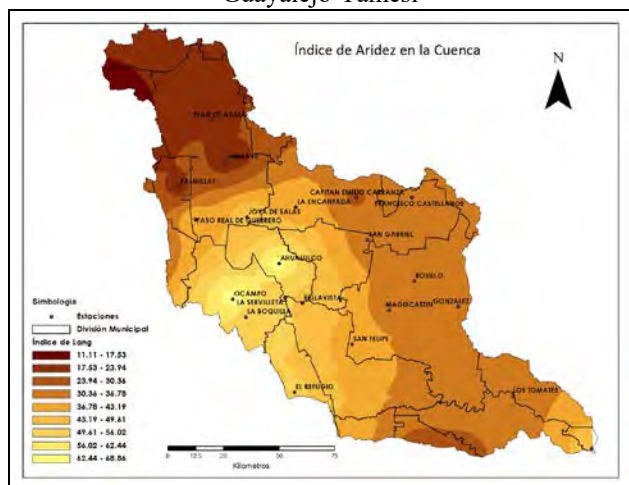
Este indicador fue determinado a partir del estudio de disponibilidad de agua publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de julio de 2011. Un resumen de los resultados de este estudio se muestra en la Tabla 4, donde se puede observar que el área total de la cuenca(Ac) es igual a 16,810.6 km², que el volumen medio anual de



escurrimiento natural(Cp) es igual a 3,151.86 Mm³, que el escurrimiento medio anual(tramo 58) a la salida de la cuenca es igual a 1,165.48 Mm³, que el volumen anual de extracciones de agua superficial, correspondiente a las concesiones de derechos de agua(Uc), es igual 813.81 Mm³, que el volumen anual de otras extracciones deducidas (Oed) es igual a 496.25 Mm³ y que el volumen anual por flujos de retorno de los distritos de riego(R) es igual a 343.45 Mm³.

La suma del volumen anual de extracciones de agua superficial (813.81 Mm³) más el volumen de otras extracciones deducidas (496.25 Mm³) es igual a 1,310.06 Mm³, el cual representa el volumen anual total de extracciones de agua superficial en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí.

Figura 2. Índice de Aridez en la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con base en los resultados que se muestran en la Tabla 4 se concluye que la disponibilidad de agua en la cuenca es de 3,767.33 Mm³ y la disponibilidad media per cápita es de 3,811.9 m³/hab/año.

Lo que indica que actualmente se tiene disponibilidad de agua en la cuenca, sin embargo, se considera que la cuenca es vulnerable debido a que supera el valor de 1,700 m³/hab/año.

Sin embargo, se requiere de un análisis más riguroso en la estimación de la disponibilidad del agua que considere la variación mensual de la demanda de agua en los diferentes sectores económicos que operan dentro de la cuenca, la variación mensual del escurrimiento superficial, las interacciones entre agua superficial y agua subterránea, y los impactos que el cambio climático pueda tener en la precipitación, temperatura, evaporación y disponibilidad de agua en las diferentes regiones que se tienen dentro de la cuenca.

Tabla 4. Resumen de resultados del estudio de disponibilidad de agua en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí publicado en el DOF del 18 de Julio de 2011.

Tramo	Ac (km ²)	Cp (Mm ³)	Uc (Mm ³)	Oed (Mm ³)	R (Mm ³)	Rxy (Mm ³)	Ce (Mm ³)	D (Mm ³)	Clasificación
47	3,362.5	130.64	31.35	---	12.71	73.65	10.97	27.38	Disponibilidad
48	355.9	249.92	0.18	---	0.07	237.85	36.35	87.61	Disponibilidad
49	1,145.4	125.41	75.21	43.19	30.14	221.70	48.61	128.64	Disponibilidad
50	612.3	517.11	8.13	---	3.28	284.66	66.11	161.49	Disponibilidad
51	2,518.3	243.36	17.16	---	6.92	130.97	27.25	74.90	Disponibilidad
52	247.4	711.62	13.04	---	5.27	520.68	132.46	283.83	Disponibilidad
53	69.3	132.02	0.91	---	0.36	73.06	19.31	39.10	Disponibilidad
54	2,410.6	267.66	129.22	310.42	54.33	809.46	308.84	713.77	Disponibilidad
55	400.8	39.18	7.32	---	3.25	15.51	5.74	13.86	Disponibilidad
56	616.4	83.42	2.06	---	1.05	22.23	12.88	47.30	Disponibilidad
57	3,088.9	400.06	328.55	142.64	134.43	495.31	398.99	1,023.97	Disponibilidad
58	1,982.8	251.46	200.68	---	91.64	0.00	485.78	1,165.48	Disponibilidad
Total:	16,810.6	3,151.86	813.81	496.25	343.45			3,767.33	

Fuente: DOF del 18 de Julio de 2011.

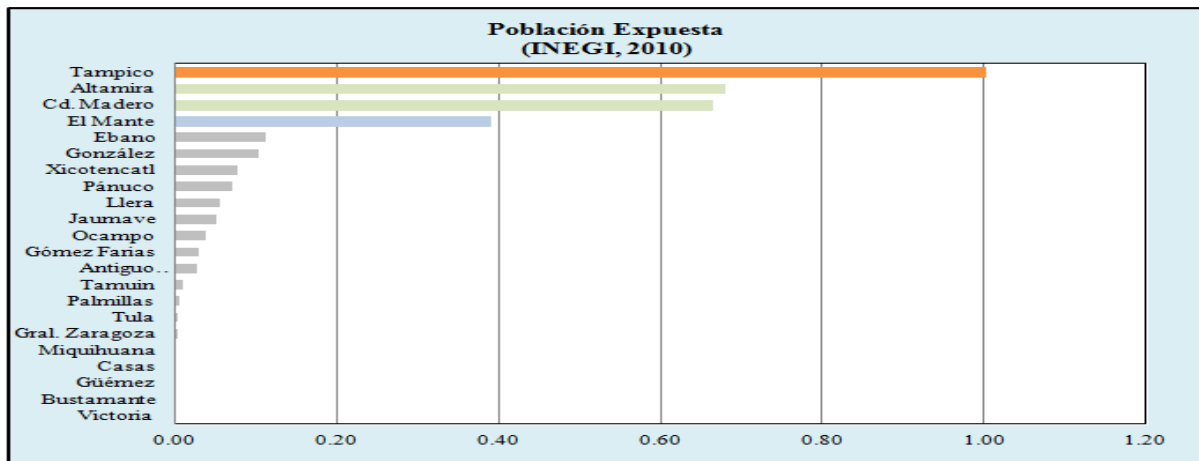


GS.1. Población Expuesta.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010, la población total en la cuenca del río Guayalejo-Tamesí es de 988,313 habitantes, e incluye a un total de 22 municipios de 4 estados de la República Mexicana: Tamaulipas (Altamira, Antigua Morelos, Bustamante, Casas, Ciudad Madero, El Mante, Gómez Farías, González, Güémez, Jaumave, Llera, Miquihuana, Ocampo, Palmillas, Tampico, Tula, Victoria y Xicoténcatl); San Luis Potosí (Ébano y Tamuín); Veracruz (Pánuco) y Nuevo León (General Zaragoza).

Al evaluar los resultados obtenidos de este indicador, se identifica al municipio de Tampico con una vulnerabilidad muy alta y una concentración de 30.1% de la población (297,554 habitantes), a los municipios de Altamira y Cd. Madero con una vulnerabilidad alta y una concentración de 50.1% (514,745 habitantes), el municipio de El Mante con vulnerabilidad baja, el resto de los municipios presentan una vulnerabilidad muy baja y una concentración del 82.1% de la población (Gráfica 2).

Gráfica 2. Población expuesta a posibles variaciones en la disponibilidad del agua debido al cambio climático en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5. Uso del agua en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí.

Uso del agua	Agua superficial (Mm ³ /Año)	Agua subterránea (Mm ³ /Año)	Total (Mm ³ /Año)
Acuicultura	0.32	0.028	0.348
Agrícola	315.31	26.879	342.189
Doméstico	0.10	0.239	0.339
Industrial	107.44	0.119	107.559
Usos múltiples	0.28	---	0.28
Pecuario	0.25	0.394	0.644
Público urbano	84.89	3.254	88.144
Servicios	0.37	0.132	0.502
Total:	508.96	31.045	540.005

Fuente: Bases de datos en Excel proporcionados por el Organismo de Cuenca Golfo Norte de la CONAGUA, 2012.



GS.2. Grado de Presión Hídrica.

Con base en la información proporcionada por el Organismo de Cuenca Golfo Norte de la CONAGUA sobre la base de datos de los usuarios de agua en la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí incorporados en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) se integró la siguiente tabla de usos de agua. Considerando la disponibilidad de agua en la cuenca de 3,767.330 Mm³ y el volumen de agua usada 540.005 Mm³, la cuenca experimenta un grado de presión del 14.3%, lo cual se considera de nivel bajo ($0.0 < PE \leq 0.20$).

Por el momento la cuenca, no presenta estrés hídrico, situación que pudiera hacer creer a la población que no existe problemas de falta de agua y pudiera dar paso a un inadecuado uso del recurso hídrico. Sin embargo, y debido al grado de aridez que presenta la cuenca se debe tener especial cuidado en la anterior percepción.

CA.1. Índice de Marginación Social.

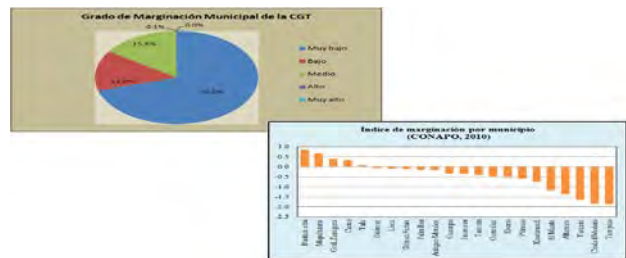
Con base en el Programa Hídrico Regional Visión 2030, se menciona que la marginación social se presenta por la falta de inversión para el abastecimiento a localidades rurales de alta marginación, falta de atención a las comunidades rurales, falta de planeación en el suministro del agua potable, alcantarillado y saneamiento, la desorganización de usuarios y la inadecuada cultura del agua.

Lo anterior es un foco de atención en la cuenca en estudio para prevenir el aumento de rezago en la población tanto rural como urbana. Los niveles de marginación en las localidades aumentan a medida que se incrementan sus distancias al cauce principal de la cuenca, o si se localizan cerca de la zona serrana.

En la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí el 70.5% de la población municipal experimenta un muy bajo grado de marginación y sólo el 0.13% de la población tiene un grado alto de marginación como lo muestra la Gráfica 3. Sin embargo, con base en el índice de marginación la mayoría de los municipios de la cuenca tienen un grado *medio* de marginación. Con respecto a la Región Hidrológica IX Golfo-Norte, que se caracteriza por un alto grado de marginación (CONAGUA, 2012), la cuenca del río Guayalejo-Tamesí se coloca en una posición que le permite a la población tener un nivel de vida aceptable por el bajo grado de marginación, sin

embargo esto pudiera dar paso a un inadecuado uso de los recursos hídricos, con la confianza de tener el medio disponible. Los municipios con un muy alto grado de marginación son Bustamante, Miquihuana y Gral. Zaragoza. Por otro lado, los municipios con más bajo grado de marginación son Tampico, Cd. Madero, Victoria y Altamira (Gráfica 3).

Gráfica 3. Índice de Marginación por municipio y porcentaje de población según grado de marginación



Fuente: CONAPO, 2010. Página web: http://conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=487&Itemid=194 extraído el 25 de Septiembre del 2012.

CA.2. Índice de Desarrollo Humano.

El Desarrollo Humano es definido desde una perspectiva no solamente económica, sino también está basado en la capacidad de tener una calidad de vida que incluya el poder de adquirir conocimientos individuales y sociales, y de tener un nivel de vida decoroso.

Gráfica 4. Índice de Desarrollo Humano por municipio



Fuente: CONAPO, 2000. Página web: http://conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=487&Itemid=194 extraído el 25 de Septiembre del 2012.



Tabla 6. Resultados obtenidos en la estimación de indicadores para la valoración de la vulnerabilidad socioeconómica ante el cambio climático en la Cuenca del RGT

Índice	Valor
GE.1. Índice de Exposición por eventos extremos (IEEE)	Grado Medio Bajo: 68.2% de la población expuesta
GE.2. Índice de Aridez ó Índice de Lang (I_{LANG})	39.7 Región árida.
GE.3. Disponibilidad media per cápita anual (DMPC)	3,811.9 m ³ /hab/año
GS.1. Población Expuesta (PE)	Municipios mayormente expuestos: Tampico, Altamira y Cd. Madero.
GS.2. Grado de Presión Hídrica (GPH)	14.3%, Nivel Bajo
CA.1. Índice de Marginación Social (IMS)	-Con base en municipios: Grado Medio del IMS. -Con base en la población: Grado Muy Bajo de IMS.
CA.2. Índice de Desarrollo Humano (IDH)	Grado Alto-Medio Alto

Fuente: Elaboración Propia.

En la cuenca del Río Guayalejo-Tamesí, la zona conurbada y la capital del estado presentan valores altos en el Desarrollo Humano, mientras que en el que los municipios de Bustamante, Palmillas y Casas son municipios no se cuentan con los accesos adecuados de educación y de confort para la vida diaria, como se muestra en el Gráfica 4.

El 50% de la población en la cuenca del RGT tiene un Desarrollo Humano Alto y el otro 50% posee un IDH Medio alto, lo que indica que la cuenca cuenta con los recursos suficientes para establecer programas de planeación en el uso del agua, con la objetivo de conservar y mitigar los efectos adversos del clima.

Conclusiones.

Con base en la estimación de algunos indicadores desarrollados en este estudio, mostrados en la Tabla 6, es observado que la vulnerabilidad en la cuenca de estudio, aún permite desarrollar planes y programas dirigido al manejo integrar de los recursos hídricos que fortalezca las condiciones de disponibilidad de agua, y sobretodo que preserve las condiciones de la cuenca del RGT.

Lo anterior es de importante ya que las condiciones de desarrollo tanto económico como población a las que nos enfrentamos van en aumento y generan una mayor demanda hídrica.

El cambio climático representa una problemática que debe ser abordada a tiempo para generar nuevas estructuras de administración del agua y prácticas de aprovechamiento del recurso que

proporcionen un equilibrio que sustente el uso futuro del recurso hídrico a nivel cuenca hidrológica.

Referencias

1. Arnell, N.; R. Compagnucci; L. da Cunha; K. Hanaki; C. Howe; G. Mailu; I. Shiklomanov and E. Stakhiv (2001). *Hydrology and Water Resources In: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, K. S. White. Cambridge University Press, pp. 192-233.
2. Bates, B.C.; Z.W. Kundzewicz; S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
3. Brooks, D.B. (2004). *Agua. Manejo a nivel local*. Centro de Investigación para el Desarrollo-Alfa Omega, Ottawa, Canadá.
4. Comisión Nacional del Agua (2011). *Estadísticas del Agua en México Edición 2011*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ed.), México, D.F.
5. Comisión Nacional del Agua (2012). *Programas Regional Hídrico Visión 2030*. Región Hidrológico-Administrativa IX Golfo Norte. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
6. Gay, C. (2000). *México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México*.



- Resultados de los Estudios de Vulnerabilidad del País Coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM, USCSP. 220 pp.
7. INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado el 20 de Septiembre del 2012 de: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est
 8. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2010). Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Volumen III. *Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático*. Polioptro F. Martínez Autría y Carlos Patiño Gómez (Coords.). Jiutepec, Morelos.
 9. Mendoza, V., Villanueva E., Adem, J. (1997). Vulnerability of basins and watersheds in Mexico to global climate change. *Climate Research*, Vol. 9: 139-145.
 10. Monterroso, A. (2012). *Contribución al Estudio de la Vulnerabilidad al Cambio Climático en México* (Tesis inédita de doctorado Geografía).UNAM, Facultad de Filosofía y Letras. México, D.F.
 11. Sistema Meteorológico Nacional (2012). Normales Climatológicas por Estación. Extraído el 27 de Septiembre del 2012 de: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=28.
 12. Sánchez, G. (2012). *Programa de Gestión del Agua en la Subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí*. Gerencia Operativa del Consejo de Cuenca del Río Pánuco y Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas. Tampico, Tamps.
 13. Trenberth, K.E., Dai A., Rasmussen, R. M. y D.B. Parsons (2003). *The changing character of precipitation*. Bulletin. American Meteorological. Society, 84(9):1205-1217.
3. Análisis de resiliencia en los sectores productivos debido al cambio climático en las cuencas de México.
 4. Evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica ante perturbaciones climáticas.
 5. Valoración de nuevos indicadores que evalúen la vulnerabilidad global confiable desde el enfoque socioeconómico de una cuenca.

ANEXO

-Área de oportunidad que pudieran ser objeto de investigación en el contexto de cambio climático:

1. Disponibilidad de agua ante escenarios de cambios de cambio climáticos a nivel cuenca.
2. Capacidad de adaptación social ante el cambio climático a nivel cuenca.



Evaluación del riesgo del cultivo de maíz de temporal frente al cambio climático en el estado de Tlaxcala

Hernández-Vázquez M., Cabrera-Zarate L.M., Orozco-Bolaños H., Jiménez-López J., García-Juárez G.

Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Resumen

Hoy en día la agricultura se encuentra fuertemente amenazada por las variaciones del clima, un estudio de mercado para Tlaxcala expresa que el rendimiento y la producción de maíz por año dependen de las condiciones adversas o benéficas del clima. Actualmente en el estado la agricultura de temporal es predominante, aun cuando es una región poco apta para el cultivo del maíz, pero que culturalmente dedica el 71% de su superficie a esta práctica. En esta investigación se estima el riesgo en términos de probabilidad condicional propuesta por Wilks en 1995, considerando los eventos extremos por lluvia (años con sequía, años normales y años con exceso de lluvia) y su impacto en los rendimientos del maíz en 18 municipios del estado.

Un promedio general indica que los 18 municipios analizados tienen una probabilidad de riesgo de un 64.3% de obtener rendimientos medios en años con sequía, un 75.2% en años normales y un 69% en años con exceso de lluvia, deduciendo que no se ven afectados por la cantidad de lluvia, sin embargo, la distribución y frecuencia de está durante el temporal si afecta la producción, a ello agregamos otros eventos extremos como las heladas y granizadas. Es urgente conocer el grado de incidencia de los riesgos, así el sector agrícola puede prepararse para asumir y fortalecer capacidades.

El conocimiento del clima no solo es indispensable para entender las características físicas y las actividades humanas que se llevan a cabo en un lugar, además, es un elemento básico para la planificación y el desarrollo. Cuando se reducen los riesgos en la agricultura se puede garantizar la disponibilidad de alimentos, y se aumentarán las capacidades locales para enfrentar el Cambio Climático.

Palabras clave: Riesgo, Maíz de temporal, Cambio Climático.

Introducción

Hoy en día el cambio climático se ve reflejado en una serie de alteraciones, pero entre muchas tantas de sus repercusiones la mayor se ve registrada en la agricultura (Muller, 2008), como consecuencia del aumento de la temperatura y la disminución de la lluvia (Magaña y Neri, 2007).

La agricultura es una de las actividades más influenciada por el clima, el sector más directamente afectado por las condiciones atmosféricas en su doble vertiente de recurso y limitante, y cuando predomina la agricultura de temporal, entonces este determina en gran medida la producción y rendimiento de los cultivos.

La agricultura involucra numerosos riesgos, disminuye el bienestar humano, socioeconómico y ambiental, siendo esto causa directa del incremento de los niveles de vulnerabilidad. La vulnerabilidad no sólo depende del grado de exposición a los impactos, sino también de la susceptibilidad del ente concreto que está expuesto (Conde, 2006). De lo anterior se deduce que la variabilidad del clima en sí misma no siempre representa una amenaza para el sector agrícola.

La verdadera amenaza se presenta cuando existe la posibilidad de que una condición climática tenga la capacidad de afectar a un sector. Por lo tanto, la amenaza al juntarse con una condición de vulnerabilidad genera riesgo.

En México se siembran bajo condiciones de temporal alrededor de 22 millones de hectáreas, de éstas, el 50% se dedica a la producción de granos básicos (Mata, 2002), siendo el maíz el cultivo más importante en términos de superficie, producción y aporte a la alimentación (María y Rojas, 2003), y en todas las épocas, ha constituido el sustento básico de los pueblos (Aceves *et al.*, 2008). El maíz ocupa el 62% de la superficie del país (SIAP, 2010), aun y cuando se sabe que solo el 6.4% de esta es apta para su producción (Monterroso, *et al.*, 2011).



Sembrar maíz bajo condiciones de temporal, incrementa los niveles de riesgo y el grado de vulnerabilidad por las altas probabilidades de desastres, pues está expuesta a eventos extremos como sequías, lluvias torrenciales, heladas y granizadas (Conde, *et al.*, 2006).

Pero tales amenazas no solo ponen en riesgo el cultivo de maíz también otros granos básicos como el frijol, México podría incrementar su dependencia alimentaria en algunos productos básicos hasta en un 80% (Massieu y Lechuga, 2002). En lo que se refiere a granos, las estimaciones indican que se importan 14 millones de toneladas de maíz para consumo (Sánchez, 2011), más de 190 mil toneladas de frijol (2000Agro, 2010), reconociendo que el desabasto alimentario es un tema de seguridad nacional.

De acuerdo a un estudio de país realizado en 1996, se considero a Tlaxcala como una de las regiones más vulnerables al cambio climático (Conde, *et al.*, 1999a), recientemente de nuevo fue región de estudio para analizar la vulnerabilidad de la agricultura ante el cambio climático, y los resultados fueron poco alentadores, pues señalan un aumento en la temperatura de 1°C por cada treinta años y se manifestara entre los meses de abril y mayo, aunado a una menor precipitación que da como resultado menor humedad en el suelo y un estrés hídrico severo (Magaña y Neri, 2007).

El objetivo de esta investigación es evaluar el riesgo de la agricultura de maíz de temporal frente al cambio climático, pues constituye un elemento de juicio fundamental para el diseño y adopción de estrategias de prevención específica, como la preparación de los agricultores para una respuesta adecuada. El manejo de los riesgos significa cultivar con confianza en un mundo de constantes cambios (Trujillo y Marrero, 2008), y de esta forma será posible incrementar los rendimientos de los cultivos y por lo tanto aumentar la disponibilidad de alimentos.

Metodología

Región de estudio

La región de estudio se determino a partir de los registros de 18 estaciones meteorológicas, las cuales contienen suficientes datos históricos para su análisis. Estas regiones están distribuidas en el estado entre las siguientes coordenadas geográficas: al norte 19°44', al sur 19°06' de latitud

norte; al este 97°38', al norte 98° 43' de longitud oeste.

En general, el tipo de clima es templado en las tierras altas, salvo en la cumbre del volcán La Malinche, donde es frío, en algunas madrugadas del invierno hiela y los termómetros bajan más allá de 0°C.

En la mayor parte del año los días son frescos en la mañana y templados al medio día. De Junio a Septiembre llueve seguido, de noviembre a marzo las lluvias son escasas, además no llueve de manera similar en todo el estado, pues, en la parte alta del Volcán la Malinche por lo general llueve un poco más y en los llanos del norte, y en el de Huamantla menos que en la parte centro y sur del estado, donde anualmente caen unos 900 mm (Mapa 1).

Para esta investigación fueron recopiladas series de tiempo históricas y recientes del rendimiento de maíz y de lluvia, respecto a esta última, se precisa tener por lo menos 30 años de observaciones para hablar con seguridad del clima esperado y de la historia de las variaciones posibles en el tiempo.

Evaluación del riesgo

El riesgo se estima en términos de probabilidad condicional (Wilks, 1995), que es la probabilidad de que un evento E_1 ocurra cuando sabemos que un evento E_2 ocurrió u ocurrirá y se denota por $\Pr(E_1|E_2)$.

Formalmente la probabilidad condicional es definida en términos de la intersección del evento de interés (E_1) y el evento condicional (E_2), es decir, cuando hay presencia de años secos, normales o con exceso de lluvia (E_1), con la producción de maíz la cual podrá ser baja, media o alta (E_2).

$$\Pr(E_1 | E_2) = \frac{\Pr\{E_1 \cap E_2\}}{\Pr E_2}$$

Por lo tanto, para evaluar el riesgo se desarrolla una matriz que describe la relación impacto/amenaza. Los renglones representan las amenazas dadas por la disponibilidad de lluvia y las columnas los posibles impactos evaluados en los valores de rendimiento de maíz (t/ha) (ver Tabla 1).



Se analiza una matriz para conocer la probabilidad de riesgo de obtener rendimientos bajos, medios o altos de maíz de temporal, ante la distribución de la lluvia en el estado.

Resultados

La evaluación del riesgo de 18 municipios del estado arroja diversos resultados, por ejemplo el Tabla 2 indica que los municipios de Amaxac, Benito Juárez, Españita, Tepetitla, Tlaxco y Teolochocho tienen una alta probabilidad de obtener rendimientos medios independientemente si se presenta un año con sequía, un año normal o uno con exceso de lluvia.

Atlangatepec, Cuapiaxtla, y Tlaxcala (ver Tabla 3) se caracterizan porque en los años con lluvia excesiva existe solo la probabilidad del 33.3% de

obtener rendimientos bajos, medios o altos, y para los otros dos eventos se obtienen rendimientos medios a excepción de Cuapiaxtla que también es afectada por la sequía. Estas regiones no son beneficiadas cuando la disponibilidad de agua es excesiva.

Los municipios de Apizaco y Calpulalpan indican que aun con evento de sequía existe la probabilidad de obtener un 50% de rendimiento bajos, pero también un 50% de rendimientos altos (ver Tabla 4), y con respecto a los otros dos eventos pueden obtener rendimientos medios.

Sin embargo, estas regiones son más beneficiadas para la producción de maíz cuando se presentan años normales y con exceso de lluvia.

Mapa 1. Regiones de estudio



Tabla 1. Matriz de riesgo

<i>Impacto/ Amenaza</i>	B1	B2	B3
A1	R(A1,B1)	R(A1,B2)	R(A1,B3)
A2	R(A2,B1)	R(A2,B2)	R(A2,B3)
A3	R(A3,B1)	R(A3,B2)	R(A3,B3)



Tabla 2. Regiones con alta probabilidad de obtener rendimientos medios ante cualquier evento.

<i>Estación meteorológica</i>	<i>Evento</i>	<i>Rendimientos</i>		
		<i>Bajo(%)</i>	<i>Medio(%)</i>	<i>Alto(%)</i>
Amaxac	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	22.2	66.7	11.1
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0
Benito Juárez	Sequía meteorológica	33.3	66.7	0.0
	Normal	0.0	100.0	0.0
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0
Españita	Sequía meteorológica	25.0	75.0	0.0
	Normal	18.2	54.5	27.3
	Lluvia excesiva	25.0	75.0	0.0
Tepetitla	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	18.8	68.8	12.5
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0
Tlaxco	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	9.1	90.9	0.0
	Lluvia excesiva	25.0	50.0	25.0
Teolocholco	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	10.0	80.0	10.0
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0

Tabla 3. Regiones con baja probabilidad de obtener rendimientos bajos, medios y altos ante un evento de exceso de lluvia

<i>Estación meteorológica</i>	<i>Evento</i>	<i>Rendimientos</i>		
		<i>Bajo(%)</i>	<i>Medio(%)</i>	<i>Alto(%)</i>
Atlangatepec	Sequía meteorológica	33.3	66.7	0.0
	Normal	0.0	92.3	7.7
	Lluvia excesiva	33.3	33.3	33.3
Cuapiaxtla	Sequía meteorológica	50.0	50.0	0.0
	Normal	0.0	100.0	0.0
	Lluvia excesiva	33.3	33.3	33.3
Tlaxcala	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	14.3	78.6	7.1
	Lluvia excesiva	33.3	33.3	33.3



Tabla 4. Regiones con alta probabilidad de obtener rendimientos bajos y altos ante un evento de sequía

<i>Estación meteorológica</i>	<i>Evento</i>	<i>Rendimientos</i>		
		<i>Bajo(%)</i>	<i>Medio(%)</i>	<i>Alto(%)</i>
Apizaco	Sequía meteorológica	50.0	0.0	50.0
	Normal	21.4	78.6	0.0
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0
Calpulalpan	Sequía meteorológica	50.0	0.0	50.0
	Normal	20.0	80.0	0.0
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0

Tabla 5. Regiones con alta probabilidad de obtener rendimientos medios y altos ante un evento de exceso de lluvia

<i>Estación meteorológica</i>	<i>Evento</i>	<i>Rendimientos</i>		
		<i>Bajo(%)</i>	<i>Medio(%)</i>	<i>Alto(%)</i>
El Carmen Tequexquitla	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	15.4	69.2	15.4
	Lluvia excesiva	0.0	50.0	50.0
Huamantla	Sequía meteorológica	33.3	66.7	0.0
	Normal	21.4	71.4	7.1
	Lluvia excesiva	0.0	50.0	50.0

Tabla 6. Regiones con probabilidad de rendimientos bajos y medios ante un evento de años normales

<i>Estación meteorológica</i>	<i>Evento</i>	<i>Rendimientos</i>		
		<i>Bajo(%)</i>	<i>Medio(%)</i>	<i>Alto(%)</i>
Altzayanca	Sequía meteorológica	0.0	100.0	0.0
	Normal	50.0	40.0	10.0
	Lluvia excesiva	0.0	66.7	33.3
Emiliano Zapata	Sequía meteorológica	0.0	0.0	100.0
	Normal	9.1	90.9	0.0
	Lluvia excesiva	0.0	0.0	100.0

Tabla 7. Regiones con probabilidad de rendimientos bajos y medios ante un evento de sequía



<i>Estación meteorológica</i>	<i>Evento</i>	<i>Rendimientos</i>		
		<i>Bajo(%)</i>	<i>Medio(%)</i>	<i>Alto(%)</i>
Ixtacuixtla	Sequía meteorológica	33.3	33.3	33.3
	Normal	30.8	53.8	15.4
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0
Zitlaltepec	Sequía meteorológica	66.7	33.3	0.0
	Normal	23.1	61.5	15.4
	Lluvia excesiva	0.0	100.0	0.0
Terrenate	Sequía meteorológica	33.3	66.7	0.0
	Normal	8.3	75.0	16.7
	Lluvia excesiva	50.0	50.0	0.0

El Tabla 5 muestra la evaluación del riesgo para El Carmen y Huamantla el cual indica que se requiere de un exceso de lluvia para obtener rendimientos medios y altos, e igual que en los municipios anteriores es posible obtener rendimientos medios con los otros eventos. Además, en el estado estas regiones se caracterizan por registrar una escasa precipitación anual, por lo tanto, los rendimientos aumentan cuando hay una gran cantidad de agua disponible.

Cuando se presentan eventos con años normales, se observa que no benefician a las regiones de Alzayanca y Emiliano Zapata, el análisis indica que para que obtengan hasta un 100% de probabilidades de alcanzar rendimientos medios y altos es necesario que se presenten años con sequía y con exceso de lluvia (ver Tabla 6). Finalmente el Tabla 7 muestra los municipios que son más afectados por la sequía, en Ixtacuixtla se obtuvo un 33.3% de probabilidad de obtener rendimiento bajos, medios y altos, para el caso de Zitlaltepec la probabilidad es de un 66.7% de obtener rendimientos bajos, y para Terrenate también hay una probabilidad de un 66.7% pero de obtener rendimientos medios.

En general se puede decir que estas tres regiones son las más afectadas por las sequías en el estado.

Discusión y conclusiones

Se deduce que en el estado aumentarán los riesgos en la agricultura de temporal por la reducción de la lluvia y el aumento de temperatura, por el cambio climático (Magaña y Neri, 2007). Esta investigación a nivel regional permitió diferenciar los impactos por lluvia que se presentaron y el grado de

vulnerabilidad del cultivo de maíz de temporal ante sus diferentes eventos (sequía, inundaciones y años con lluvia normal).

Los resultados arrojan comportamientos diversos, lo que sugieren decir que los impactos de la lluvia en la agricultura de temporal están más relacionados con la distribución y frecuencia de esta que con la cantidad. Un promedio general de los 18 municipios indican que hay un 70% de probabilidad de obtener rendimientos medios independientemente del evento que se presente.

Es posible que los riesgos aumenten con otros eventos climáticos extremos e impredecibles como lo son las heladas y las granizadas, tal solo en el estado en 2011 las heladas otoñales afectaron a por lo menos 26 mil de los 57 mil productores ubicados en 44 municipios de la entidad (SAGARPA, 2011).

En este mismo año las granizadas provocaron erosiones, inundaciones y afectaciones a 400 hectáreas de cultivos de maíz, alfalfa y durazno (CONAGUA, 2011).

Las alteraciones que provoca el cambio del clima se convierten en afectaciones graves sobre la producción de alimentos (Conde, et al., 1999b), sin embargo, es importante señalar que muchas veces se cultiva en áreas y situaciones que no son adecuadas, la deficiente tecnificación de la actividad agrícola, la escasez de apoyos y las inapropiadas condiciones del suelo, Ojeda y Ojeda (1996) afirman que la fertilidad de los suelos agrícolas de Tlaxcala son muy bajos.



Los estudios realizados con escenarios de cambio climático mostraron que para mediados del siglo XXI, sólo el 4.3% del territorio mexicano será apto para el cultivo del maíz, habrá que añadir el incremento de la población, lo que provocara un menor abasto y mayor demanda de alimentos (Conde, et al., 1997). A pesar de estas contradicciones el maíz tiene un gran valor social, dado que para gran parte de la población es la fuente principal de alimento y subsistencia económica.

La necesidad de producir suficiente alimento para nutrir a la humanidad, tiene su origen en la década de los sesenta con la "Revolución Verde" (Hewitt, 1985), y la utilización de tecnologías modernas no respetan la conservación del suelo, con frecuencia, los usos elevados de agroquímicos que las variedades con alto rendimiento exigen, provocan en poco tiempo el agotamiento y la esterilización del suelo deteniendo las actividades agrícolas (Guzmán et. al., 2000).

Se ha observado que aun con ciertos apoyos a los agricultores enfrentan una serie de problemas, en Puebla, los efectos de la sequía de 1982-1983 fueron mayores para los productores con acceso a tecnologías modernas y créditos, que para los productores con esquemas de agricultura tradicional debido a que los primeros, además de perder la cosecha, aumentaron sus deudas (Liverman, 1990).

Al evaluar los impactos climáticos se podrá obtener respuestas y saber cuando el clima es un factor negativo para la producción, pues no todas las repuestas de las pérdidas agrícolas pueden ser generadas por el clima, de ahí la importancia de conocer los diversos factores involucrados en el sector.

El análisis del riesgo y la vulnerabilidad permite comprender que el problema del campo debe tratarse no solo en términos físicos, sino también sociales, económicos y políticos, para que así esta actividad recupere el papel que debe tener en nuestro país.

Agradecimientos

Al PROMEP (Programa de Mejoramiento al Profesorado) por el apoyo al proyecto "Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de la agricultura de temporal del estado de Tlaxcala frente al Cambio Climático" con clave PROMEP/103.5/11/3800, del cual se desprende esta investigación.

Fuentes de consulta

1. Aceves, L. A., J. F. Juárez, D. J. Palma, R. López, B. Rivera, J. A. Rincón, R. Morales, R. Hernández y J. L. Hernández, 2008. Estudio para determinar zonas de alta Potencialidad del Cultivo del Maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados, DEIDRUS-Tabasco, e INIFAP. Tomo X.
2. Conde, C., 2006. México y el Cambio Climático Global. Edit. Dirección General de divulgación de la Ciencia, UNAM.
3. Conde, C., D. Liverman, M. Flores, R. M. Ferrer, R. Araujo, E. Betancourt, G. Villarreal, C. Gay. 1997. Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to Climate Change. *Clim. Res.* 9, 1: 17-23.
4. Conde, C., R. M. Ferrer, R. Araujo, C. Gay, V. Magaña, J. L. Pérez, T. Morales y S. Orozco, 1999a. El Niño y la agricultura en "Los Impactos de El Niño en México". Secretaría de Gobernación, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Programa de Apoyos a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica PAPIIT, Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global. México.
5. Conde, C., V. Magaña, R. M. Ferrer. (1999b). On the Use Of a Climate Forecast in the Planning of Agricultural Activities in the State of Tlaxcala, Mexico. Preprints. 11th Conference on Applied Climatology. 10-15 January, 1999, Dallas, Texas. American Meteorological Society. 101-102 p.
6. Guzmán, C. G., M. González de M. y E. Sevilla G., 2000. Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible. Ediciones Mundi-Prensa. España.
7. Hewitt, A. C. 1985. La modernización de la agricultura mexicana, 1949-1970. Siglo XXI editores, 5ª edición, México, D. F.
8. Liverman, D. 1990. Drought Impacts in Mexico: Climate, Agriculture, Technology, and Land Tenure in Sonora and Puebla. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol. 80. p. 49-72.
9. Magaña, V. y C. Neri, 2007. Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa



- II de adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD/CATHALAC/INE/CCA-UNAM.
10. María, R. Andrés y Rojas M. Israel. 2003. Producción de Maíz de Temporal en el Estado de Tlaxcala. Fundación Produce Tlaxcala, INIFAP Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax.
 11. Massieu Y. C. y J. Lechuga, 2002. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. Análisis económico, 36, Vol. XVII, 281-303.
 12. Mata, G. B. 2002. Desarrollo Rural centrado en la pobreza. Universidad Autónoma de Chapingo. 1ª edición, Chapingo, México.
 13. Monterroso, A. I., C. Conde, G. Rosales, J. D. Gómez and C. Gay, 2011. Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera* 24, 53-67.
 14. Muller, A. 2008. Cambio Climático y seguridad alimentaria mundial. *Temas para el debate*. No. 161. (Ejemplar dedicado a: Los problemas del hambre).
 15. Ojeda, D. y E. Ojeda T. 1996. 1996. Suelos cultivados de la República Mexicana, contenido medio de nutrimentos minerales aprovechables. UACH. México.
 16. Sánchez, J., 2011. Advierten sobre exagerada importación de maíz. *El Universal*, 3 de Mayo.
 17. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. [En línea], disponible en www.siap.gob.mx/. [Acceso febrero de 2012].
 18. Trujillo, C. M. y Y. Marrero, 2008. La estimación de las pérdidas agrícolas en condiciones de riesgo. [En línea], disponible en: <http://www.gestiopolis.com/economia/estimacion-de-perdidas-y-riesgos.htm> [Acceso Marzo de 2009].
 19. Wilks, D.F., 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press, pp. 467.



Erosión Costera: enemigo silencioso del Cambio Climático Global en las zonas costeras

Sergio Bernardo Jiménez Hernández, Gabriel Arcos Espinosa, Luis A. Zavala Guerrero, Roberto Pichardo Ramírez y Wilver Salinas Castillo.

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Portuaria, Marítima y Costera
Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller" de la Universidad Autónoma de Tamaulipas
sjimenez@uat.edu.mx

Resumen

Se determinó geográficamente un Índice de Vulnerabilidad contra la Erosión Costera (IVEC) sobre la zona litoral de Tamaulipas, México, que combina criterios establecidos por (Pendleton, Thieler et al. 2010) (factores físicos y geomorfológicos) y los propuestos de Resiliencia definidos por (McFadden 2010) (sociales y antropológicos). Los factores físicos y geomorfológicos del IVEC se determinaron utilizando información de INEGI, CONAP, PRONATURA y de generación propia a escala 1:50,000. Los componentes sociales y antropológicos principalmente fueron tomados de INEGI 2010 y de (McFadden 2010).

El IVEC define distintos niveles de vulnerabilidad del litoral tamaulipeco en sus 420 kilómetros y pueden utilizarse para establecer acciones gubernamentales de mitigación y prevención de daños a la infraestructura y población costera. Sin embargo, es importante distinguir, que los efectos del Cambio Climático Global (CCG), particularmente los asociados al Incremento del Nivel Medio del Mar, en los escenarios de vulnerabilidad descritos, sólo son un componente más y quizás no el más crítico a corto y mediano plazo. Esto obedece a que la erosión costera que se ha identificado y documentado en la mayoría de las zonas costeras de México se da por una intervención directa de obras de ingeniería en dicha zona y que no tomaron en cuenta en su diseño los componentes de la dinámica costera a que son expuestos; como son el oleaje, mareas, arrastre litoral, mareas de tormenta, principalmente.

Introducción

Las Zonas Costeras (ZC), albergan los ecosistemas más dinámicos y diversos del mundo y en ellas más del 50% de la población mundial vive o está migrando a ella (IPCC, 2007). Veintidós de las 30 megaciudades (ciudades con más de 10 millones de

habitantes) del mundo se encuentran en las costas. (Watkinson 2009).

El Calentamiento Global (CG) y sus Cambios Climáticos Globales (CCG) asociados, manifiestan afectaciones a diversos ecosistemas y procesos de la dinámica del clima que directa o indirectamente afectan a las zonas costeras (Comeaux, Allison et al. 2012). Uno de estos escenarios de afectación se manifiesta en el Incremento del Nivel Medio del Mar por el deshielo que se dan en las zonas polares (Donoghue 2011).

Vázquez-Botello (2008) hace una descripción de los principales efectos biogeofísicos en las costas, relacionados con el cambio climático y especifica que el oleaje, como factor climático, genera cambios e incrementos en los patrones de erosión costera y cambios en los impactos por oleaje de tormentas.

En consecuencia, los ecosistemas costeros serán los más afectados debido al incremento en el nivel medio del mar inducido por el cambio climático, aunado a la intensificación de los huracanes con vientos fuertes y grandes cantidades de agua precipitadas y a sus oleajes asociados.

En México, la franja costera es un importante atractivo turístico, el 23% de los turistas nacionales visitan un destino de playa anualmente, siendo la tercera fuente de recursos económicos a nivel nacional.

La determinación de la vulnerabilidad costera se ha fundamentado principalmente en aspectos físicos y geomorfológicos (Green and McFadden 2007) y en algunos casos como (McLaughlin and Cooper 2010) han utilizado indicadores socioeconómicos. Sin embargo, resulta muy valiosa la valoración de la vulnerabilidad cuando se suman a los factores determinantes de ésta los asociados a la "resiliencia"



como lo presenta (Bures and Kanapaux 2011),(McFadden 2010) y (Woodroffe 2007).

En este trabajo se determina la vulnerabilidad de la zona costera Tamaulipeca considerando factores biofísicos y de resiliencia con la finalidad de construir escenarios de mayor utilidad para la definición de políticas públicas para el manejo y disminución de riesgos costeros.

Metodología

Se toma como base la estimación del Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) propuesto por (Gornitz 1991) el cual como base de datos sobre elevación del terreno costero respecto al nivel medio del mar, variabilidad de la línea de costa (acreción/erosión), tendencia de incremento del nivel medio del mar y subsidencia, rango de mareas y altura de ola significativa.

Los valoración de estos factores para la costa Tamaulipeca se tomó del trabajo de Agraz, 2011 y de(Ortiz Pérez and Méndez Linares 2000). Se normalizaron los valores de los indicadores de vulnerabilidad utilizados como lo propone (Balica 2012)

Los indicares de resiliencia considerados, en complemento a los indicadores socioeconómicos disponibles a nivel municipal de INEGI, son los referidos por (McFadden 2010).

La construcción final de índice de vulnerabilidad costera se hace, sumando la estimación de los factores de fragilidad y presión del territorio¹ a los de resiliencia.

Resultados

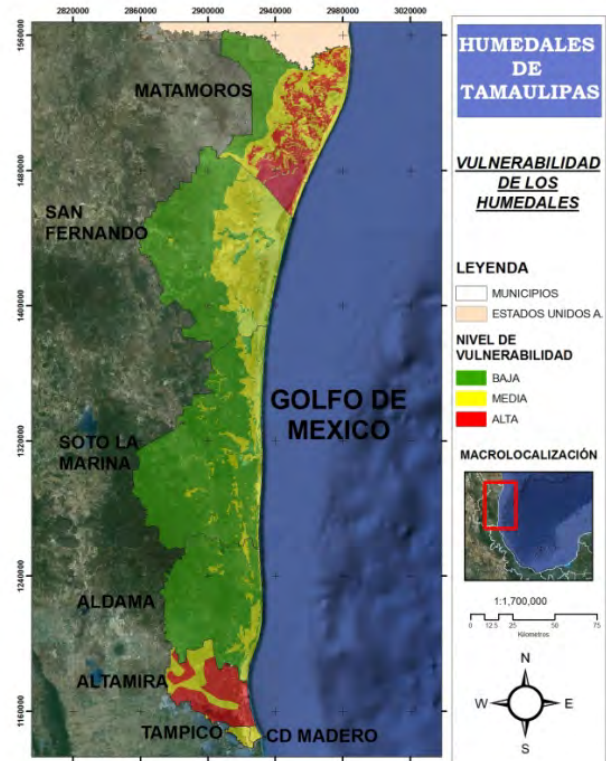
Aplicando los criterios expuestos en el Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio¹ se determinó la Vulnerabilidad de la zona costera de Tamaulipas, básicamente con datos cartográficos disponibles en fuentes oficiales a escala 1:250,000 y procesados por (Gonzalez-Agraz 2011); los resultados de ésta estimación se presentan en la figura 1.

Aplicando los criterios establecidos por (Pendleton, Thieler et al. 2010) los cuales fueron determinados y evaluados de acuerdo a la tabla 1, se logró establecer que el 34% de la costa de Tamaulipas tiene un grado muy alto de vulnerabilidad y está

¹Manual de Ordenamiento Ecológico General del Territorio publicado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) dependencia de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2006.

asociado, principalmente, al deterioro que mostraron sus humedales en el proceso de caracterización cartográfica que se obtuvo al procesar los indicadores respectivos

Figura 1.



Fuente: (Gonzalez-Agraz 2011)

Tabla 1. Variables consideradas por (Pendleton, Thieler et al. 2010) para determinar el índice de vulnerabilidad de zonas costeras.

Ranges for vulnerability ranking of variables along the Northern Gulf of Mexico Coast.

Variables	Very Low 1	Low 2	Moderate 3	High 4	Very High 5
Geomorphology	Rocky cliffed coasts, fjords	Medium cliffs, indented coasts	Low cliffs, glacial drift, alluvial plains	Cobble beaches, estuary, lagoon	Barrier beaches, sand beaches, salt marsh, mud flats, deltas, mangrove, coral reefs
Shoreline erosion/accretion (meters per year)	> 2.0	1.0 - 2.0	-1.0 - 1.0	-2.0 - -1.0	< -2.0
Land-area change (square meters per square kilometer per year)	> 1000	0 - 1000	-1000 - -1	-2000 - 1001	< -2000
Coastal slope (percent)	> 1.20	1.20 - 0.90	0.90 - 0.60	0.60 - 0.30	< 0.30
Relative sea-level change (millimeters per year)	< 1.8	1.8 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.4	> 3.4
Vertical movement (millimeters per year)	< 1.1	1.1 - 2.4	2.5 - 3.9	4.0 - 5.0	> 5.0
Mean significant wave height (meters)	< 0.55	0.55 - 0.85	0.85 - 1.05	1.05 - 1.25	> 1.25
Mean tidal range (meters)	> 6.0	4.0 - 6.0	2.0 - 3.99	1.0 - 1.99	< 0.99



Figura 2. Determinación del índice de vulnerabilidad costero en base a los criterios establecidos por (Pendleton, Thieler et al. 2010) para los 420 km de litoral del estado de Tamaulipas



Discusiones y conclusiones

De acuerdo a los criterios del Manual de Ordenamiento Ecológico General del Territorio publicado por el Instituto Nacional de Ecología (INE)1 y los propuestos por (Pendleton, Thieler et al. 2010), la vulnerabilidad de la zona costera de Tamaulipas está vinculada a sus humedales y especialmente, la alta vulnerabilidad corresponde a las zonas deterioradas de dichos humedales.

Sin embargo, como muestran los resultados, al considerar aspectos socioeconómicos (Fig. 2), las regiones con más alta concentración de población hacen más crítico el grado de vulnerabilidad. Para poder establecer un componente de resiliencia con base a datos sociodemográficos, la escala cartográfica disponible de ellos no es suficiente para poder distinguir alguna referencia usando en combinación la cartografía temática disponible 1:250,000 que se utilizó.

En general y en referencia a los posibles escenarios que se enfrentarán en zonas costeras por los incrementos del nivel medio del mar asociados al calentamiento global, se hacen las siguientes recomendaciones:

Establecer una política nacional para la protección y control de erosión costera: SEMAR, SEMARNAT, SECTUR y SEP; que quede dentro del PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL.

Fomentar la creación de posgrados y formación de recursos humanos especializados en Ingeniería de Costas.

Promover el desarrollo y asimilación de tecnologías para el control de erosión costera.

Programas de monitoreo permanente de la dinámica costera: oleaje, mareas, vientos, corrientes: es fundamental para el diseño de obras de protección. Evaluación de costos por daños a la infraestructura costera a causa de la erosión.

Atención prioritaria a las zonas costeras del Golfo de México y Mar Caribe identificadas con alta vulnerabilidad al incremento del nivel medio del mar. Programas de monitoreo permanente de la dinámica costera: oleaje, mareas, vientos, corrientes: es fundamental para el diseño de obras de protección. Evaluación de costos por daños a la infraestructura costera a causa de la erosión.

Atención prioritaria a las zonas costeras del Golfo de México y Mar Caribe identificadas con alta vulnerabilidad al incremento del nivel medio del mar. Revisión del marco legal entorno a los daños a intereses propietarios por los efectos de erosión en zonas costeras.

Estrategias para la redefinición de ZONAS FEDERALES.

Conformar grupos de "EROSIÓN FORENSE" que construyan marcos de referencia legal y ambiental para delimitar claramente el papel de las autoridades y particulares ante efectos y daños de la erosión costera.

Fuentes de consulta

1. Balica, S. F. W., N.G.;van der Meulen, F. (2012). "A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts." *Natural Hazards*52: 35.
2. Bures, R. and W. Kanapaux (2011). "Historical Regimes and Social Indicators of Resilience in an Urban System: the Case of Charleston, South Carolina." *Ecology and Society*16(4).
3. Comeaux, R. S., M. A. Allison and T. S. Bianchi (2012). "Mangrove expansion in the Gulf of Mexico with climate change: Implications for wetland health and resistance to rising sea levels." *Estuarine Coastal and Shelf Science*96.
4. Donoghue, J. F. (2011). "Sea level history of the northern Gulf of Mexico coast and sea



- level rise scenarios for the near future." Climatic Change107(1-2).
5. Gonzalez-Agraz, M. P. (2011). VULNERABILIDAD DE LOS HUMEDALES EN LA COSTA TAMAULIPECA. Maestros en Ciencias, Universidad Autonoma de Tamaulipas.
 6. Gornitz, V. (1991). "GLOBAL COASTAL HAZARDS FROM FUTURE SEA-LEVEL RISE." Global and Planetary Change89(4): 379-398.
 7. Green, C. and L. McFadden (2007). "Coastal vulnerability as discourse about meanings and values." Journal of Risk Research10: 1027-1045.
 8. McFadden, L. (2010). "Coastal hazard, vulnerabilities and resilience." ENVIRONMENTAL HAZARDS9: 217-221.
 9. McLaughlin, S. and J. A. G. Cooper (2010). "A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers?" Environmental Hazards-Human and Policy Dimensions9(3).
 10. Ortiz Pérez, M. A. and P. Méndez Linares (2000). REPERCUSIONES POR ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR EN EL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO. México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. G. G. C. (Compilador). Mexico, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México: 73-85.
 11. Pendleton, E. A., E. R. Thieler and S. J. Williams (2010). "Importance of Coastal Change Variables in Determining Vulnerability to Sea- and Lake-Level Change." Journal of Coastal Research26(1).
 12. Watkinson, A. R. (2009). "Climate change at the coast : from global to local." Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau(2): 38-44.
 13. Woodroffe, C. D. (2007). The Natural Resilience of Coastal Systems: Primary Concepts. Managing Coastal Vulnerability. L. McFadden and E. a. N. Penning-Rowse, R.J. Amsterdam, Elsevier: 45-60.



Selección de indicadores de calidad ambiental en los parques urbanos en el Estado de Tabasco

Aída López Cervantes, Luis Manuel Pérez Sánchez, Jorge Flores González y Haydee Pérez Castro

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Resumen

La sustentabilidad vista desde las esferas de lo económico, lo social y lo ambiental, requiere para su aprehensión análisis particulares que permitan su inserción en relaciones más complejas.

En este trabajo se presentan los procesos para la selección de atributos físicos de los parques urbanos, que permitan hacer una lectura acotada de sus elementos conformadores como indicadores de calidad ambiental, y que al mismo tiempo den paso a considerar las correlaciones entre las tres esferas que integran el concepto de sustentabilidad.

Las zonas presentadas, resultan de un proceso de exploración e indagación en las cabeceras municipales de la región Chontalpa, estado de Tabasco. Se parte de un marco de referencia metodológico que considera los espacios verdes como elementos potenciales de las estrategias para una ciudad sostenible.

Los avances presentados desde el enfoque metodológico son positivos y permiten continuar construyendo la línea de investigación planteada por el CA Arquitectura y Tecnología Ambiental sobre los indicadores de sustentabilidad.

El trabajo consistirá en un desarrollo analítico con un esquema de FODA para determinar las condiciones de los parques urbanos. Este método se propone con el fin de enfatizar y salvaguardar los aciertos locales dentro de una superestructura global en que se encuentra inmerso el desarrollo urbano-arquitectónico en Tabasco y acentuar los desaciertos que permitirán la conformación de estrategias hacia la sustentabilidad.

Introducción

La noción de sustentabilidad ha rebasado el concepto de medioambiente, extendiéndose a los ámbitos económicos y sociales, así como a la interrelación que entre estos se da. La

sustentabilidad vista así, se convierte en un sistema complejo, abierto y dinámico.

Por lo que su estudio requiere de análisis particulares que permitan la posterior correlación. Particularmente, en el ámbito urbano, López (2008) argumenta que aún de existir un tamizador de corte ambientalista en las investigaciones urbano-arquitectónicas, no se han dejado de lado los procesos económicos y políticos que definen a la sustentabilidad. Sin embargo, debe reconocerse que esta búsqueda y análisis de las interrelaciones, rebasa la frontera cognitiva propia de la disciplina arquitectónica, debido a su desarrollo no lineal y complejo, en que se “enmadejan” las interrelaciones¹.

Actualmente es innegable el deterioro que experimentan los ecosistemas naturales.

Gran parte de estos deterioros es causado por los emplazamientos urbanos derivados de las diversas actividades del hombre y el crecimiento demográfico. Para contrarrestar esta situación, desde mediados del siglo XX se han iniciado mundialmente diversas acciones que han permitido cambiar la perspectiva de relación entre un ambiente natural y un ambiente intervenido por el hombre, siendo el inicio de esta perspectiva el informe Brundtland de donde se derivó y conformó el término de *Sustentabilidad*.

Posterior a ello, y de manera paralela a la preocupación, se dio una visión alentadora que

¹ López, R.(2008) considera que ha de rebasarse el carácter y frontera de la disciplina sobre investigación arquitectónica, y argumenta que la *presencia de las visiones positivistas de las ciencias, que levantaron barreras en ocasiones inexpugnables, a procesos que están interrelacionados, y que en rigor son interdefinibles*. Interrelaciones que se dan principalmente en los procesos urbanos donde ha existido un límite con la sociología urbana y el estudio de los ecosistemas, propio de la biología y la ecología.



argumentaba la compatibilidad entre el desarrollo y el medioambiente, sin embargo, como está comprobado, cualquier intervención humana en los sistemas sociales o naturales son de impacto definitivo (Ruiz y Angers, 2008). Por lo que no considerar la acción humana como irreversible sobre los ecosistemas, lleva por definición a una agotamiento anunciado del propio recurso del que se vale la intervención.

Actualmente el término ha crecido y replanteado sus alcances abarcando las áreas de lo social, lo económico y lo ambiental. En la relación de estas tres esferas debe darse la viabilidad entre lo económico y lo medioambiental; debe también lograrse una relación vivible entre los aspectos de orden medioambiental y los aspectos sociales y por último; debe tenderse a una situación de equidad entre las formas económicas y los grupos sociales involucrados. De tal forma con la interrelación de estas tres esferas se define el desarrollo Sostenible como un modelo aceptado universalmente. Esta nueva postura que define al Desarrollo Sustentable le proporciona una dimensión ética que conforma la calidad de vida.

DESARROLLO GENERAL

Marco conceptual

En el desarrollo del término *sustentable*, ha surgido la discusión de la diferenciación entre el desarrollo sustentable y sostenible. Esta investigación considera como adecuado lo definido por Ruiz y Angers (2008), para quienes lo sustentable es aquel desarrollo que debe estar sustentado o soportado por las condiciones físicas, económicas y sociales, involucrando el ámbito espacio-temporal.

Por otro lado, el concepto de sostenible, acuñado durante la Reunión Intergubernamental en la Haya, Países Bajos, en 1990, sustituye al término sustentable y lo define que como un proceso que ha de durar por largo tiempo, es decir, pretende la búsqueda del equilibrio entre los elementos de intervención, y sus interrelaciones. Este término, se complica al considerar que las variables involucradas en el desarrollo sostenible son dinámicas, por lo que, su ordenamiento deberá estar basado en ajustes continuos (Ruiz y Angers, 2008).

Muchos otros han sido los esfuerzos y acciones encaminadas a vincular los procesos medioambientales a los parámetros que pudieran definir la sustentabilidad, algunos de ellos han sido:

La formación del Bussiness Council on Sustainable Development conocido actualmente como Word BCSD.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo donde se da la Declaración de la Agenda 21 en 1992; y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, de donde se deriva el Protocolo de Kioto en 1997. López (2008) hace mención al mismo tiempo que la compleja urdimbre de los procesos urbanos no puede soslayar las diferentes perspectivas de análisis, debiendo observarse como “un todo hologramático” es decir una lectura gráfica y completa de los sistemas urbano-arquitectónicos, los que serán abordados más adelante.

En México, la creciente preocupación y ocupación por el medioambiente, tiene antecedentes en el mismo sistema capitalista mundial y de consumo adoptado, cuando la globalización toma fuerza; en ese momento se hace palpable que las formas de producción y consumo de los emplazamientos urbanos estigmatizados como modernos, han sido a costa de comprometer la calidad de vida presente y futura de millones de habitante urbanos y rurales (López, 2008).

El análisis que pudiera permitir desentrañar y sopesar los procesos que definen al desarrollo como sustentable y sostenible tiende a volverse muy complejo por la multitud de factores a correlacionar, por lo que es conveniente fraccionar el todo en dimensiones alcanzables, lo que lleva a hacer propuestas multidisciplinarias que permitan este análisis multidimensional.

Por lo que desde el contexto universitario se hace importante desarrollar investigaciones que permitan profundizar en casos específicos del objeto arquitectónico y urbano hacia la sustentabilidad y la globalización.

Objetivos y metas

El objetivo de esta etapa de investigación es indagar desde diferentes ángulos urbano-arquitectónicos los rubros en los que hay posibilidad de crecimiento bajo los parámetros de sustentabilidad para los parques en el estado de Tabasco.

Específicamente para esta etapa, se trabaja con los parques urbanos municipalizados.

Los objetivos específicos son:



- Determinar la composición y estructura de los parques urbanos como parte de los sistemas urbano-arquitectónicos.
 - Someter los elementos registrados a un análisis de debilidades y amenazas con respecto a su composición, organización y condición de mantenimiento, así como a su porcentaje de áreas verdes y cálculo del costo beneficio.
 - Extrapolar los resultados del análisis a una situación de fortalezas que permitan hacer una lectura de las oportunidades de crecimiento y fortalecimiento de la estructura o sistema urbano-arquitectónico bajo parámetros que impacten en las esferas de la sustentabilidad.
- Identificar las oportunidades, considerando que todo campo que falta por explorar o desarrollar, se convierte potencialmente en una oportunidad de desarrollo o propuesta de cambios en políticas, tecnologías o patrones.
 - Tomar conciencia de las amenazas de los sistemas, tanto de los factores endógenos como exógenos, lo que por definición colocaría a cualquier sistema fuera de los parámetros de sustentabilidad.

Del análisis de los sistemas arquitectónicos – parques- se derivarán elementos de lectura para formar la plataforma de acciones conducentes a la mejora y construcción de sistemas sustentables.

La meta en esta etapa es conformar una base de datos que permita la lectura de la composición de los elementos de los parques estudiados, los patrones en su estructura, las relaciones de composición y el uso social de los parques y las relaciones de la estructura con el lugar económico de emplazamiento.

La investigación propone este método de análisis con el fin de enfatizar y salvaguardar los aciertos locales dentro de una superestructura global en que se encuentra inmerso el desarrollo urbano-arquitectónico en Tabasco y acentuar los desaciertos que permitirán la conformación de estrategias hacia la sustentabilidad.

Materiales y métodos

El desarrollo parte de un esquema de análisis de FODA que permita determinar las condiciones actuales de los parques urbanos representativos de las regiones de Tabasco.

Desde la teoría de los sistemas, estos emplazamientos poseen intrínsecamente múltiples interrelaciones, por lo que para su estudio en la presente investigación son identificados como sistemas arquitectónicos y, entendiendo con esto que su estructura está integrada por una red compleja de causas, procesos y consecuencias.

Los pasos que se aseguran para el análisis de los sistemas urbano-arquitectónicos consisten específicamente en:

- Identificar las fortalezas, las cuales serán planteadas a partir de preguntas como los aspectos que se hacen bien o que cumplen con parámetros de sustentabilidad.
- Identificar las debilidades de los sistemas tanto del propio sistema como lo que el sistema puede ocasionar hacia el contexto, generalmente esto se hace a partir de la aceptación de que algo está mal o no está siendo sustentable.

Desarrollo

El proceso de esta investigación establece las posibles relaciones entre las variables, por lo que la calidad de la información de salida (resultados), se encuentra en estrecha relación con la calidad de los datos que representan el insumo del proceso de análisis. De ahí la importancia de llevar a cabo los levantamientos de los parques a través de visitas programadas para identificar lo previamente planteado como variable de insumo. En todo caso, como argumenta López (2008) “...está claro que no es posible saber a profundidad lo que acontece con las ciudades y naturalmente con su población, y considerando su vinculación mutua con los procesos socioeconómicos y políticos, si no entendemos lo que ha sucedido y está sucediendo con los sistemas naturales de su lugar y de su entorno, sobretodo en términos de la degradación de esos sistemas y sus consecuencias con la mencionada calidad de vida de sus habitantes”.

En este sentido, el análisis estratégico para identificar los indicadores de calidad que proporcionen oportunidades de sustentabilidad en lo concerniente los parques urbanos de Tabasco, deberá originar una base de información vasta y relativamente homogénea de los indicadores tangibles y susceptibles de ser medrados.



Ello permitirá construir un banco de información sumario para la visualización de los atributos tanto del espacio construido como de los componentes entrópicos y económicos que en ellos se generan.

El carácter epistemológico de la investigación retoma los principios planteados por Morin citado por López (2008) cuya definición permite hacer aprehensibles y evidentes los múltiples componentes y procesos que conducen a lo que él llama interdefinibilidad de un sistema urbano-arquitectónico. Los cuales son:

El principio Dialógico²:

SOCIEDAD/NATURALEZA, o TODO/PARTE

En el ámbito del diseño urbano los ejemplos pueden ser:

Prefiguración de estructuras urbanas en el ámbito de la planeación y el diseño urbano/

daños medioambientales que se originan al aplicar esa prefiguración.

Mensajes y contenidos que incentivan el consumo internacional/ mensajes y símbolos comunitarios y de impulso a la soberanía.

El principio de recursividad³:

RETROACCION ENTRE ACCION Y CONOCIMIENTOS

En el ámbito del diseño urbano los ejemplos son:

El diseño urbano en el que se da la recursividad entre los procesos de prefiguración, procesos económicos y procesos ambientales.

Según Morin, estos procesos se definen como una espiral empujada, adquiriendo así la característica de ser interminables, aunque, pueden darse dos tipos de interrupción. Porque el investigador satisface su búsqueda o cuando el proceso mismo evidencia que los elementos de búsqueda están agotados en esa dirección.

Para nuestro estudio, ésta recursividad se da en el condicionamiento que la composición del espacio ejerce sobre los usuarios, al mismo tiempo que los

² Principio Dialógico según Morin: Unidad compleja entre dos logias, entidades o instancias complementarias, concurrentes y antagonistas que se alimentan la una a la otra. Se complementan pero también se combaten y oponen.

³ Principio de recursividad: Utilización no solo de interacción sino también de retroacción, los procesos en circuito en que los efectos actúan sobre las causas.

sujetos al hacer uso del espacio, van modificándolo conforme a sus intereses económicos y sociales.

El principio hologramático⁴:

Características que definen el principio:

Las partes pueden ser singulares y originales, al mismo tiempo que disponen de características generales y genéricas de la organización del todo. Ciertas decisiones estratégicas puntuales acerca del medioambiente urbano pueden representar una idea planificadora global de la ciudad en su conjunto.

En nuestro estudio un diseño de parque donde las áreas verdes no son significativas, puede representar en conjunto una baja tasa de fotosíntesis⁵, necesaria en las áreas construidas y con un crecimiento poblacional exponencial.

Las partes pueden estar dotadas de relativa autonomía.

A pesar de las interrelaciones, un análisis ambiental tiene procesos endógenos los cuales tiene características y comportamiento propios.

En todo caso las variables a estudiar además de estar interrelacionadas y en función de otras, pueden aislarse para su análisis particular y determinación de su estado del arte.

Establecimiento de comunicaciones entre sí, y realización de intercambios organizadores. Es decir un recurso externo al ser sometido a un proceso con ya interrelaciones predefinidas, vuelve a reconfigurarse.

Para nuestro caso, pueden implementarse políticas y normas para el diseño de las áreas verde y parques sin embargo al entrar y querer ser establecidos en una configuración urbana preestablecida, como los fraccionamientos, éstos

⁴ Principio hologramático, expuesto por Morin: Se trata de una organización que conduce al conocimiento que construye una vinculación entre el todo y las partes de un sistema.

⁵ Higuera, E. (2010) expone: la función clorofílica descompone el dióxido de carbono absorbiendo el carbono y liberando el oxígeno al aire. Y explica que en caso de ser una cubierta de pasto, se necesita el doble de la superficie de un bosque para generar la misma cantidad de oxígeno. Además del beneficio de la fijación del plomo, la acumulación del polvo y partículas en las hojas.



tomas una configuración que se cobija en las condiciones del emplazamiento mismo.

Así podemos encontrar algunos parques que dan plusvalía al fraccionamiento a través de la entidad y diseño de las áreas verdes que lo componen o puede solamente ser un elemento más para multiplicar el tipo de relaciones sociales que se da de por sí en el fraccionamiento. En este caso el área verde que lo conforma no es significativa.

Pueden ser eventualmente capaces de regenerar el todo. Una innovación tecnológica o de diseño de un objeto, puede constituirse como un detonante para el sistema tecnológico o de diseño de un sistema.

Por ejemplo los parques urbanos una vez municipalizados pueden ser diseñados para dar la pretendida plusvalía al barrio y detonar una serie de acciones tendientes a elevarla y conservarla, que irán más allá del diseño del propio parque y las áreas verdes, pudiendo influir en el equipamiento, la urbanización, la ocupación del suelo y las formas de consumo y uso de suelo.

En este punto, los parques son identificados como “el verde urbano” que según Falcón (2007) dan un valor agregado al espacio urbano ya sea por colonias o barrios. La relación económica que este puede tener con el espacio es evidente como determinante en la plusvalía y valor del espacio.

Los parques presentados hasta ahora corresponden a los municipios de Cárdenas y Comalcalco, para los cuáles debe indagarse como primer punto su localización, su dimensión, su papel en la estructura urbana, sus elementos compositivos, el papel social y uso del espacio.

El conocer la cantidad de áreas verdes puede marcar una línea para determinar el valor del espacio. Igual deben conocerse la cantidad de comercios y plazas que sustituyen el papel tradicional de los parques.

Los datos a buscar en una primera aproximación corresponden a: Los elementos compositivos que los conforman. La tipología del barrio (residencial, comercial, equipamiento, etc.), su contexto socioeconómico y la pirámides de edades de su población y su origen. Los usos que se pueden registrar y que son comunes a los parques son actividades lúdicas y recreativas, culturales, deportivas, contemplativas o actividades participativas.

Datos obtenidos

Los parques levantados hasta ahora y registrados son Cárdenas y Comalcalco de los que se ha encontrado la siguiente información en las tablas 1 y 2.

Hasta hoy los resultados obtenidos permiten correlacionar las variables físicas de composición con el papel medioambiental de los parques, observándose la correspondencia entre la constitución de los parques estudiados y los porcentajes de áreas verdes en ellos.

Tabla 1.- Levantamiento de atributos físicos de los parques del municipio de Cárdenas Tabasco. Junio 2012.

MUNICIPIO DE CÁRDENAS	ALUMBRADO	BOTES DE BASQUETA	SINALUCACIONES	JUEGOS	ARENERO	AREAS VERDES PALMERAS	AREAS VERDES PALMERAS	CANCHOS	ESTACIONAMIENTO	BANQUETAS	PERIMETRO	SUPERFICIE
Parque Hidalgo	X	X	X			X	X		X	X		30
Parque Juárez	X	X	X	X	X	X	X		X	X		60
Parque Revolución	X	X	X	X	X		X			X		20
Parque de convivencia familiar	X	X	X	X	X	X	X		X	X		65
Parque DIF (Pueblo Nuevo)	X	X	X	X	X	X	X		X	X		30
Parque Recreativo Deportiva	X	X	X	X	X		X	X	X			70
Parque Recreativo De Barrio Eduardo Soto	X	X	X	X	X		X	X	X	X		40

Tabla 2.- Levantamiento de atributos físicos de los parques del municipio de Comalcalco Tabasco. Junio 2012

MUNICIPIO DE COMALCALCO	ALUMBRADO	BOTES DE BASQUETA	SINALUCACIONES	JUEGOS	ARENERO	AREAS VERDES PALMERAS	AREAS VERDES PALMERAS	CANCHOS	ESTACIONAMIENTO	BANQUETAS	PERIMETRO	SUPERFICIE
Parque Buenavista	X	X		X				X		X		15
Parque Gustavo de la Fuente	X			X		X				X		60
Parque Juárez	X	X	X			X	X		X	X		20
Parque Plaza Mercado	X					X						20
Parque Recreativo Infantil	X	X			X	X	X		X	X		70
Parque San Isidro	X						X	X				0

Tabla 3. Atributos físicos como debilidades del espacio determinados por elementos básicos de composición en los parques levantados de Cárdenas, Tab.

	MUNICIPIO DE CÁRDENAS	Ponderación de atributos como fortalezas	Ponderación de atributos como debilidades
A	Parque Hidalgo	70	30
B	Parque Juárez	90	10
C	Parque Revolución	70	30
D	Parque de convivencia familiar	90	10
E	Parque DIF (Pueblo Nuevo)	90	10
F	Parque Recreativo Deportiva	80	20
G	Parque Recreativo De Barrio Eduardo Soto	90	10



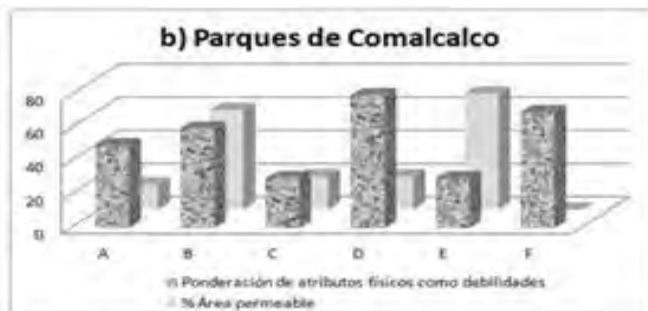
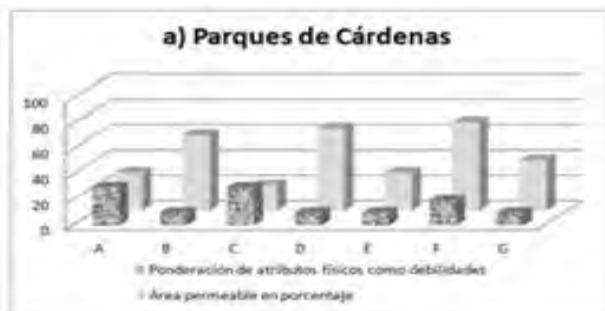
Ponderación de atributos físicos como debilidades del espacio determinados por elementos básicos de composición (tablas 3 y 4).

Los avances de la investigación permiten la ponderación de atributos físicos como debilidades del espacio determinados por elementos básicos de composición.

Tabla 4. Atributos físicos como debilidades del espacio determinados por elementos básicos de composición en los parques levantados de Comalcalco, Tab.

	MUNICIPIO DE COMALCALCO	Ponderación de atributos como fortalezas	Ponderación de atributos como debilidades
A	Parque Buenavista	50	50
B	Parque Gustavo de la Fuente	40	60
C	Parque Juárez	70	30
D	Parque Plaza Mercado	20	80
E	Parque Recreativo Infantil	70	30
F	Parque San Isidro	30	70

Los resultados permean las condiciones en que se encuentran los parques levantados, puede vislumbrarse un patrón de correspondencia entre los aspectos medioambientales considerando las áreas verdes como tamizadores de estrés urbano con la calidad y existencia de los elementos compositivos de los parques (Gráficas a y b).



Gráficas a y b. Cárdenas y Comalcalco relativamente. Muestra la relación entre los atributos

físicos de los parques y la existencia de área verde y permeable como indicador de sustentabilidad, Junio de 2012.

CONCLUSIONES

En Cárdenas el 40% de los parques tienen un porcentaje importante de área permeable verde, sin embargo ninguno tiene una correspondencia equilibrada con la existencia de atributos físicos favorables.

Para Comalcalco únicamente el 16% tienen una correspondencia equilibrada entre atributos físicos aceptables y porcentaje de área verde significativo.

Aun de los resultados mesurables que pueden permitir delinear políticas medioambientales, debe todavía considerarse las interrelaciones de los aspectos restantes y la posibilidad de otro punto que plantea el poco arraigo de las nuevas sociedades, lo que determina el grado de interés en las zonas verdes, ya sea para su implementación o mejora.

El resultado es la evaluación de factibilidad y congruencia de las respuestas tangibles (construidas) en las áreas de urbanismo y arquitectura que atiendan demandas regionales ante los requerimientos del cambio climático.

REFERENCIAS

1. Arias, S. (2006). La normatividad ambiental en la edificación arquitectónica. Universidad de Guadalajara: México
2. Brian, E.(2004) Guía Básica de la Sustentabilidad. Editorial Gustavo Gili: España
3. Falcón, A. (2007). Espacios verdes para una ciudad sostenible. Planificación, proyecto, mantenimiento y gestión. Editorial Gustavo Gili: España
4. Higuera, E. (2010). Urbanismo Bioclimático. Editorial Gustavo Gili: España
5. López. (2008). Crítica al urbanismo y su arquitectura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: México
6. Ruiz y Angers. (2008). Definición, Recursos y Herramientas para la Sustentabilidad. En Diseño, Arquitectura y Tecnología, BUAP: México
7. Velázquez De Castro, F. (2008). Es Posible La Sustentabilidad Reflexiones Sobre El Medio Ambiente. Editorial: POPULAR: España



La Vulnerabilidad de los Municipios del Estado de Jalisco Frente a la Variabilidad Climática y los Posibles Efectos Asociados al Cambio Climático. - 2010

Diego Daniel Olarte Suárez

FLACSO-México

Resumen

La relación poblacional con el medio ambiente, es un aspecto relevante para entender los fenómenos y problemáticas que se enmarcan entre estos dos sistemas. Una posibilidad de abordaje, es observar la relación entre la vulnerabilidad poblacional ante la variabilidad climática y el posible cambio climático.

El estudio de la vulnerabilidad se da, donde ésta dependa de las capacidades de resiliencia y adaptación, del grado de exposición al cambio climático y de la sensibilidad de acuerdo a las condiciones propias de sistemas humanos.

Lo anterior hacen que un sistema, sea afectado o no, por los fenómenos del clima, determinando si un municipio es capaz de reaccionar de manera adecuada en tiempo y espacio, frente a un escenario de interacción de factores sociales y ambientales en el contexto de cambio climático.

En tal medida, se propone un indicador para estudiar la vulnerabilidad de los municipios del Estado de Jalisco, que permita establecer y conocer los factores que inciden en sus niveles de vulnerabilidad. Haciendo uso de información del INEGI (Censo, SIMBAD) y del atlas climático digital de México.

Palabras Clave: vulnerabilidad, variabilidad climática, cambio climático, adaptación, resiliencia, sensibilidad y exposición.

Introducción

En la actualidad se hace cada vez más importante, la discusión sobre las relaciones entre el ser humano y su medio ambiente, dentro las dimensiones académicas y políticas. En el ámbito internacional las preocupaciones que surgen respecto a la sostenibilidad económica y el impacto sobre los recursos naturales, se hacen más fuertes,

al tiempo que se busca mejorar las condiciones sociales de la población.

Uno de los principales aspectos que se abarca el estudio de las relaciones hombre–naturaleza, es el fenómeno del calentamiento global. Dicha relación se puede observar desde dos perspectivas; desde la afectación de las actividades antrópicas sobre los sistemas naturales, y desde la incidencia de los sistemas naturales sobre la sociedad.

El presente trabajo se enmarca en la relación y afectación de los sistemas naturales sobre los humanos, en el contexto de la variabilidad climática y los posibles efectos del cambio climático (CC). Los factores biofísicos y climáticos se observan en relación a diferentes características municipales en el Estado de Jalisco, a través de los cuales se podrá determinar un nivel de vulnerabilidad.

¿Por qué Vulnerabilidad frente a la variabilidad climática?

El estudio de la vulnerabilidad frente a los fenómenos de variabilidad climática, es un tema de importancia desde la perspectiva académica y política. Los principales organismos internacionales han planteado propuestas generales de estudio, que no dan respuesta a las realidades regionales y/o locales –municipales- de la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática y el CC.

Desde la perspectiva institucional ya sea nacional, regional o local ha surgido la preocupación por contar con mayor y mejor información que permita la toma de decisiones en términos de política pública.

Existen trabajos que buscan avanzar en la medición e interpretación de indicadores de vulnerabilidad relacionados con el medio ambiente, donde aspectos como la pobreza, la infraestructura, las características poblaciones, socioeconómicas y ambientales explican o determinan los niveles de



vulnerabilidad (IPCC, 2007; Magaña Rueda & García, 2010).

A nivel mundial y en el caso de México, existe una gran variedad de propuestas y metodologías para el análisis de la vulnerabilidad frente al CC.

Las instituciones, en función de sus interés y alcances, hacen las mediciones utilizando: unidades de estudio heterogéneas (gran unidad hidrológica, cuenca hidrográfica, estados o municipios), variables diferentes que relacionan capacidades de la población, la pobreza y los ingresos (IDH, marginación, ingreso per-cápita), además de estrategias de cálculo o uso de diversas herramientas estadísticas como regresiones lineales, análisis bivariado y cálculos aritméticos simples (Conde; Estrada, Martínez-López, Conde, & Gay-García, 2012; Instituto Mexicano de tecnología del Agua, 2010; Magaña Rueda & García, 2010; Martínez, 2004; Ibararán, Malone, & Brenkert, 2010^a; SMRN, Gobierno de Estado de Puebla., 2010).

Por tanto, un indicador que busque estandarizar la forma de medición de la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática con variables de fácil acceso, que pueda emplearse en el ámbito institucional y que integre factores locales y regionales frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos, puede ser de gran utilidad.

La toma de decisiones y de medidas encaminadas a la búsqueda de la reducción de la vulnerabilidad como estrategia para mejorar las capacidades y condiciones de la población, requiere de información sobre las características de los sistemas ambiental y poblacional (IPCC, 2007).

Este trabajo pone sobre la mesa, la propuesta de un análisis de la vulnerabilidad mediante un indicador que permita la identificación de debilidades y amenazas de acuerdo a información disponible hasta el 2010; aspectos que pueden presentarse en el momento de enfrentar fenómenos derivados del CC.

En función de lo anterior se establece la siguiente hipótesis: Los factores relacionados con la vulnerabilidad serán las condiciones: en educación, acceso a salud, ocupación, estado de la vivienda, sumado a factores institucionales, ambientales y de ubicación en áreas susceptibles de peligro por fenómenos hidrometeorológicos. Así los municipios con menores capacidades de adaptación y

resiliencia, altos niveles de sensibilidad y con mayores niveles de exposición, enfrentan una mayor vulnerabilidad frente a la variabilidad climática y los efectos asociados a un posible cambio climático¹.

El estado de Jalisco resulta un área de estudio adecuada para la prueba de un indicador, gracias a que presenta características cercanas al promedio, dentro de la gran heterogeneidad del país. Adicionalmente, al observar la entidad, se encuentran diferencias entre sus municipios: en cuanto al índice de marginación (2005)² y en términos ambientales (el estado cuenta con variedad de condiciones climáticas y geográficas)³.

El documento se presenta en dos apartados y las conclusiones. En el primer apartado se aborda el marco teórico-conceptual en el cual se relaciona el concepto de vulnerabilidad y sus diferentes componentes. El segundo apartado, está compuesto por los resultados, características y clasificaciones derivadas del indicador de vulnerabilidad socio-ambiental frente a la variabilidad climática y posibles efectos del CC. Así se obtuvo un indicador que agregó tres dimensiones, con una nueva clasificación y priorización de los municipios, según su grado de vulnerabilidad para el año 2010 como estado temporal de referencia.

La vulnerabilidad frente a la variabilidad climática y los posibles efectos del cambio climático: el marco central.

El principal elemento de interés, es la vulnerabilidad frente al cambio climático y/o la variabilidad climática, los cuales se relacionan en aspectos como la sensibilidad, la adaptación y la exposición (Brenkert & Malone, 2005; Brooks, Neil Adger, & Mick Kelly, 2005; CEPAL - CELADE, 2002; Ibararán, Malone, & Brenkert, 2010a; Malone &

¹ Los concepto sobre capacidad de adaptación y resiliencia, sensibilidad y exposición serán explicados en el apartado siguiente que aborda el marco teórico.

² Tomado de CONAPO(2011a). “El índice de marginación es una medida resumen de nueve indicadores socioeconómicos que permiten medir formas de la exclusión social y que son variables de rezago o déficit, esto es, indican el nivel relativo de privación en el que se subsumen importantes contingentes de población”.

³ El criterio se tomó de acuerdo a las áreas con mayor vulnerabilidad al cambio climático relacionada con la disponibilidad y el consumo de agua, según el texto de Mendoza, Villanueva y Maderey, “Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el cambio climático global”, Pág. 215-225.



Brenkert, 2008). A continuación se hace una descripción de las nociones de vulnerabilidad y de sus elementos asociados.

La vulnerabilidad como concepto, ha sido utilizado en un gran número de estudios y en diferentes disciplinas, siendo operacionalizado de variadas formas de acuerdo a la disciplina (ciencias de la salud, medio ambiente (Biofísico) y socioeconómicas), con aplicaciones directas o indirectas en temas relacionados con población. En las ciencias sociales su aplicación ha presentado dificultades por lo complejo de la definición, que involucra elementos como el riesgo y otras (Foschiatti, 2009). La CEPAL plantea inicialmente la vulnerabilidad como resultado del nivel de exposición y la incapacidad de respuesta de una población (CEPAL - CELADE, 2002).

Una perspectiva más amplia de vulnerabilidad que permita la integración y comprensión de factores sociales en la determinación del fenómeno, sería aquella que incluye aspectos como la sensibilidad y la resiliencia, definiendo un estado de vulnerabilidad resultado de la exposición, la incapacidad para enfrentar el riesgo, y la falta de capacidad de adaptación (CEPAL - CELADE, 2002, p. 5).

Desde la perspectiva económica, la vulnerabilidad de la población es vista a partir de la sensibilidad a las fluctuaciones y cambios estructurales de los mercados, ocasionados por los flujos de capitales y los cambios en los modelos económicos de desarrollo (CEPAL - CELADE, 2002).

Desde la sociología, la vulnerabilidad social en América Latina se plantea como la situación de riesgo frente a altos niveles de desigualdad, de concentración del ingreso y de falta de acceso al mercado laboral en condiciones estables y adecuadas. En este sentido la población puede moverse de estratos bajos hacia estratos altos o por el contrario perder posiciones en la escala social (Pérez & Mora Salas, 2004).

La vulnerabilidad como resultado emergente de la modernidad como lo menciona Beck (2007), desde una visión estructuralista, caracteriza la relación social y ambiental, siendo el CC una consecuencia de las actividades humanas y de los factores derivados en la lógica de la modernidad, generando consecuencias no previstas en las condiciones de riesgo y vulnerabilidad.

El concepto de vulnerabilidad social planteado por Beck, se entiende como resultado de la falta de posibilidades y medios de un colectivo para enfrentar los riesgos y amenazas. Así las poblaciones más marginales por sus condiciones económicas y políticas, serán los más vulnerables (Beck, 2007, p. 243).

La posición socio-demográfica sobre vulnerabilidad, combina de alguna forma la perspectiva económica y social en donde se contemplan aspectos demográficos y hace alusión entonces al desequilibrio y relación entre las capacidades y oportunidades en los procesos internos y externos de un sistema. Ésta se plantea como la relación entre la estructura de oportunidades y de capacidades de los hogares. Las anteriores combinaciones determinan diferentes niveles de vulnerabilidad (CEPAL - CELADE, 2002).

La vulnerabilidad es construida y definida socialmente, lo cual permite establecer, que de atenderse aspectos relacionados con los fenómenos que determinan el comportamiento social, podría alcanzarse la mitigación del daño y la disminución de la vulnerabilidad ante los cambios de las condiciones naturales o climáticas (R. Landa et al., 2010).

Otro tipo de relación interesante es la que existe entre vulnerabilidad y adaptación, donde se puede visualizar en la definición del concepto presentada en el texto *Vulnerabilidad: El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres*, donde se plantea: *“Por vulnerabilidad entendemos las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien que da en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad.”* (Blaikie et al., 1996, p.14).

Más recientemente la vulnerabilidad se ha redefinido y ampliado de acuerdo a los desarrollos y las propuestas derivadas del problema del CC y la variabilidad climática. El IPCC desde su tercer informe, plantea que la vulnerabilidad está constituida por 3 dimensiones: (1) capacidad de adaptación, (2) sensibilidad de los sistemas humanos-ambientales y (3) exposición a fenómenos cambiantes. Esta propuesta ha sido adaptada y aplicada en algunos indicadores para México, el



esquema ajustado para este trabajo es el siguiente (ver esquema 1).

Esquema 1. Esquema analítico de la vulnerabilidad-IPCC



Fuente:Elaboración propia.

Nota: La estructura básica se tomó de: Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change- 2009.

Cuando los procesos de mitigación no son suficientes como lo expone el IPCC y el último informe de la agencia internacional de energía con relación a los niveles de emisiones de GEI (2011), las consecuencias del CC no son reversibles⁴. Surge entonces el tema de la “adaptación” la cual se define como: *“Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático”* (IPCC, 2007, p. 76).

Autores como Allan Lavell, critican el uso del concepto de adaptación, al ser empleado de forma generalizante. Esto es, porque se aplica una misma definición, en la que existen dos sistemas que reaccionan de manera particular ante los cambios del clima. Un sistema social o humano implica un conjunto de relaciones complejas que se movilizan de manera distinta según sean las circunstancias que enfrenten (Lavell, 2011).

En este sentido la emergencia del concepto de resiliencia hace referencia a la capacidad para sobreponerse y aprender de fenómenos adversos, incluso, permiten visualizar aspectos positivos dentro de situaciones negativas, dicho concepto resulta más adecuado para el análisis de sistemas

⁴ El banco mundial reporta un aumento en el nivel de emisiones de Co² en el mundo, pasando de 4.1 toneladas métricas per-cápita a 4.8, entre el 2002 y el 2008. Tomado de:

<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC/countries?display=graph>

humanos desde las ciencias sociales, mientras que el concepto de adaptación resulta pertinente para referirse a sistemas naturales o ecológicos (IPCC, 2007; Lavell, 2011).

La pobreza se puede visualizar como un factor que impide la generación de capacidades, que faciliten la adaptación frente a fenómenos de CC o de variabilidad climática. Al tiempo que estos mismos fenómenos climáticos dificultan la aplicación de estrategias que impulsen el desarrollo económico y social. Es decir, estamos hablando de una relación de doble vía entre lo ambiental y lo social (Stern, 2007).

La sensibilidad está determinada por los posibles daños del cambio en las condiciones del clima, que definen un nivel de afectación del sistema. Es decir, muestra las posibles reacciones ante los efectos del clima (IPCC, 2001; Stern, 2007). Por ejemplo, una comunidad rural puede ser altamente sensible a fenómenos de desplazamiento, debido a los daños del CC sobre las condiciones del suelo y de otros recursos disponibles, que no permiten el desarrollo de actividades productivas.

Igualmente una población, es más sensible frente a fenómenos atmosféricos extremos, cuando no se cuenta con la infraestructura y las condiciones institucionales adecuadas, para dar respuesta y atención a los daños causados por los eventos climáticos (CEPAL - CELADE, 2002; Stern, 2007).

La sensibilidad dentro del marco de análisis de la vulnerabilidad, determina el grado de daño que puede experimentar un sistema y el estado de desarrollo del mismo, ya sea en un sentido positivo o negativo frente a la variabilidad climática o el cambio climático (IPCC, 2007, p. 87).

Las valoraciones de la sensibilidad y la vulnerabilidad de un sistema, tienen en cuenta aspectos relacionados con la producción de alimentos, infraestructura, salud, recursos institucionales, ecosistemas y elementos asociados a las condiciones atmosféricas y de circulación oceánica (IPCC, 2007, p. 64; Stern, 2007).

El contar con variables de sensibilidad y exposición, de acuerdo al IPCC facilitarían un proceso de evaluación del impacto de los cambios en el clima, a la vez que harían parte de la evaluación de la vulnerabilidad (Ionescu et al., 2009).

La exposición dentro del análisis de la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática, se enfoca en la



rapidez e intensidad del cambio en las condiciones del clima. Además, este elemento interactúa con variables relacionadas con la adaptación y la sensibilidad.

La disminución de las capacidades de adaptación genera mayores niveles de exposición y viceversa. En este sentido, la aplicación de medidas de desarrollo sostenible pueden apalancar los costos de una mayor exposición y pocas capacidades de adaptación y resiliencia (IPCC, 2007, p.70).

El nivel de exposición de una población frente a un fenómeno adverso (climático y social), se puede entender desde dos pilares: 1) las condiciones físicas y geográficas del territorio que habita la población, las cuales reflejan características climatológicas; y 2) la presencia y concentración de la población en dichos territorios con condiciones físicas susceptibles a fenómenos hidrometeorológicos. En este punto se debe aclarar que los aspectos poblacionales y ambientales del territorio no presentan necesariamente una relación lineal (IPCC, 1997).

Es decir, no siempre una población favorecida (con mejores condiciones sociales y económicas) se ubica en áreas seguras considerando las condiciones biofísicas, aunque comúnmente se plantea que existe un alto grado de relación entre los niveles de vulnerabilidad y las condiciones socioeconómicas (Blaikie et al., 1996).

En conclusión, en base a los aspectos hasta ahora mencionados, la vulnerabilidad es una condición que resulta de lo social, es decir de las implicaciones y conexiones de las múltiples facetas de la sociedad.

Es por este, que el desastre se materializa en función de las condiciones de vulnerabilidad del entorno social, institucional y económico, con respecto al medio ambiente natural (Blaikie et al., 1996; R. Landa et al., 2010; Stern, 2007).

El aspecto temporal y espacial -desde lo biofísico-, en su relación con lo social, es relevante, porque media en las relaciones establecidas entre los procesos sociales, políticos, económicos y ambientales, configurando combinaciones que hacen que la población de una región -municipio- sea más o menos vulnerable a circunstancias de cambios extremos, al compararse con una población de otra área o región (Blaikie et al., 1996; Foschiatti, 2010).

Asimismo, la vulnerabilidad la podemos definir como: el conjunto de elementos que explican la posibilidad de un daño por la falta de capacidades y estado de indefensión para enfrentar situaciones de cambio originadas por factores sociales y ambientales (Blaikie et al., 1996; Foschiatti, 2009; Foschiatti, 2010).

Finalmente en este trabajo se considerará la vulnerabilidad socio ambiental frente a la variabilidad climática (VSAVC), con un acercamiento a las capacidades de adaptación de la población ante un fenómeno natural, como es el cambio en el clima. De esta manera, la vulnerabilidad socio ambiental se evaluará en función de factores socioeconómicos, institucionales, poblacionales y ambientales.

De igual forma, la vulnerabilidad observada en función de las características actuales o de un período en específico, es una aproximación a los posibles daños futuros; siempre manteniendo el supuesto de que las condiciones observadas se mantienen constantes.

Para los efectos de esta investigación, sólo será considerada la vulnerabilidad en referencia al año 2010⁵.

En tal medida se propone la medición y estudio de la vulnerabilidad socio ambiental frente a la variabilidad climática a nivel municipal, donde ésta depende de las capacidades y condiciones socio económicas de la población -resiliencia y adaptación-, del grado de exposición a los cambios ambientales en el contexto del cambio climático y la variabilidad climática -exposición-, de la sensibilidad de acuerdo a las condiciones propias del sistema, que hacen posible que sea afectado o no por los fenómenos del clima -sensibilidad- (Adger et al., 2007; Bedoya S. et al., 2010; Brenkert & Malone, 2005; Brooks et al., 2005; CEPAL - CELADE, 2009; IPCC, 2007).

La vulnerabilidad socio-ambiental frente a la variabilidad climática (VSAVC) en función de la capacidad de adaptación y resiliencia, de sus niveles de sensibilidad y de exposición.

El índice de vulnerabilidad (VSAVC) tiene el fin de integrar las dimensiones: de capacidad de adaptación y resiliencia, sensibilidad y exposición.

⁵ El análisis de la vulnerabilidad se hará con referencia al periodo 2010, debido al origen de los datos.



Los resultados obtenidos mostraron las diferencias relativas entre los municipios, según las distintas circunstancias observadas en cada dimensión.

Tabla 1. Tabla de resumen del IVSAVC.

Límites del estrato		Catagoría	Número de municipios	Porcentaje de municipios
Inferior	Superior	Ind. Adap. y Resil.		
-19.00	-11.80	Muy Alto	17	14%
-11.80	-7.80	Alto	27	22%
-7.80	-5.40	Medio	14	11%
-5.40	-0.60	Bajo	48	38%
-0.60	5.00	Muy Bajo	19	15%
			125	100%

Fuente: Elaborado por el autor

El producto agregado (IVSAVC) refleja, si las capacidades de adaptación y resiliencia son suficientes para enfrentar, los niveles de sensibilidad y exposición de cada municipio (baja vulnerabilidad), o por el contrario, se obtienen altos niveles de vulnerabilidad, resultantes de altos niveles de exposición y sensibilidad⁶.

Los resultados obtenidos de acuerdo a esto, permitieron clasificar los municipios de Jalisco como se observa en la tabla 1. Existen 17 municipios (14%) con una muy alta vulnerabilidad frente a una situación de daño por la variabilidad climática extrema.

El grupo con mayor número de municipios fue el correspondiente a la categoría baja, con 48 entidades que representaron el 38% del total estatal. En el nivel alto se ubicaron 27 municipios, que representaron el 22%. En los niveles medios se encontró el 11% y en un nivel muy bajo se clasificó el 15% de los municipios.

Las principales características de los municipios, según su nivel de vulnerabilidad frente a la variabilidad climática son las siguientes:

⁶ El cálculo del indicador se realiza tomando en cuenta las calificaciones, que obtuvieron los municipios en cada dimensión. Seguidamente se realizó la siguiente operación aritmética de los valores por dimensión: capacidad de adaptación y resiliencia – sensibilidad – exposición = indicador de vulnerabilidad.

Nivel muy alto de vulnerabilidad: Los municipios que hacen parte de esta categoría reúnen un total de 178.103 habitantes, representando el 2,4% de la población de Jalisco. Los municipios en peores condiciones y con más altos niveles de vulnerabilidad son: Santa María del Oro, San Sebastián del Oeste, Pihuamo, Tuxcacuesco y Zapotitlán de Vadillo. La producción bruta total de los municipios de este nivel, representa el 0,9% del estado.

El área rural de los municipios de este nivel de vulnerabilidad tiene una extensión 18.878 kilómetros cuadrados, que equivale al 24,3% del área rural total estatal (segunda en importancia).

Nivel alto de vulnerabilidad: Su población total es de 1.971.120 personas, concentrando el 26,8% de la población total del estado.

Los primeros lugares son ocupados por municipios como: Bolaños, Jilotlán de los Dolores, Villa Guerrero, Atoyac, Cihuatlán, Cuautla, Chimaltitán, Chiquilistlán, Ejutla, Huejuquilla el Alto, Mixtlán y El Salto, los cuales presentan las puntuaciones más altas.

En relación a la actividad económica, el grupo de municipios de esta categoría concentró el 38,3% de las unidades productivas existentes en el estado, quienes a su vez emplearon al 43,4% de la población total ocupada.

De igual forma del total de la producción bruta de la entidad, los municipios con un nivel alto de vulnerabilidad, fueron responsables del 44,8% de la producción de acuerdo al censo económico (2009).

De todo lo anterior, se desprende que este grupo de municipios son los que mayor participación económica tienen dentro del estado, al tiempo que concentran una importante porción de la población, con un nivel alto de vulnerabilidad.

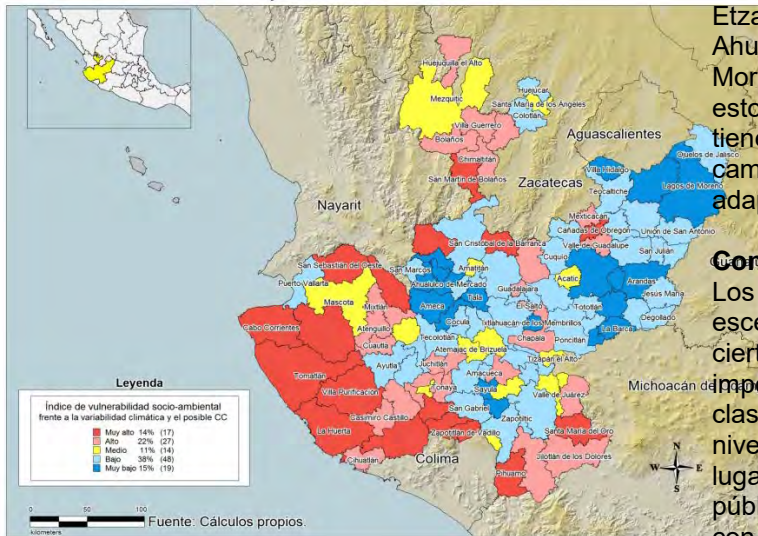
Nivel medio de vulnerabilidad: Los habitantes de los municipios con niveles medios, tienen una participación del 2,4% de la población total.

Los municipios que ocupan los primeros lugares en esta categoría son: Acatic, Amatitán, Atengo, El Limón, Mascota, Mezquitic, Tizapán el Alto, Tonila, Valle de Juárez, Zacoalco de Torres. Un total de 5.754 unidades productivas (2,2%) que ocupan al 1,2% de la población total empleada (17.658 personas), se ubicaron en este nivel de



vulnerabilidad. Adicionalmente, este grupo tuvo una participación de 0,8% del total de la producción bruta.

Mapa 1. Índice de vulnerabilidad socio-ambiental frente a la variabilidad y el posible cambio climático - Jalisco.



económica en este grupo de municipios, fue la tercera menos importante. Del total de empresas en el Estado de Jalisco, el 13,6% están ubicadas en estos municipios; 135.900 personas (9,1%) fueron ocupadas por éstas empresas, y generando apenas el 7% de la producción bruta total. Los municipios con menores puntuaciones en el índice fueron: Etzatlán, Magdalena, Sayula, Villa Hidalgo, Aqualulco de Mercado, La Barca, Tala, Tepatlán de Morelos, Lagos de Moreno. De esto se infiere, que estos municipios son los que mejores condiciones tienen para enfrentar daños derivados del posible cambio climático, en función de los niveles de adaptación, sensibilidad y exposición.

Conclusiones

Los resultados del presente trabajo, revelan tres escenarios desde los cuales se pueden hacer ciertas consideraciones. En primer lugar, elementos importantes en relación con los resultados y la clasificación de los municipios en los diferentes niveles de vulnerabilidad. Finalmente en segundo lugar, algunas observaciones en términos de política pública, para enfrentar los fenómenos relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático.

Nivel bajo de Vulnerabilidad: La población residente en los municipios con niveles bajos de vulnerabilidad, es la más representativa con 4.027.933 habitantes (54%). Los municipios que tienen las menores calificaciones dentro de la categoría son: Jesús María, San Julián, Tenamaxtlán, Teocaltiche, Unión de Tula, San Gabriel, Villa Corona, Ocotlán, Tlajomulco de Zúñiga, Zapopan. La actividad económica en el grupo de municipios de esta categoría, fue la más importante en comparación con los demás niveles de vulnerabilidad.

Estos municipios presentaron el 44,5% de las unidades productivas existentes, ocupando el 45,3% de la población total empleada en Jalisco y siendo responsables del 46,5% de la producción bruta total.

Nivel muy bajo vulnerabilidad: este grupo tienen un total de 995.015 habitantes, representa el 13,5% de la población de Jalisco. Las regiones con mayor cantidad de personas son: Altos del Sur con 226.561 habitantes y la región Altos de Norte con 223.924 habitantes.

Lo que refiere a las condiciones de acceso a servicios públicos y características de las viviendas, éstas mostraron los mejores indicadores promedio entre municipios. Por su parte, la actividad

El Estado de Jalisco muestra una importante heterogeneidad tanto en aspectos socioeconómicos como en los ambientales. En relación a los socioeconómicos se aprecian municipios con muy buenas condiciones económicas y de cobertura en servicios sociales, al igual que otros con precarias condiciones de vida. En cuanto al aspecto ambiental la entidad ofrece diversos paisajes, como áreas costeras, sierras y montañas, zonas llanas y cálidas e importantes recursos en materia hídrica.

Consideraciones sobre los resultados del indicador.

El análisis de los resultados del IVSAVC frente a los otros índices por dimensiones, corroboró que ciertas características socioeconómicas favorables como una alta concentración de la actividad productiva y adecuadas condiciones en educación, vivienda y ocupación, no necesariamente se corresponden con los municipios con muy bajos niveles de vulnerabilidad. Se identificaron municipios con una alta participación dentro de la producción económica de la entidad federativa, que presentaron niveles medios o altos de vulnerabilidad.

Los niveles de vulnerabilidad muy altos (IVSAVC) correspondieron a los municipios con mayores carencias y altos niveles de exposición, lo cual es una respuesta coherente con el planteamiento del



indicador y la hipótesis del trabajo; además concordante con muchos de los planteamientos de la teoría sobre vulnerabilidad. Sin embargo, en los estratos altos de vulnerabilidad, esta relación directa no se hizo tan evidente.

La posibilidad de observar la vulnerabilidad desde tres dimensiones, hizo visible ciertas circunstancias, que establecieron municipios con vulnerabilidades diferenciadas. Una de las principales circunstancias encontradas fue: que existen municipios con alta vulnerabilidad, que muestran niveles adecuados en cuanto a sus condiciones socioeconómicas y cobertura de servicios. Esto ocurre cuando las características de exposición y de alta sensibilidad, sobrepasan el nivel relativo de capacidad de adaptación y resiliencia.

En conclusión, cuando se tiene la posibilidad de un análisis multi-dimensional de la vulnerabilidad y además se utiliza la perspectiva ambiental, los resultados finales no siempre se corresponden con la idea tradicional, de que las estructuras sociales y económicas de un sistema poblacional son los únicos determinantes de los niveles de vulnerabilidad.

El problema del CC y la generación de estados de vulnerabilidad, exigen un tipo de estudio que tenga una visión integradora y sistémica. No es posible estudiar la vulnerabilidad en el contexto de la variabilidad climática y el CC, sin tener en cuenta las dinámicas del medio ambiente, junto a las socioeconómicas e institucionales.

Consideraciones en relación a la política pública.

Los eventos hidroclimáticos extremos y sus relaciones con las declaratorias de desastre, muestran como la variabilidad climática afecta la estabilidad de los sistemas humanos, generando escenarios de alta vulnerabilidad, en caso de no tomarse las medidas correctivas y acciones necesarias, dentro de las diferentes dimensiones que componen el IVSAVC.

La propuesta del IVSAVC como herramienta de apoyo a una política pública para enfrentar el cambio climático, facilita la priorización de acciones de apoyo a los municipios con mayor vulnerabilidad. El indicador logró identificar las principales debilidades de los municipios, de acuerdo a las perspectivas de adaptación, sensibilidad y exposición, lo que le permitiría a una política pública de cambio climático ser más eficiente en la dirección del gasto, ya que se conocen las necesidades específicas de cada área municipal.

Por lo tanto, al hablarse de ausencia o bajas capacidades de adaptación y resiliencia los recursos podrían enfocarse en fortalecer las condiciones de la educación, el empleo, la vivienda y las comunicaciones (acceso a tecnología). En caso que el municipio sea vulnerable por efecto de una alta sensibilidad, la política deberá dirigirse hacia la inversión en el sector agrícola, además del fortalecimiento institucional y financiero de los gobiernos locales. Por el contrario, si la dimensión de exposición fue la que mayor peso tuvo sobre la vulnerabilidad de un municipio. Siendo esto así, la inversión debería orientarse hacia la construcción de obras de infraestructura, y el establecimiento de sistemas de prevención y mitigación de desastres por eventos climáticos extremos.

El indicador resulta ser un instrumento empírico que permite generar un filtro más robusto y consecuente en el marco de la aplicación de una política de cambio climático, en comparación a otros indicadores tradicionales utilizados institucionalmente, que no ofrecen un marco analítico y práctico para priorizar e identificar aspectos relevantes a nivel municipal, para atender problemas relacionados con una alta vulnerabilidad.

Esta propuesta de medición y análisis puede facilitar el desarrollo de políticas impulsadas, desde un nivel estatal y local, que no sólo atienda escenarios de adaptación frente al cambio climático, sino que además ayuda a identificar aspectos necesarios para mejorar las condiciones institucionales de los municipios y el estado social de su población.

Fuentes de Consulta

1. Adger, W. N., S. Agrawala, M. M. Q. Mirza, C. Conde, K. O'Brien, J. Pulhin, . . . K. Takahashi. (2007). Assessment of adaptation practice, options, constraints and capacity. In Abdelkader Allali (Ed.), *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (Primera ed., pp. 717-743). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
2. Ball, T. (2011). *IPCC climate science failure requires someone to blame*. Retrieved 03/12, 2012, from <http://drtimball.com/2012/ipcc-climate-science-failure-requires-someone-to-blame/>
3. Barreneche, J., Gentil, E., González, S., & Natenzon, C. Una propuesta metodológica



- para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo. *Programa De Investigación De Recursos Naturales y Ambiente, Instituto De Geografía*,
4. Baudino, Á. (2012). *La conferencia de las naciones unidas sobre la conferencia de las naciones unidas sobre el desarrollo sostenible 2012 - Rio+20 (20 al 22/06)*. Retrieved 07/03, 2012, from <http://www.ceides.org.ar/novedades.php?id=28>
 5. Beck, U. (2007). *La sociedad del riesgo mundial* (Tercera ed.). España: Paidós Ibérica.
 6. Bedoya S., M., Benavides, H., Cabrera L., M., Carrillo P., H., Contreras, C., Cuervo C., P., . . . Lozano P., R. (2010). Cuarto capítulo - vulnerabilidad. In IDEAM (Ed.), *Segundo comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático* (Primera ed., pp. 201-313). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
 7. Blaikie, P., Cannon, T., David, I., & Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad.; el entorno social, político y económico de los desastres*. (Primera edición ed.) La Red.
 8. Brenkert, A. L., & Malone, E. L. (2005). Modeling vulnerability and resilience to climate change: A case study of India and Indian states. *Climatic Change*, 72(1-2), 57-102. doi:10.1007/s10584-005-5930-3
 9. Brooks, N., Neil Adger, W., & Mick Kelly, P. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2), 151-163. doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006
 10. Cardona, O. D. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo "una crítica y una revisión necesaria para gestión". *International Work-Conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice*,
 11. Carranza, C. M. (2008). *Acuerdo donde se establece los lineamientos para emitir las declaratorias de emergencia y la utilización del fondo revolvente*. Retrieved 12/06, 2011, from <http://www.funcionpublica.gob.mx/>
 12. Centro de agricultura y medio ambiente, & Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad de Chile. (2008). Análisis de vulnerabilidad silvoagropecuaria en Chile frente a escenarios de cambio climático. In Ministerio de agricultura (Ed.), *Estudio final* (Primera ed., pp. 1-93). Chile.
 13. CEPAL - CELADE. (2002). Vulnerabilidad sociodemográfica: Viejos y nuevos riesgos para las comunidades, hogares y personas. *Separata, Uno y cinco* (Este documento se da a conocer sólo en versión electrónica), 3-24.
 14. CEPAL - CELADE. (2009). *Cambio climático y desarrollo en América latina y el Caribe: Una reseña* (Naciones Unidas ed.). Chile: Naciones Unidas.
 15. Conde, C. *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: Descripción de un estudio de caso y los retos en las investigaciones actuales*. Retrieved 03/10, 2012, from <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/508/vulnerabilidad.pdf>
 16. Consejo Nacional de Población. (2011a). *Índice de marginación 2010*. Retrieved 02/10, 2012, from http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=478&Itemid=194
 17. Consejo Nacional de Población. (2011b). *La situación demográfica de México* (Primera ed.). México.
 18. Escolero F., O., Martínez, S. E., Kralisch, S., & Perevochtchikova, M. (2009). *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la ciudad de México en el contexto de cambio climático*. México: Centro virtual de cambio climático de la ciudad de México.
 19. Estrada, F., Martínez, López, B., Conde, C., & Gay-García, C. (2012). The new national climate change documents of Mexico: What do the regional climate change scenarios represent? *Climatic Change*, 110(3-4), 1029-1046. doi:10.1007/s10584-011-0100-2
 20. Fernández, E. A., J. Zavala Hidalgo & R. Romero Centeno. (2012). *Atlas climático digital de México (versión 2.0)*. Retrieved 12/10, 2011, from <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/uniatmos.html>
 21. Flannery, T. (2007). *La amenaza del cambio climático* (Primera ed.). México: Taurus.
 22. Foschiatti, A. M. (2010). Las dimensiones de la vulnerabilidad sociodemográfica y sus escenarios. *Párrafos Geográficos*, 9(1), 21-37.
 23. García, R. (1994). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Ciencias sociales y*



- formación ambiental (Primera ed., pp. 85-124). Barcelona: Gedisa.
24. García, R. (Ed.). (2006). *Sistemas complejos* Editorial Gedisa.
 25. Gutiérrez, V. L. (2011). *Conclusiones de la cumbre de Cancún para el cambio climático*. Retrieved 8 de Noviembre, 2011, from <http://www.suite101.net/news/conclusiones-de-la-cumbre-de-cancun-para-el-cambio-climatico-a32604#ixzz1bfOZSk80>
 26. Ibararán, M. E., Malone, E. L., & Brenkert, A. L. (2010a). Climate change vulnerability and resilience: Current status and trends for Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 12(3), 365-388. doi:10.1007/s10668-009-9201-8
 27. INEGI. (2005). *Uso del suelo y vegetación. 2002-2005*. Retrieved 12/02, 2011, from <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385>
 28. INEGI. (2006). *Carta de climas escala 1:1.000.000. México 1980*. Retrieved 11/06, 2011, from <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385>
 29. INEGI. (2011). *México en cifras, información nacional por entidad y municipio*. Retrieved 11/15, 2011, from <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>
 30. Instituto Mexicano de tecnología del Agua. (2010). Vulnerabilidad hídrica global: Aguas superficiales. In Coordinación de Comunicación, Participación e Información Subcoordinación de Vinculación, Comercialización y Servicios Editoriales (Ed.), *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. (Primera ed., pp. 81-114). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
 31. International energy agency. (2011). World energy outlook, resumen ejecutivo [Abstract]. *World Energy Outlook 2011*.
 32. Ionescu, C., Klein, R. J., T., Hinkel, J., Kavi Kumar, K. S., & Klein, R. (2009). Towards a formal framework of vulnerability to climate change. *Environmental Modeling & Assessment*, 14(1), 1-16. doi:10.1007/s10666-008-9179-x
 33. IPCC. (1997). *Informe especial del IPCC impacto regional del cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad* (Banco Mundial ed.) Organización meteorológica mundial.
 34. IPCC. (2001). In McCarthy J., Canziani O. F., Leary N. A., Dokken D. J. and White K. S. (Eds.), *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Informe del grupo de trabajo II del IPCC* (Primera ed.)
 35. IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático* (Primera ed.). Ginebra, Suiza: IPCC.
 36. Joseph F. Hair, Jr. ... [et al.], & traducción Esme Prentice, Diego Cano (Eds.). (2010). *Análisis multivariante* (Quinta ed.). España: Prentice Hall.
 37. Kelemen, A., Munch, W., Poelman, H., Gakova, Z., Dijkstra, L., & Torighelli, B. (2009). Regions 2020 the climate change challenge for European regions. *Regions 2020 the Climate Change Challenge for European Regions*,
 38. Landa, R. (2011). Amenazas del clima: Ciudades vulnerables. *Revista México Social*, 11(Junio), 52-56.
 39. Landa, R., Ávila, B., & Hernández, M. (2010). *Cambio climático y desarrollo sustentable para América latina y el Caribe*. México: DF.
 40. Lavell, A. (2011). Desempacando la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo: Buscando las relaciones y diferencias. Una crítica y construcción conceptual y epistemológica. *Proyecto UICN-FLACSO Sobre Gestión Del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático*.
 41. Magaña Rueda, V. O., & García, G. C. (2010). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Cambio Climático*, 26, 7-23.
 42. Malone, E. L., & Brenkert, A. L. (2008). Uncertainty in resilience to climate change in India and Indian states. *Climatic Change*, 91(3-4), 451-476. doi:10.1007/s10584-008-9472-3
 43. Martínez, J. (2004). In SEMARNAT (Ed.), *Cambio climático: Una visión desde México*. (Primera ed.). México: Instituto Nacional de Ecología.
 44. Nafarrete, T. J. (1996). *Introducción a la teoría de sistemas* (Series (teoría social) ed.). México: Universidad Iberoamericana.



45. Ordoñez D., J. A. (2009). *Vulnerabilidad del suelo de conservación del distrito federal ante el cambio climático y posibles medidas de adaptación*. (Informe). México: Centro de ciencias de la atmosfera.
46. Ortiz, P. M., & Méndez Linares, A. P. (1995). Repercusiones por ascenso del nivel del mar en el litoral del golfo de México. In C. Gay García, L. G. Ruiz Suárez, M. Imaz, A. C. Conde & O. Sánchez (Eds.). México: INE.
47. Palma, R. (2012). *Vulnerabilidad de las costas: Apuntes para una caracterización general*. Retrieved 03/20, 2012, from <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/PROTECCIONVER/CAMBIO CLIMATICO/ESTUDIOS CAMBIO CLIMATICO/VULNERABILIDAD%20DE%20LAS%20COSTAS.PDF>
48. Paniagua, Á., & Moyano, E. (1998). Medio ambiente, desarrollo sostenible y escalas de sustentabilidad. *Reis*, (83), 151-175.
49. Pérez González, M. E. (2006). Crítica al cambio climático a partir de la evolución de la temperatura en el atlántico norte. *Anales De Geografía De La Universidad Complutense*, 26, 95-116. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2220834>
50. Saavedra, F. (2010). Vulnerabilidad de la población frente a inundaciones e inestabilidad de laderas. In H. Cotler Ávalos (Ed.), *Las cuencas hidrográficas de México: Diagnóstico y priorización* (Primera ed., pp. 132-138). México D.F.: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT - Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.
51. SMRN, Gobierno de Estado de Puebla. (2010). *Síntesis de la estrategia de mitigación y adaptación del Estado de Puebla ante el cambio climático* (Primera ed.)
52. Spencer, R. (2012). *Global warning natural or manmade?* Retrieved 03/21, 2012, from <http://www.drroyspencer.com/global-warming-natural-or-manmade/>
53. Stern, N. (Ed.). (2007). *Informe stern: La verdad sobre el cambio climático* [Stern review on the Economics of Climate Change] (A. Santos, J Vilaltella Trans.). España: Paidós Ibérica.
54. United Nations. (2010). *Framework convention on climate change*. Retrieved 9 de noviembre, 2011, from http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.p hp
55. Watson, R. T., Zinyowera, M. C., Moss, R. H., & Jacobs, J. D. (1998). [Impacts, adaptations & mitigation of climate change: Scientific-technical analyses]. *Canadian Geographer*, 42(1), 105-106.
56. World Wildlife Fund. (2007). *La evaluación de las especies mexicanas*. Retrieved 01/20, 2012, from <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/especies4.p hp>

Temas que pudieran ser objetos de ser investigados en el contexto de cambio climático:

- Evaluación de impactos y costos potenciales del Cambio climático a nivel local.
- Posibles efectos del Cambio climático sobre aspectos socioeconómicos que funcionen como determinantes de la migración.
- Estudios comparados entre regiones y/o cuencas hidrográficas del estado de la vulnerabilidad frente al Cambio climático
- Elaboración de escenarios de vulnerabilidad frente al Cambio climático
- El crecimiento demográfico y económico como determinantes de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación.



Retos de la seguridad alimentaria y superación de la vulnerabilidad social ante el cambio climático en México

Úrsula Oswald Spring

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM

Resumen

Mil millones de personas padecen hambre en el mundo y se desperdician cerca de 1,300 millones de toneladas de alimentos cada año. La seguridad alimentaria en México se relaciona con cambios en las condiciones climáticas, donde una sequía extrema en 5 estados y otros 17 estados afectados ha impactado a 12 millones de personas con pérdidas de \$150 mil millones.

Pero también la política agropecuaria neoliberal sin apoyo a campesinos, altos costos en insumos y precios bajos de venta, concentración de subsidios para agroempresarios, aumento en importaciones de granos sin comprar las cosechas a los productores nacionales, inflación en precio de alimentos y pérdida del poder adquisitivo han aumentado en 12 millones el número de pobres durante el sexenio. Esta política concentradora de riqueza y eventos hidrometeorológicos extremos han afectado la seguridad alimentaria del país.

Durante la última década se han muerto 85,343 personas por hambre y sobreviven 27 millones de mexicanos en 339 municipios en pobreza extrema. Los escenarios climáticos para 2050 indican que la superficie de cultivo pudiera perderse en 15% con migraciones masivas hacia ciudades y fuera del país.

Tampoco hay mecanismos claros de mitigamiento y adaptación ante el cambio climático y sólo 0.11% del presupuesto federal se dedica a la actividad forestal. Se estima que en dos décadas pudieran desaparecer 95% de los bosques tropicales húmedos y 50% de los templados. Los retos son gigantescos y sólo mediante extensionismo rural, desarrollo de mercados, recuperación ambiental, combate a la pobreza, inversiones en agricultura verde e innovación sustentable, México podrá enfrentar el cambio climático sin graves problemas socio-ambientales y políticos.

Introducción

El cambio climático y las actividades antropogénicas han deteriorado los recursos naturales (aire, agua,

suelo y biodiversidad) con impactos negativos en la alimentación de los seres humanos¹ y en su salud² (IPCC 2012; Land/Heaseman 2004).

La disponibilidad y la calidad de los alimentos se han adicionalmente afectado por la política neoliberal de desarrollo rural, donde se ha abandonado el apoyo a la producción campesina, crecientemente en manos de las mujeres y los ancianos.

Hoy día 40% de los alimentos en México se producen en la huerta y el traspatio para la producción de subsistencia, lo que ha mejorado las interacciones socio-ambientales y los servicios

¹ Para que en un organismo vivo funcione óptimamente en términos fisiológicos las células requieren de cerca de cien sustancias, localizadas en el entorno. Su función es mantener la estructura y controlar el metabolismo. En general, se trata de componentes químicos con peso molecular elevado (proteínas, azúcar, fibras, sales, almidones) que se desintegran en nutrientes en el tracto intestinal. Una vez liberados son absorbidos mediante el torrente sanguíneo por las células. Los elementos químicos esenciales requeridos en el cuerpo humano representan, de acuerdo al peso corporal: 65% oxígeno, 18% carbono, 10% hidrógeno, 3% nitrógeno, 2% calcio, 1.1% fósforo, 0.25% azufre, 0.20% potasio, 0.15% sodio y cloruro, 0.05% magnesio, 0.004% hierro y trazas de cobre, manganeso, zinc, cobalto, silicón, molibdeno y otros (Oswald 2008).

² La transnacional alimentaria Nestlé inició en 2002 un nuevo paradigma nutricional “alimentos para la vida”, donde se genera un sistema de clúster entre producción de monocultivos (a veces con transgénicos) con larga durabilidad en los estantes de los supermercados, enriquecidos con vitaminas, enzimas, proteínas, etc. La propaganda se basa en la interrelación entre alimentos y procesos de salud-enfermedad que debe ser aceptado por el consumidor. No obstante, muchos alimentos transformados han generado efectos colaterales y dañinos a la salud (López 1996; Tansey/Worsley 1995) como obesidad, diabetes *mellitas* y cáncer, que se combatirían supuestamente con nuevos productos *light*.



ecosistémicos deteriorados gracias a sus métodos orgánicos (Sagarpa 2012).

Por otra parte, el norte del país con una disponibilidad limitada de agua e impactos por una sequía severa en 2012 y heladas en Sinaloa en 2011 presagian procesos de agotamiento del modelo exportador, donde los fenómenos naturales y socio-productivos han creado un círculo vicioso de sobre-explotación de los recursos existentes, contaminación, destrucción de ecosistemas, deterioro de servicios ambientales e intrusión de agua salina a los acuíferos costeras en Baja California, Sonora, Campeche y Yucatán (Garatuzza *et al.* 2011; Arreguín *et al.* 2011; Perry *et al.* 2011).

Este fenómeno no es propio de México, sino que obedece a un modelo agrícola basado en la productividad que ha depredado los recursos naturales por productos agroquímicos, monocultivos y cambios en el uso de suelo. Al inicio del siglo XXI, más de 2 mil millones de campesinos dependen aún del autoconsumo, crecientemente más en manos de mujeres y todavía 80% de la superficie mundial agrícola genera 63% de alimentos en tierras de temporal.

Especialmente las tierras secas cubren 40% del planeta donde vive un número igual de personas. Pero los modelos del comercio mundial de alimentos han generado casi mil millones de personas con hambre y se estima que por el cambio climático (CC) las personas bajo riesgo por hambre pudieran aumentar entre 10 y 20% (FAO/WFP 2012). Se estima que se encuentran expuestos a la hambruna unos 10 millones de niños³ que pudieran morir anualmente en 2030, 10 veces más que en la actualidad (UNICEF 2012).

Ante esta complejidad, el texto analiza el concepto de seguridad y soberanía alimentaria, después revisa los factores estructurales y coyunturales de la evolución del hambre en el mundo, su relación con los precios internacionales de alimentos, la especulación y el mapa mundial del hambre y establece una interrelación entre cambio climático, vulnerabilidad social y de género y su repercusión en la seguridad alimentaria. Las políticas agroalimentarias han dejado un profundo impacto en

³ El grupo Save the Children afirma que en los próximos quince años casi quinientos millones de niños en todo el mundo corren riesgo de sufrir daños permanentes a causa de la desnutrición crónica. El grupo informa además que la desnutrición afecta mundialmente a uno de cada cuatro niños.

el modelo de producción y consumo alimentario en México, con efectos más negativos aún, cuando se toma en cuenta el impacto del cambio climático en las regiones más vulnerables. Finalmente, se elaboran algunas propuestas para superar la crisis alimentaria en México y mecanismos de política pública que permitirían llegar a la soberanía alimentaria a pesar de los impactos por el cambio climático.

Seguridad y soberanía alimentaria

La ausencia de hambre y el derecho a una alimentación⁴ sana se han convertido en una demanda central de la seguridad humana, ya que

⁴ *Alimento* es un término genérico dado a vegetales y animales en su totalidad, en partes o en sus secreciones (flores, frutas, hojas, raíces, leche, huevos, músculos, órganos internos como hígado, riñón, estómago, sesos). Al comer los alimentos, los nutrientes encontrados en estos productos requieren de un proceso de asimilación, llamado nutrición. *Nutrición* se refiere al proceso a través del cual los alimentos se absorben por parte de organismos vivos: inicia con la ingesta, continúa con la digestión, donde las proteínas se rompen en aminoácidos y sigue con la absorción de los nutrientes en el intestino. Una vez integrados, se distribuyen a través del cuerpo para su asimilación y transformación metabólica en cada célula. La última fase es la excreción en forma de materia fecal y orines, donde se eliminan también toxinas. Los *alimentos* cumplen en la mayoría de los organismos vivos tres *funciones*: crean la energía requerida al absorber nutrientes que son necesarios en el crecimiento y mantenimiento de las actividades biológicas y físicas de cualquier organismo, gracias a los procesos de oxidación o fermentación. En segundo lugar, la ingesta de alimentos ofrece agentes indispensables en los procesos de síntesis al interior de las células, necesarios para formar los componentes de las enzimas. En tercer lugar, los alimentos generan el material estructural y catalítico de los compuestos químicos de las células vivas, a través de los anabolismos. Cuando una de estas tres funciones falla, el organismo compensa la deficiencia con los otros dos procesos. Por lo mismo, comer es una necesidad biológica que determina la calidad de vida de una persona y su nivel de salud. Sin embargo, la alimentación no puede reducirse sólo a procesos fisiológicos (Oswald 2008). Se trata de una experiencia holística donde interviene el placer, los sentidos (olor, gusto, tacto, vista), la estética, la comunicación, las normas y los tabúes sociales, que han generado rituales, ceremonias y fiestas capaces de reforzar la identidad cultural y territorial de una población. Alimentación y nutrición son procesos constitutivos del funcionamiento orgánico y a veces se confunden.



productos contaminados y carentes de nutrientes están afectando la salud y supervivencia de comunidades y personas. Mientras que los campesinos frecuentemente emigran de tierras contaminadas, degradadas y erosionadas hacia las ciudades o fuera del país, las mejores tierras con acceso a riego, capital y subsidios están produciendo alimentos de exportación y biocombustibles.

Empero, la seguridad alimentaria va más allá del entorno fisiológico-natural e involucra a factores sociales, culturales, económicos y de identidad que conforman un proceso holístico de vida. Finalmente, el mercado de futuros ha especulado con los precios de alimentos básicos, incrementando la desnutrición y el hambre, cuyas repercusiones políticas se expresaron en la llamada “revolución jazmín” de Túnez, que ha afectado ya a casi todos los países árabes y aún a China.

El término *seguridad alimentaria* (SA) cuenta con una larga historia y se sigue transformando por las crisis presente. El Departamento de Agricultura de Norteamérica (USDA 2011) evalúa la SA nacional “midiendo la diferencia entre la ingesta actual de alimentos (producción doméstica, más importación comercial, menos usos no-alimentarios) frente a las metas establecidas de consumo”. Incluye la *diferencia nutricional* que mide por día los requerimientos nutricionales mínimos de acuerdo a la edad, sexo y actividades.

La Food and Drug Administration de los Estados Unidos (FDA) define la SA como la ingesta diaria balanceada de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales requeridos para una vida sana. El desequilibrio en la cantidad o alimentos contaminados o tóxicos pueden generar enfermedades y limitar el desarrollo físico y mental de los niños. Finalmente, la SA está también relacionada con la higiene y la prevención de enfermedades causadas por alimentos en malas condiciones.

La OMS confirmó que las bacterias son la mayor amenaza para la inocuidad de los alimentos y se presentan en el manejo doméstico y profesional de la cadena alimentaria (WHO 2003; WHO/FAO 2003).

La ONU entiende por SA el derecho personal de disponer de los alimentos suficientes para individuos y naciones, descontando los usos no alimentarios para sustentar la demanda creciente y controlar las fluctuaciones de precios. En 1983, FAO incluyó el

acceso garantizado a grupos vulnerables con énfasis en balancear la demanda y oferta de alimentos (FAO 1983) y el Banco Mundial entiende “el permanente acceso de todos los pueblos a alimentos suficientes para una vida activa y sana” (WB 1986). FAO (2006) añade: “SA existe cuando todos los pueblos cuentan siempre con acceso físico y social a alimentos suficientes, sanos y nutritivos que garanticen sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para una vida activa y sana. Ante la presión para alcanzar las Metas de Desarrollo del Milenio (MDM; 2000), la ONU insiste que el desarrollo rural es crucial para mejorar la SA (FAO/IFAD/WFP 2005). Explica que la agricultura tradicional cuenta con baja productividad debido a la falta de inversiones, inadecuado manejo del agua y pocas tierras agrícolas, donde la sobreexplotación de los acuíferos puede representar el más serio problema para los países (FAO 2006: 20).

Todas estas transformaciones eran incapaces de evitar la crisis alimentaria a partir de 2008, ya que enfatizan en conceptos técnicos. UNESCO (1998) integra en la SA aspectos geopolíticos, socioeconómicos y culturales y *Vía Campesina*⁵ (2005), movimientos sociales, ecofeministas y organizaciones indígenas propusieron el término *soberanía alimentaria* como un proceso integral de producción, comercialización, transformación e ingesta en el contexto cultural familiar, de pueblos, regiones y naciones. Incluye:

- producción y comercialización local con acceso a tierras, agua, semillas nativas, crédito, ayuda técnica y financiera para todos los integrantes;
- garantías que mujeres puedan usufructuar o poseer tierras y producir y comercializar lo necesario para la comunidad y el hogar y así

⁵ Vía Campesina es una organización mundial de campesinos del Sur y del Norte, que agrupa a más de 150 organizaciones campesinas en 56 países; con asociaciones subregionales en América del Sur (CLOC), del Norte, Asia, Europa y África. Su objetivo principal es defender mediante movilizaciones concertadas y globales un desarrollo rural sustentable en manos de pequeños productores, pescadores, artesanos, trabajadores rurales, mujeres y jóvenes, o sea un proceso de agricultura y vida sustentable. El Comité Ejecutivo es electo democráticamente dentro de un marco de un equilibrio regional, donde exista equidad de género y con los jóvenes.



superar las estructuras injustas, violentas y patriarcales al interior de familias, pueblos y organizaciones;

- derecho de producir y consumir alimentos sanos, suficientes y permanentes que son culturalmente aceptados, localmente producidos, vendidos, transformados y consumidos, ya que la alimentación es más que la ingesta de calorías y proteínas dado que es un acontecimiento socio-cultural y de vida;
- participación de indígenas, mujeres y campesinos en la política rural nacional y regional;
- obligación de gobiernos nacionales y locales de mejorar la situación alimentaria de su población, mediante estímulos a la producción de alimentos, políticas de subsidios, programas económicos, fomento a la autosuficiencia alimentaria, descuentos en alimentos básicos en zonas urbanas y rurales marginales, cocinas populares, alimentos escolares, papillas para bebés desnutridos, complementos nutricionales a mujeres embarazadas y lactantes y alimentos escolares, con el fin de superar la desnutrición crónica materna–infantil;
- establecer relaciones vinculantes entre servicios ambientales, agricultura, ordenamiento territorial y participación democrática en la toma de decisiones para garantizar bienestar y vida digna, así como el derecho humano básico de vivir en áreas rurales y no tener que emigrar (la no-migración es un derecho básico), lo que significa contar con condiciones dignas de vida en los pueblos dentro de su propio país;
- derecho de regiones y naciones de establecer compensaciones y precios que cubran los costos de producción promedios para protegerse ante importaciones subsidiadas con precios artificialmente bajos;
- obligación de autoridades de garantizar agua limpia y sanear aguas usadas para eliminar parásitos, virus y protozoarios y reusarlas en actividades productivas y recreativas (Oswald 2009a).

Con esta visión de seguridad quedó claro que la SA se ubica en la seguridad ampliada (Buzan/Waeffer/de

Wilde 1998; Oswald/Brauch 2009) al incluir la seguridad económica (apoyo por malas cosechas, precios, subsidios), la social (demanda y oferta, urbanización, superación de pobreza) y la ambiental (sobreexplotación y contaminación de agua, aire, biota y suelos; Brauch *et al.* 2008, 2009, 2011).

Sustituye el concepto limitado de poder alimentario promovido en 1972 por Henry Kissinger bajo el término “food power”, donde el hambre se convierte en arma y mecanismo de control por una profundización de la seguridad humana que evite pobreza, hambrunas y protestas e incluye la seguridad de género (vulnerables, mujeres, indígenas, niños).

No obstante, los altos subsidios y las compras masivas de tierras en África, Asia y América Latina por parte de los países industrializados, destinados a garantizar a su población el acceso a los alimentos, muestran que en la protección de la oferta y de la cadena alimentaria subyacen todavía aspectos geoestratégicos y geoeconómicos⁶.

Cambio climático y vulnerabilidad social y de género

Las proyecciones del cambio climático (IPCC 2007, 2012) parten de un esquema de interacción que se puede sintetizar en figura 1. Mayor temperatura sobre del mar y contenido de calor en los océanos produce deshielo marino y con ello un aumento en el nivel del mar, provocando erosión de costas e intrusión salina en tierra y acuíferos. México cuenta con 11,592.7 kilómetros de costas del lado del Pacífico y del Atlántico (incluyendo las islas).

Particularmente expuesta está la Península de Yucatán, no sólo por el suelo kárstico, donde se almacenan las únicas reservas de agua dulce en el subsuelo, sino también por el peligro de intrusión de agua salina a estos cenotes y la contaminación por

⁶ La intervención de la OTAN en Libia explicitan los intereses geopolíticos de los EUA y la Unión Europea (UE) para estabilizar la frontera sur de Europa con África del Norte y así reducir el flujo de migrantes, pero a la vez, garantizar el abasto de hidrocarburos al mundo, por lo cual el Consejo de Seguridad autorizó la intervención militar en Libia, ha condenado la represión en Siria y en otros países árabes con el argumento de “proteger a la población civil”. Kissinger reiteró en 2012 su política agresiva norteamericana afirmando que siete países árabes tenían que destituir sus gobierno y añade que sólo faltan dos para alcanzar la meta planteada durante el gobierno de Nixon.



metales tóxicos y desechos humanos (Pacheco *et al.* 2011; Perry *et al.* 2011; González *et al.* 2011).

Otra región ya afectada por intrusión salina en sus acuíferos sobreexplotados se ubican en la costa de Sonora y de Baja California (Garatuza *et al.* 2011), así como en Tabasco y Campeche (Arreguín *et al.* 2011).

La sobreexplotación de acuíferos ha provocado además en diferentes zonas procesos de subsidencia (Rodríguez/Rodríguez 2011). Pero la extracción de agua de mayores profundidades genera también dilución de minerales y el agua extraída afecta la salud humana y animal como lo ejemplifica el caso de Aguascalientes, donde 18% de niños sufre por problemas renales (Avelar *et al.* 2011; Arreola *et al.* 2011) o en Zimapán, Hidalgo, ambos casos relacionados con presencia de arsénico (Armienta *et al.* 2011), al igual que en La Laguna y muchos otros lugares caracterizados por la sobreexplotación de sus acuíferos.

En términos de contaminación, destacan las zonas de riego que utilizan agua residual cruda proveniente de la Ciudad de México como en el Mezquital (Cortés/Calderón 2011) y las cuencas altamente contaminadas del Lerma-Chapala-Santiago (Hansen/Corzo 2011).

En cuanto a los aumentos de temperatura estos se expresan regionalmente de manera variada, pero los medios muestran mayor calor, lo que repercute en temperaturas extremadamente calurosas en zonas calientes.

La temperatura sobre los océanos incide en el incremento de la temperatura del aire en la tropósfera, lo que genera mayor humedad y condiciones para la formación de huracanes y depresiones tropicales (Fowler/Wilby, 2010).

Mayor temperatura sobre los continentes tiene efectos sobre el régimen pluvial y en 2012 se presentó en el sur de los EUA y en México la sequía más severa de los últimos 120 años con pérdidas de la producción agropecuaria y la muerte de millones de cabezas de ganado.

Finalmente, el aumento de temperatura ha generado olas de calor, que han provocado la muerte especialmente, de adultos mayores y niños, aumentos en enfermedades gastrointestinales y debilitamiento del sistema inmunológico. A su tiempo, la pérdida de glaciares, cubiertas de nieve y

permafrost ha reducido la disponibilidad del agua y deteriorado la cubierta vegetal, lo que reduce la captura de gases de efecto invernadero (GEI), retroalimenta el aumento de la temperatura e incide en una mayor variabilidad de la precipitación.

En México, las predicciones del impacto por el cambio climático son severas, tanto por sequía, como por lluvias torrenciales, inundaciones, aumento en el nivel del mar, temperaturas extremas, noches más calurosas y mayores eventos extremos.

Los modelos de predicción en la agricultura indican que entre 18 a 27% de las tierras de maíz (Comité Intersecretarial Sobre Cambio Climático 2009), básicamente de temporal, pudieran perderse y con ello aumentará la migración entre los campesinos minifundistas y la necesidad de importar más alimentos básicos.

Finalmente, un grupo especialmente vulnerable por desnutrición, pobreza extrema y muerte durante un desastre son las mujeres y niñas. Estudios empíricos han mostrado que durante diversos desastres mueren más mujeres que hombres: tsunami en Asia entre 63-68%; terremoto en Pakistán 80%; huracán Stan 72% (Ariyabandu/Fonseka 2009; Birkman 2006; Oswald 2012). Particularmente expuestas están mujeres pobres, jefas de hogar por su socialización en un mundo que las ha discriminada históricamente y ha relegado al sexo femenino (Lagarde 1990), pero donde también su auto-identidad de cuidar a los demás (Serrano 2010) ha generado riesgos nuevos para estas mujeres y niñas.

El mayor número de muertes femeninas está por lo tanto relacionado a los mecanismos existentes del ejercicio del poder, a la educación y la socialización.

Los más altos riesgos y la mayor vulnerabilidad social son por lo tanto resultado de las relaciones sociales gestadas en el seno de cada sociedad (Oswald 2008a, 2011a), que impactan desde el nacimiento en la socialización de las mujeres. Desde niñas aprenden por mecanismos formales e informales a cuidar a los demás y paulatinamente, esta socialización se integra en su auto-identidad. Las mujeres fueron socializadas y asumieron como suyo el rol de cuidar a los demás, aún a costa de su propia vida.

A pesar de este rol positivo al servicio de la sociedad, las mujeres han recibido poco entrenamiento específico para cumplir con este rol y



en momentos de emergencia, poca ayuda. En el otorgamiento de la ayuda se privilegia todavía a los jefes masculinos de familia y frecuentemente, el apoyo termina en alcohol o prostitución (Fordham *et al.* 2011).

Así, los mencionados procesos socio-psicológicos transforman a mujeres y niñas en un grupo vulnerable con mayores riesgos. Al contrario, con entrenamiento específico estas mujeres pudieran convertirse en un apoyo crucial en momentos de emergencia al estar al servicio de los demás.

Esta actitud de cuidar ha permitido en el pasado a sociedades altamente marginales a salir de crisis y desastres, pero es crucial reivindicar los aportes femeninos y no invisibilizar su trabajo. Asimismo, redes sociales complejas mantienen unidos a los humanos en tiempos normales, pero durante momentos de crisis y desastres estas redes se fragmentan y por ello, aumenta la vulnerabilidad social (Birkman 2006).

Pero es precisamente en este momento, cuando la mayor estabilidad psicosocial de las mujeres permite ayudar a los demás y encontrar salidas complejas a situaciones desconocidas, inciertas y llenas de riesgos.

Factores estructurales y coyunturales de la desnutrición y del hambre.

La presente crisis alimentaria mundial tiene además de los factores climáticos procesos de especulación en manos de empresas transnacionales, financieras y bioenergéticas (FAO 2010). A partir de 2011, las sequías en Rusia, Argentina, Brasil, India, México; inundaciones en Canadá, Pakistán, Australia, Tailandia, Mozambique, Indonesia, Reino Unido y heladas en Sinaloa y otras partes del mundo han llevado al gobierno ruso a prohibir la exportación de granos. Además, un dólar débil y precios altos de hidrocarburos (fertilizantes, insumos; IFA 2010) han empeorado los rendimientos agrícolas, al utilizar menos productos químicos.

Ello llevó a procesos de especulación con los granos básicos, su acaparamiento y China e India se hicieron casi autosuficientes en granos.

A su tiempo, el crecimiento de la población mundial arribe de 7 mil millones de personas requeriría en 2050 un aumento en la producción de alimentos de 70%, estimación que pudiera aumentar por los cambios en las dietas en China, India, Pakistán, Indonesia y otros países, donde se ha reducido la

pobreza y se ha consolidado una clase media con patrones alimentarios ricos en cárnicos.

Esta mayor demanda se enfrenta a los límites en la expansión de la frontera agrícola, las pérdidas y desperdicios de 40% de los alimentos, la industrialización de proteínas vegetales, el mayor consumo de proteínas animales, el estancamiento en los rendimientos agrícolas por los monocultivos y el abandono de la investigación agropecuaria pública, lo que exigirá desarrollar procesos agropecuarias más limpios.

En el terreno socio-ambiental la destrucción de las reservas pesqueras y la sobrepesca han generado una presión mayor sobre las tierras y el uso excesivo de agostadero ha deteriorado suelos y reducido su fertilidad natural.

La contaminación de agua, abatimiento de acuíferos y su salinización junto con un mal manejo de suelos ha provocado la pérdida de la fertilidad natural, cambios en su uso, erosión, desertificación y salinización de suelos, acompañado por deforestación ha reducido los servicios ambientales y ha limitado la recolección de alimentos.

La urbanización compite con suelos, agua y contamina aire, suelos y agua.

A su vez, los impactos del cambio climático reducen los rendimientos en tierras secas por sequía, inundaciones inesperadas por lluvias extraordinarias y erosión, al perder crecientemente la materia orgánica en el suelo y los micro-organismos capaces de asimilar el nitrógeno del aire al suelo.

El conjunto de estos factores ha deteriorado los servicios ecosistémicos y en México 15 de 24 servicios ambientales son degradados y manejados de manera no sustentables.

Por último, procesos político-económicos, acompañado por el abandono de pequeña producción campesina para favorecer los monopolios transnacionales han reducido la producción de subsistencia y aumentado la migración rural-urbana, juntas con especulación y acaparamiento de tierras agrícola. Los Tratados de Libre Comercio (Gallagher 2004) han reducido las barreras arancelarias, pero no han permitido a los países del sur acceso en equidad de condiciones a los mercados industrializados.

Además, los subsidios en estos países han distorsionado los precios, donde el capital financiero



se ha aprovechado de las condiciones de escasez temporal para especular con los alimentos básicos. Pero también el uso de granos y alimentos diversos para etanol y biodiesel ha agudizado la competencia por tierras, agua, inversiones y alimentos y en 2011 la mitad del maíz fue utilizado en los EUA para bioetanol.

Knochenhauer (2012) afirma que ninguna otra mercancía de uso corriente como el maíz, ha elevado 141 % sus precios internacionales durante los últimos cinco años, seguido por incrementos en trigo, soya, azúcar.

Los contratos por tonelada de maíz amarillo en el mercado de futuros de Chicago con vencimiento en agosto de 2007 costaban 131.27 y la semana el 6 de agosto de 2012, promediaron 317.15 dólares (Boletín semanal del Grupo Consultor de Mercados Agrícolas –GCMA).

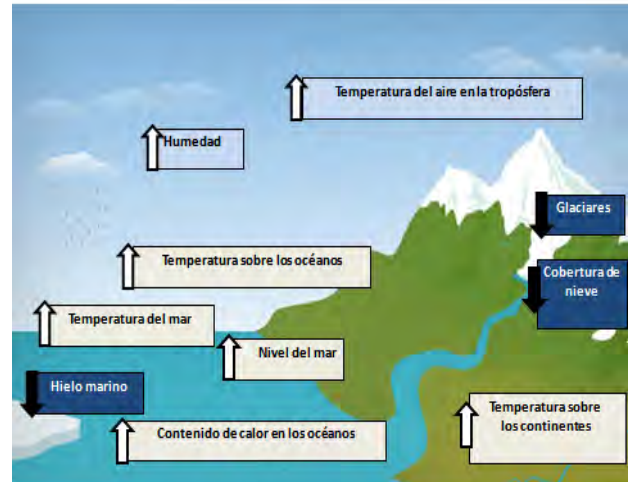
Los factores socio-ambientales han creado un desequilibrio entre oferta y demanda, pero los especuladores apuestan que sigan aumentando los precios de los contratos de futuros ante las noticias del Departamento de Agricultura de Estados Unidos que anticipa una mayor caída de la producción mundial de maíz a 849 millones de toneladas, o sea, 100 millones menos que hace dos meses.

Las cifras reales pueden ser peores, pero se conocerán sólo cuando se levanten las cosechas. Los EUA, como principal exportador de granos del mundo, estiman una severa caída en la producción⁷. Aunque estiman reducir 30 millones de toneladas antes destinadas al etanol y lo pecuario, se presenta un riesgo severo de desabasto en los países dependientes de la importación de alimentos y junto con el maíz habrá menos oferta en trigo y oleaginosas, por lo que la ONU solicitó la cancelación del mandato gubernamental de Estados Unidos de producir etanol a partir de maíz (Financial Times, 9 de agosto, 2012). El conjunto de estos

⁷ En vez de 379 millones de toneladas que se estimaba producir en junio 2012 en los Estados Unidos, dos meses después se redujo a 274 millones de toneladas relacionado con eventos climáticos. 105 millones de toneladas menos representan más del doble de los 45 millones de toneladas destinadas a las exportaciones anuales estadounidenses a diversos países del mundo, pero especialmente a México. En Iowa, Illinois, Kansas y Nebraska, la sequía se ha extendido y ha afectado 75% de los plantíos y a nivel de EUA 56% sufre en 2012 por una sequía excepcional.

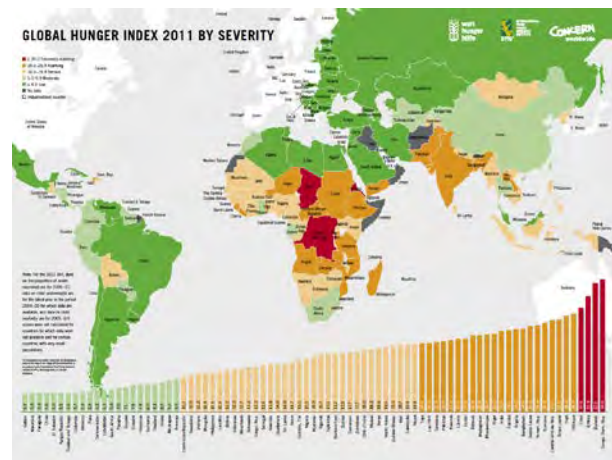
factores pudieran agravar la situación alimentaria que se está dando en el mundo (véase mapa 1).

Figura 1: Impacto del cambio climático.



Fuente: Síntesis de la autora basado en IPCC, 2012

Mapa 1: Hambre en el mundo. Fuente: FAO/WFP 2012.



Fuente: FAO/WFP 2012.

Situación alimentaria y de desastres en México

El modelo de concentración de riqueza ha limitado no sólo la lucha contra la pobreza⁸ en México, sino

⁸ CEPAL (2004) estimó que cada porcentaje de reducción de desigualdad en Brasil o México permitiera avanzar varios años hacia las metas de desarrollo del milenio (MDM), promovido por la Asamblea General de la ONU en 2000. Pero entre 2008 y 2010 la pobreza ha aumentado en México de 44.5% a 46.2%, lo que corresponde a un incremento de 48.8 a 52.0 millones de personas. Coneval (2010) indica además que 56% de los niños indígenas



también la contra el hambre. Durante 2000 a 2010 del gobierno panista fallecieron 85,343 personas por desnutrición (Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo y Asistencia Social: CEIDAS 2012) y la pobreza extrema ha limitado el acceso a alimentos suficientes en 339 municipios. Según Sedesol (2012) existen 12 millones de mexicanos que no cuentan con el ingreso suficiente para comprar la canasta básica de alimentos (pobreza alimentaria) y la Sociedad Latinoamericana de la Salud (Slan) informó que en enero 2010 había 858,662 niños menores de cinco desnutridos en México, concentrados en el sur-sureste, y con menor intensidad en el centro.

Estiman que en 2020 se podrían sumar 390,879, o sea, 1,408'060 niños menores de cinco años con desnutrición, donde 72.9% se ubicará en Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Yucatán todas entidades eminentemente rurales. Esto se llama pobreza perversa, ya que implica daños cerebrales severos antes de nacer y limitaciones en la capacidad intelectual (Álvarez/Oswald 1992).

Menos alimentos para el autoconsumo, condiciones climáticas inciertas, lluvias torrenciales y sequías extremas aunados a precios altos en el mercado internacional han cambiado además el patrón alimentario hacia una mayor ingesta de azúcares con problemas posibles de diabetes.

En un año, la producción de frijol mexicano se ha desplomado en 50.9%: en 2010 se cosechó 1,156'000 toneladas y en 2011 sólo 567 mil (Sagarpa 2012) y se estima que seguirá bajando en 2012 a causa de la sequía. De enero a julio 2012, el volumen de frijol importado creció 158% comparado con 2011 (Grupo Consultor de Mercados Agrícolas). Según el Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior, se importaron más de 300 millones de dólares en maíz durante marzo de 2012, y mayor sequía puede traducirse en precios más altos al consumidor, pues el costo del maíz incide en los costos de producción de la industria ganadera, porcina y avícola⁹.

padece desnutrición y al menos 690 mil infantes presentan graves problemas de desnutrición que limita el crecimiento de su tejido óseo y afectó su estatura, pero sobre todo su desarrollo intelectual. Particularmente grave está la situación en La Montaña de Guerrero, la sierra de Zongolica (Veracruz), Las Cañadas de Oaxaca y la Tarahumara.

⁹ <http://www.reporteindigo.com/indigonomics/naturaleza-seca-la-economia>

Además, empresas oligopólicas han impuesto sobrepuestos de 30% y más recientemente, han especulado con el huevo, por el cual obtuvieron ganancias adicionales de 750 millones de pesos en un mes y 1.4 mil millones de pesos en dos meses (SE 2012). El INEGI informó que en el primer trimestre de 2010, México erogó 4.291 mil millones de dólares para comprar alimentos en el mercado internacional (fundamentalmente en EUA), lo que representó un crecimiento de 14% respecto de igual periodo de 2009.

Grupos de presión agroempresariales de Sinaloa, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas, muy enquistados en el Congreso, están exigiendo crecientes subsidios. No obstante, el resto del país con zonas de gran potencial agrícola ha sido abandonado y dejado sin subsidios, particularmente en los estados de Jalisco, Guanajuato, Veracruz, Estado de México y Chiapas, regiones que fueron grandes productoras de granos en el pasado.

Hoy día, gran parte de la producción de maíz está concentrada en Sinaloa y cuando ocurre una helada, sequía o lluvias excesivas la soberanía alimentaria del país se tambalea, lo que no ocurriría si se distribuyera mejor el apoyo gubernamental hacia todo el país. Es precisamente con el impacto del CC cuando en Sinaloa aumentará la inseguridad alimentaria. Al contrario, nuestro país pudiera aprovechar la diversidad climática y estimular la producción en diferentes regiones para garantizar la soberanía alimentaria.

De acuerdo a un reporte presentado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval 2010), la pobreza en México ha aumentado en 3.2% en el periodo de 2008 a 2010 y abarca 46.2% de la población finales de 2010. A final del 2012 aumentó a 52 millones de personas pobres.

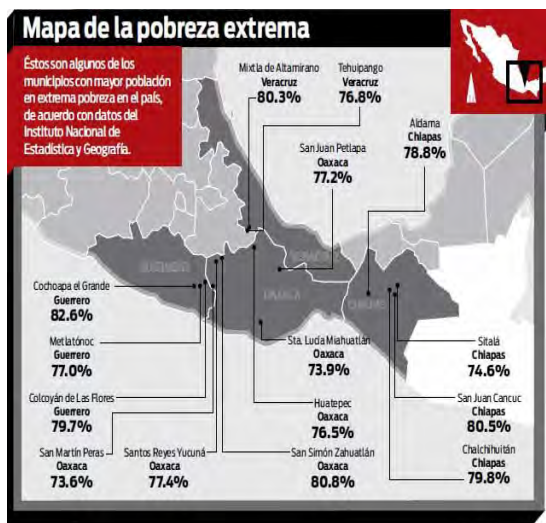
La pobreza extrema se refleja en los estados tradicionalmente agrícolas del sur y sureste, donde existe mayor disponibilidad de agua, pero donde no hay infraestructura para producir los alimentos necesarios. El Mapa 2 indica los estados con el mayor número de pobreza extrema y en muchos de ellos prevalecen grupos de poder tradicionales (caciques locales y regionales) que no están dispuestos a permitir la distribución de la riqueza y el mejoramiento de los más pobres.



Este dato coincide con los estudios la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut 2006), donde la desnutrición severa se concentra en los mismos estados. Asimismo, dicha encuesta muestra que de los 21.1 millones de personas obesas registradas en ese año, 6.9 millones (casi la tercera parte) son pobres y su nivel socioeconómico corresponde a los deciles 1 y 2; además, poco más de un millón son prescolares, escolares y adolescentes.

Esta situación crítica de soberanía alimentaria se pudiera empeorar con los impactos del CC, donde particularmente las tierras de temporal en las sierras y el eje neovolcánico se ven impactados (mapa 3).

Mapa 2

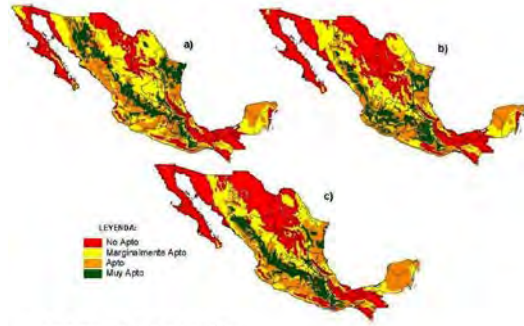


La proyecciones para 2050 estiman una disminución en la aptitud para la producción de maíz entre 13% y 27% en superficie nacional, de acuerdo a los tres escenarios calculados.

Estas estimaciones coinciden con los datos levantados por Cenapred (2012), donde una vez más el porcentaje de personas que vive con menos de 2 dólares/día (mapa 4, izq.) coincide con las pérdidas económicas por desastres, relacionado con la vulnerabilidad social. Entre 1991 y 2000 (mapa 4, derecha), los círculos rojos representan los desastres ocurridos que han costado más de US\$ 500,000 (precios 2002) en estimaciones de INEGI, Red y CENAPRED. Geográficamente coinciden con las zonas pobres, así que pobreza extrema se acompaña por alta vulnerabilidad

ambiental y social y con ello, poca capacidad para enfrentar eventos hidrometeorológicos extremos por sí solo.

Mapa 3: Escenarios de aptitud para el cultivo de maíz en 2050 de acuerdo a 3 escenarios



Monterroso, A. G., Rosaies, 2006.

De acuerdo al IPCC (2007, 2012) estos eventos se van a agudizar en el futuro y esto obliga al gobierno federal, estatal y municipal, pero también a la academia a desarrollar mapas de riesgos y políticas de resiliencia, capaces de reducir esta vulnerabilidad y crear entre la población expuesta mecanismos de alerta temprana y de evacuación temprana para evitar la pérdida en vidas humanas y materiales.

Algunos apuntes conclusivos

Los datos expuestos muestran que México está altamente expuesto a fenómenos hidrometeorológicos extremos y que es precisamente en las regiones de mayor pobreza donde se presenta el menor apoyo gubernamental para contrarrestar la exposición más severa. Ello significa un triple reto: superar no sólo la más lacerante pobreza, sino reducir también la mayor vulnerabilidad social de la población y crear procesos de mitigamiento ambiental y resiliencia ante los desastres.

El IPCC propuso (Figura 2) la interrelación entre tres comunidades epistémicas. Los climatólogos que han estudiado la variabilidad natural y el CC antropogénicamente inducido modelan los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, conocimiento que ayuda a la comunidad de reducción de riesgos por desastres (DRR en inglés, McBean 2012) a desarrollar políticas de adaptación.

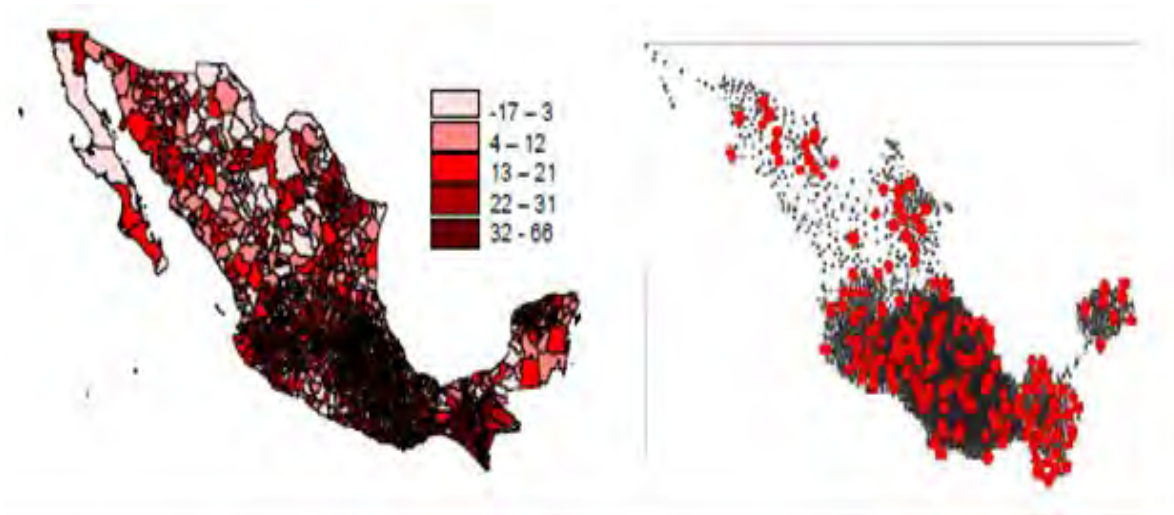
Ellos analizan la vulnerabilidad ambiental y social en los momentos de eventos extremos, que



frecuentemente se tornan en desastres por falta de prevención, adaptación y resiliencia. La tercera comunidad epistémica se ha dedicado a promover el desarrollo (Banco Mundial 2012, Oswald 2011a), donde además de fomentar el bienestar general, empleos dignos e ingresos, se puede incidir en la gestión de riesgos ante desastres y promover mediante transiciones hacia la sustentabilidad procesos de adaptación hacia el CC en lo local, lo regional y lo global.

En conclusión, la interrelación entre intereses económicos, geopolíticos y humanos están limitando las Metas de Desarrollo del Milenio. No sólo el aumento de la población y los más directos impactos del CC están limitando el mejoramiento social, sino que es sobre todo la desigualdad en el acceso a los recursos naturales y especialmente, a los alimentos lo que ha repercutido en el aumento de personas con hambre y pobreza extrema.

Mapa 4: Izquierda: población que vive con menos de 2 US\$/día. Derecha: lugares impactados por desastres con daños de más de medio millón de US\$ entre 1991-2000.



La crisis alimentaria de 2010-11, las amenazas por el cambio climático, la guerra contra el narcotráfico con un saldo de más de cien mil muertes y la falta de perspectiva para los jóvenes está llevando a México a una creciente inestabilidad sociopolítica¹⁰.

Obliga al gobierno entrante a integrar la soberanía alimentaria dentro de su política nacional y regional, donde el fomento a la agricultura campesina es un paso crucial de aliviar la pobreza, el hambre y recuperar los servicios ambientales. Nuestro país cuenta con los recursos naturales para actuar proactivamente y es precisamente a partir de la crisis alimentaria cuando se pudiera reorganizar sectores importantes en el orden productivo, económico, financiero, social y político.

Más aún, México está altamente expuesto ante las amenazas del CC, y por lo mismo tendrá que encauzar el modelo de crecimiento poblacional actual y futuro hacia la armonía y el cuidado del ambiente. Un manejo sustentable de los recursos - sobre todo tierras, biota y agua- pudiera generar el sustento nutritivo y económico de campesinos, indígenas, mujeres y jefas marginales de hogares, ya que es esta población vulnerable la que sufre por desnutrición, hambre y pobreza.

La prevención, el entrenamiento y la adaptación reducirán no sólo su vulnerabilidad social, sino que permitirán crear resiliencia ante los embates desconocidos del CC. Ello implica:

¹⁰ Sin duda, las protestas contra el hambre en África del Norte que han llevado a cambios en sus regímenes políticos están apoyados por jóvenes que carecen de empleo y perspectivas de futuro.

1. Vincular la diversidad agropecuaria con la diversidad ambiental y cultural, donde los procesos biológicos sustentan los ciclos de nutrientes, la fijación de nitrógeno del aire al



suelo, la regeneración de suelos fértiles y el combate a las plagas mediante procesos naturales. Inversiones rural y extensionismo en zonas de temporal para promover la agricultura verde facilitarían alcanzar esta meta.

2. **Apoyo a Mujeres:** Las mujeres no sólo se vieron mayormente afectadas por las políticas de modernización, sino que representan también una alternativa para la economía de solidaridad, de regalo y de microempresas. Su educación legal, tecnológica, financiero-administrativa y nutricional con asociaciones entre mujeres en forma de cooperativas, bancos populares y encadenamiento productivo gracias a empresas incubadoras (Cadena 2009), pudiera mejorar el acceso femenino a la tierra, a los procesos productivos y consolidar la seguridad de género (Oswald 2008a, 2009) y su empoderamiento. Ello mejorará el cumplimiento de los derechos humanos, ayudará a consolidar la resiliencia local y permitirá proteger a los grupos más vulnerables ante eventos cada vez menos predecibles y más fuertes.

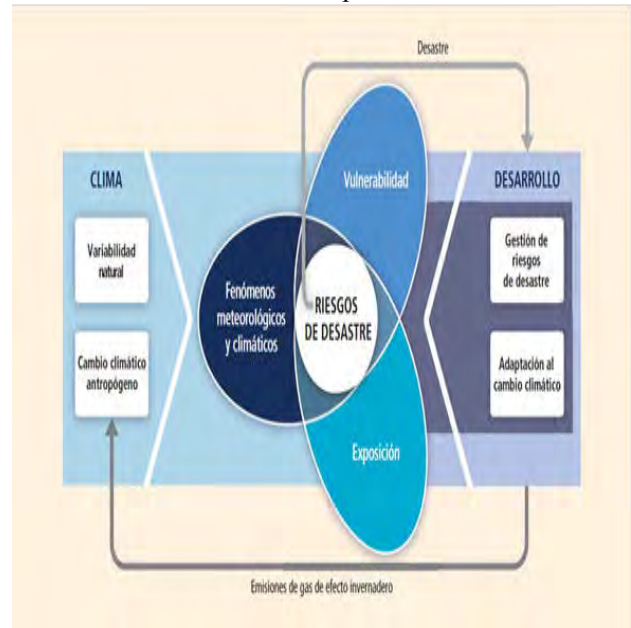
3. **Soberanía alimentaria regional:** Alternativas de producción y consumo entre indígenas, mujeres y campesinos, basadas en decisiones políticas soberanas de producción, transformación y consumo de bienes alimentarios incluirán acceso a créditos refaccionarios y de avío, el derecho a la salud reproductiva con acceso a planeación familiar y la decisión sobre el número y el esparcimiento de los hijos.

4. La inclusión de la mujer en las tomas de decisiones políticas al promover líderes femeninas se acompañará con entrenamiento y servicios de extensionismo rural y urbano-rural para mejorar la alimentación familiar y el apoyo masculino a las actividades femeninas permitirá que ambos pudieran cumplir eficazmente con su papel como productores de bienestar familiar y social.

Políticas Alimentarias para superar la desnutrición crónica y el hambre: Políticas proactivas que sustituyen paulatinamente las respuestas reactivas de emergencia, donde se integrará la producción de autosuficiencia con los procesos comerciales pudieran garantizar el acceso a los alimentos en

todos los hogares. Incluiría la reducción de precios en alimentos básicos, incrementos en salarios, apoyo productivo y otros mecanismos que generen el dinero necesario para superar la pobreza extrema y el hambre.

Figura 2: Tres comunidades epistémicas hacia la DRR y el desarrollo sustentable para combatir el CC.



Fuente: IPCC 2012: 31.

Estas acciones se complementan con subsidios, canasta básica de emergencia, promoción de empleo y microcréditos con micro-seguros, además de mini-empresas locales solidarias que apoyan el ahorro local. En este rubro se incluirá la *superación de la desnutrición crónica materna-infantil*, ya que bebés y niños pequeños representan los grupos más vulnerables por la desnutrición crónica que afecta su desarrollo intelectual y físico con "pobreza perversa" (Oswald 1990).

Vínculos entre ciencia y tecnología con la incorporación de conocimientos tradicionales y modernos dentro de un desarrollo regional participativo integraría el desarrollo humano, consolidaría la seguridad humana con seguridad de género, mejoraría la seguridad ambiental hacia una "gran seguridad"¹¹, lo que garantizaría al país y sus

¹¹ El concepto "seguridad grande" (HUGE en inglés; Oswald 2008a, 2009) se basa en derechos humanos colectivos e individuales, donde se superan las estructuras patriarcales, violentas y exclusivas en el seno familiar (violencia intrafamiliar) y en el ámbito nacional



regiones un desarrollo sustentable, donde la creatividad y los conocimientos superarían los dilemas de emigración y las estrategias de supervivencia.

El manejo racional de los recursos naturales permitirá ahorros energéticos y reducción de contaminantes. Fuentes alternativas de energía (viento, mini-hidroeléctricas, solar, geotermia, mar, biogás y biomasa) abrirán nichos locales de transición (Grin *et al.* 2010) para un cambio paradigmático hacia la sustentabilidad mexicana, donde se combine la biodiversidad con la sabiduría popular, centrada en la demanda local y donde el vínculo global se ofrezca a través del comercio justo.

Al producir y consumir más localmente se reducirán los gases de efecto invernadero, lo que contribuirá a estabilizar la temperatura mundial alrededor de 2°C. Los procedimientos poco transparentes de la OMC y el TLCAN han generado protestas que ya no pueden ignorarse. La sociedad exige transparentar las decisiones gubernamentales y remediar los efectos negativos de la globalización regresiva (Held/McGrew 2007).

La biodiversidad natural debería corresponderse con un *pluralismo político*, donde sistemas autorreguladores y procesos no-lineales, lejos de los equilibrios permitirán promover futuros sustentables. Por lo mismo, la participación democrática y la pluralidad en las tomas de decisiones apoyará procesos democratizadores y participativos y la soberanía alimentaria con la protección ambiental son los puntos de arranque, seguidas por la superación de pobreza y la promoción de un trabajo digno.

El reto es gigantesco, pero el esfuerzo de toda la sociedad permitirá transformar obstáculos hacia

(discriminación, falta de participación política y social) e internacional (globalización regresiva) al cuestionar los procesos existentes de identidad y representaciones sociales (Flores 2010; Serrano 2010), así como sus mecanismos de anclaje que estigmatizaron los roles de hombres y mujeres. En el mesonivel consolida la seguridad humana (Brauch 2005, 2005a), expresada en bienestar social, estabilidad económica, creación de trabajo dignamente remunerado y políticas públicas orientadas a superar la discriminación institucional/social y mecanismos que refuerzan el cumplimiento de las leyes y el pago de impuesto por todos los participantes en la economía nacional.

procesos constructivos de transformación con el fin de alcanzar una sustentabilidad con cara humana.

Fuentes de consulta

1. Álvarez A., Enrique y Úrsula Oswald (1993). "Desnutrición crónica o aguda materno-infantil y retardos en el desarrollo", *Aportes de Investigación/59, UNAM, CRIM, Cuernavaca*.
2. Ariyabandu, Madhavi Malalgoda y Dilrukshi Fonseka (2009). "Do Disasters Discriminate? A Human Security Analysis of the impact of the Tsunami in India, Sri Lanka and of the Kashmir Earthquake in Pakistan", en: H.G. Brauch *et al.* (eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Springer-Verlag, Berlín: 1215-1226.
3. Armienta, María Aurora *et al.* (2011). "Contaminación del agua subterránea por arsénico en Zimapán, Hidalgo. Necesidad de una solución integral", en: Úrsula Oswald Spring (coord.). *Retos de la investigación del agua en México*, CRIM-UNAM, CONACYT, Cuernavaca: 329-334.
4. Arreguín, Felipe, Mario López Pérez y Humberto Marengo Mogollón (2011). "Los retos del agua en México en el siglo XXI", en: Úrsula Oswald Spring (coord.). *Retos de la investigación del agua en México*, CRIM-UNAM, CONACYT, Cuernavaca: 19-34.
5. Arreola Mendoza, L., Jiménez L.M., Barsbier O., Martínez Saldaña, Consolación M., González F.J.A., Juárez F.J., Sánchez J.L.R (2011). "Potable Water Pollution with Heavy Metals, Arsenic and Fluorides and its Relation to the Development of Kidney Chronic Illness in the Infant Population of Aguascalientes", en: Oswald Spring, Úrsula (ed.) *Water Research in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*. Springer, Berlín: 231-238.
6. Avelar González, Francisco Javier, Elsa Marcela Ramírez López, Ma. Consolación Martínez Saldaña, Alma Lilian Guerrero Barrera and Fernando Jaramillo Juárez (2011). "Water quality in the State of Aguascalientes and its effects in the population's health", en: Úrsula Oswald Spring. [ed.] *Water Research in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*. Springer Verlag, Berlin: 217-230.



7. Banco Mundial (2012). *Informe del Banco Mundial 2012: Igualdad de género y desarrollo*, Banco Mundial, Washington, D.F.
8. Banco Mundial (WB) 1986, *Poverty and hunger. Issues and options for food security in the developing countries*, World Bank, Washington, D.C.
9. Birkman, Jörn, Nishara Fernando and Siri Hettige (2006). "Measuring vulnerability in Sri Lanka at the local level", en: Jörn Birkman (ed.), *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*, United Nations University Press, Tokyo: 329-356.
10. Brauch, Hans Günter (2005). *Environment and Human Security. Freedom from Hazard Impact*, InterSecTions, 2/2005, UNU-EHS, Bonn.
11. Brauch, Hans Günter (2005a). *Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks in Environmental Human Security*. Source, 1/2005, UNU-EHS, Bonn.
12. Brauch, Hans Günter; Oswald Spring, Úrsula; Grin, John; Mesjasz, Czeslaw; Kameri-Mbote, Patricia; Behera, Navnita Chadha; Chourou, Béchir; Krummenacher, Heinz (Eds.) (2009). *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Springer, Berlín.
13. Brauch, Hans Günter; Oswald Spring, Ursula; Mesjasz, Czeslaw; Grin, John; Kameri-Mbote, Patricia; Chourou, Béchir; Birkmann, Jörn (Eds.) (2011). *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security – Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*, Springer, Berlín.
14. Brauch, Hans Günter; Oswald Spring, Úrsula; Mesjasz, Czeslaw; Grin, John; Dunay, Pal; Behera, Navnita Chadha; Chourou, Béchir; Kameri-Mbote, Patricia; Liotta, P.H. (Eds.) (2008). *Globalization and Environmental Challenges: Reconceptualizing Security in the 21st Century*, Springer, Berlín.
15. Buzan, Barry; Wæver, Ole; de Wilde, Jaap (1998). *On Security: A Framework of Analysis*, Lynne Rienner, Boulder.
16. Cadena Barquín, Félix (ed.) 2009, *De Foro a Foro. Contribuciones y Perspectivas de la Economía Solidaria en México en el Contexto de Crisis Global*, FLASEP, México, D.F.
17. Cenapred (2012). *Informe de Rendición de Cuentas 2012*, CENAPRED-SEGOB, México, D.F.
18. Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo y Asistencia Social: CEIDAS (2012). "Hambre mata más que narco; hay 12 millones sin canasta básica", en: http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=especial-funcion-casas-reales&cat=28&id_nota=811635.
19. Comité Intersecretarial Sobre Cambio Climático (2009). *Cuarta Comunicación Nacional Ante La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*, SEMARNAT-INE, México, D.F..
20. CONEVAL [Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social], 2010: "Evolución de la pobreza en México", <www.coneval.gob.mx/contenido/m_ed_pobreza/3967.pdf>.
21. Cortés Muñoz, Juana Enriqueta César Guillermo Calderón Mólgora (2011). "Potable water use from aquifers connected to irrigation of residual water", en: Úrsula Oswald Spring [ed.] *Water Research in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*. Springer Verlag, Berlín: 189-200.
22. Departamento de Agricultura de Norteamérica (USDA, 2011). www.ams.usda.gov/nop/
23. **Ensanut (2006). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006**, www.insp.mx/ensanut/ensanut2006.pdf.
24. FAO (2010). "Biofuel production 2010-2019" en: http://www.agri-outlook.org/document/9/0,3746,en_3677471_5_36775671_45438665_1_1_1_1,00.html.
25. FAO (1983). *World Food Security: A reappraisal of the concept and approaches*, FAO, Roma.
26. FAO (2006). *The state of food insecurity in the world 2006. Eradicating world hunger-Taking stock ten years after the World Food Summit*, FAO, Roma.
27. FAO IFAD y WFP(2005). "High level dialogue on financing for development. Meeting the MDG-Financing for food security, agriculture and rural development", *General Assembly ONU*, Nueva York, EUA.
28. FAO/WFP (2012). *The State of Food Insecurity in the World. Addressing food insecurity in protracted crises*, FAO, Roma.



29. Flores Palacios, Fátima (2010). Representación social y género: una relación de sentido común”, en: Blazquez, Norma et al. (coords.). *Investigación Feminista. Epistemología, Metodología y Representaciones Sociales*, UNAM, México, D.F.: 339-358.
30. Fordham, M. and S. Gupta with S. Akerkar and M. Scharf (2011). *Leading Resilient Development: Grassroots Women’s Priorities, Practices and Innovations*. Grassroots Organizations Operating Together in Sisterhood and the UN Development Programme, New York, NY.
31. Fowler, H.J., y R.L. Wilby (2010). Detecting changes in seasonal precipitation extremes using regional climate model projections: Implications for managing fluvial flood risk. *Water Resources Research*, 46, W0525.
32. Gallagher, Kevin P. (2004). *Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA, and Beyond*, Stanford University Press, EUA
33. Garatuza Payán, Jaime, Julio César Rodríguez y Christopher J. Watts (2011). “Environmental Monitoring and Crop Water Demand”, en: Úrsula Oswald Spring [ed.] *Water Research in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*. Springer Verlag, Berlin:
34. González Cervantes et al. (2011). “Determinación de la dinámica del agua en el suelo. Estudio de caso de una cuenca del Norte árido de México, en: en: Úrsula Oswald Spring (coord.). *Retos de la investigación del agua en México*, CRIM-UNAM, CONACYT, Cuernavaca: 115-120.
35. Grin, John, Jan Rotmans y Johan Schot (2010). *Transition to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*, Routledge, Londres.
36. Hansen, Anne M y Carlos Corzo Juárez (2011). “Evaluation of pollution in hydrological basins: priorities and necessities”, en: Úrsula Oswald Spring (ed.) *Water Research in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*, Springer Verlag, Berlín: 201-230.
37. Held, David; McGrew, Anthony (eds.) (2007). *Globalization Theory: approaches and controversies*, Polity Press, Cambridge.
38. IFA (International Fertilizer Industry Association) (2010). “36a Reunión Ampliada del Consejo de la IFA Nueva Delhi (India)”, 2 al 4 de diciembre de 2010, IFA.
39. IPCC (2007). *Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge; en: <<http://www.ipcc-wg2.org/>>.
40. IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
41. Knochenhauer (2012). “Guerra al Hambre”, *El Financiero*, Viernes, 16 de Marzo de 2012 http://www.elfinanciero.com.mx/blogs/foranquicias/index.php?option=com_k2&view=item&id=10153&Itemid=43.
42. Largaide y de los Ríos, Marcela (1990). *Los cautiverios de las mujeres: madresposas, monjas, putas, presas y locas*, UNAM-CEIICH, México, D.F.
43. Land, Tim y Michael Heaseman (2004). *Food Wars. The Global Battle for Mouths, Minds and Markets*, Earthscan, Londres.
44. López CJL (1996). *The Global Burden of Diseases*, Harvard School of Public Health, Boston.
45. McBean, Gordon A. (2012). Integrating disaster risk reduction towards sustainable development”, en: *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 4:122–127.
46. MDM (2000). *Metas de Desarrollo del Milenio*, Asamblea General de la ONU, Nueva York.
47. Nestlé (2002). *Food Politics*, University of California, Berkeley, EUA
48. Oswald Spring, Úrsula, 2011, “Social Vulnerability, Discrimination, and Resilience-building in Disaster Risk Reduction”, en Brauch et al. (eds.), *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security –Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*, Springer, Berlín: 1169-1188.
49. Oswald Spring, Úrsula, 2009: “A HUGE Gender Security Approach: Towards Human, Gender and Environmental Security”, en: Brauch et al. (eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Springer, Berlín: 1165-1190.
50. Oswald Spring, Úrsula, 2009a: “Food as a New Human and Livelihood Security Challenge”, en: Brauch et al. (eds.), *Facing*



- Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Springer, Berlín: 473-502.
51. Oswald Spring, Úrsula (2008). "Food and nutrition", en: Leonard (ed.) *Encyclopedia of the Developing World*, Vol 2: 663-666.
 52. Oswald, Úrsula (1990). *Pobreza Perversa*, Ed. CRIM-UNAM y Equipo Pueblo, México, D.F.
 53. Oswald Spring, Úrsula, Brauch, Hans Günter, 2009: *Reconceptualizar la seguridad en el siglo XXI*, CRIM/ CCA/ CEIICH-UNAM, Senado de la República, México. D.F.
 54. Pacheco Ávila, Julia *et al.* (2011). "Diseño de un estudio ambiental para la determinación de Cadmio en el agua subterránea del estado de Yucatán", en: Úrsula Oswald Spring (coord.). *Retos de la investigación del agua en México*, CRIM-UNAM, CONACYT, Cuernavaca: 351-362.
 55. Perry, Eugène, Guadalupe Velázquez Olintan y Niklas Wagner (2011). "Cloro, sulfato y estroncio en la geoquímica del agua subterránea y superficial en Campeche y en el sur de Quintana Roo" en: Úrsula Oswald Spring (coord.). *Retos de la investigación del agua en México*, CRIM-UNAM, CONACYT, Cuernavaca: 341-350.
 56. Rodríguez Castillo, Ramiro y Isaías Rodríguez Velázquez (2011). "Subsistencia y contaminación acuífera: ni desastre ni conflicto" en: Úrsula Oswald Spring (coord.). *Retos de la investigación del agua en México*, CRIM-UNAM, CONACYT, Cuernavaca: 375-380.
 57. Sagarpa (2012). Datos estadísticas, www.sagarpa.gob.mx
 58. SE (2012). Datos estadísticas, www.se.gob.mx
 59. SEDESOL (2012). Datos estadísticas, www.sedesol.gob.mx
 60. Serrano Oswald, Serena E. (2010). *La Construcción Social y Cultural de la Maternidad en San Martín Tilcajete, Oax.*, Tesis Doctoral. México, D.F., UNAM-Instituto de Antropología.
 61. Tansey, G. y T. Worsley (1995). *The Food System*, National Institutes of Health Earthscan, Londres.
 62. UNESCO (1998). *World Culture Report*, UNESCO, París.
 63. UNICEF (2012). *State of World's Children*, UNICEF, Nueva York.
 64. Vía Campesina (2005). "Agreement on Gender in Via Campesina", Sao Paolo.
 65. WB: World Bank (1986). *Poverty and Hunger: Issues and Options for Food Security in Developing Countries*, World Bank, Washington.
 66. WHO y FAO (2003). *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases, Technical Report Series 916*, WHO & FAO, Ginebra y Roma.
 67. World Health Organization-WHO (2003). *World Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health*, WHO, Ginebra, <http://who.int/hpr/ga.strategy.document.shtml>



Vulnerabilidad Urbana en la Configuración de la zona Metropolitana de la Ciudad de Villahermosa

Luis Manuel Pérez Sánchez, Aida López Cervantes, Haydee Pérez Castro, Jorge Flores González

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
Emails; luisperez_daia@hotmail.com, arqalo@hotmail.com, dearqayd@hotmail.com.

Resumen

La historia de la vulnerabilidad ambiental en el estado de Tabasco es de larga factura y se encuentra directamente vinculado a modelos de desarrollo económico centrados en la explotación sin freno de sus recursos naturales, en los cuales la ausencia de la planificación territorial, regional y urbana en algunos momentos y su presencia en momentos más recientes han impactado en el territorio.

El boom petrolero en la región a partir de los años 70, es determinante el crecimiento demográfico en Tabasco, principalmente en la ciudad de Villahermosa acompañada en la incesante ocupación del suelo no apto para el desarrollo urbano; asentamientos irregulares en zonas de riesgo de inundación, provocando contaminación del sistema hidrológico por mayores volúmenes de residuos sin tratamiento.

Estos fenómenos, entre otros, tienen un impacto directo en la vulnerabilidad urbana de la configuración de la zona metropolitana de la ciudad de Villahermosa.

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de la vulnerabilidad urbana en la configuración espacial del proceso de metropolización así como analizar el papel que ha jugado la planificación urbana para la reducción de riesgos ambientales.

Palabras claves

Configuración espacial, estructura urbana, metropolización, planeación urbana.

Introducción

Tabasco, al localizarse en la senda de los recursos estratégicos del país, ha mostrado importantes transformaciones en la rectoría de su economía, destacando sobre todo en forma intensa la actividad

petrolera, misma que desde 1950 fue una actividad central, junto con la ganadería. Una expresión reciente de alto impacto en Villahermosa, se observa en la instalación, a inicios de los años noventa, de dos subsidiarias de Petróleos Mexicanos (PEMEX): PEMEX Exploración y Producción (PEP) y PEMEX-Gas y Petroquímica Básica (PGPB).

Consecuentemente, la derrama económica de tales decisiones federales amplió el mercado laboral y contribuyó al fortalecimiento de la capacidad de atracción de la ciudad; aceleró el proceso de urbanización y lo transformó cualitativamente al consolidar a Villahermosa como Centro de Servicios del Sureste.

La ciudad de Villahermosa, capital del Estado de Tabasco y cabecera del Municipio del Centro se encuentra ubicada en la Región Grijalva y dentro de ésta en la Subregión Centro, al extremo sureste del mismo municipio. Tiene como coordenadas geográficas 92°56' Longitud W y 17° 59' Latitud N, siendo su Altitud de 10 msnm (INEGI, 2001). Colinda al norte con los municipios de Nacajuca y Centla; al este con Macuspana, Jalapa y Centla; al oeste con Cunduacán, Nacajuca y el estado de Chiapas y al sur con Teapa, Jalapa y Chiapas.

Una de las características más representativas de la ciudad de Villahermosa son sus recursos hidráulicos, destacando entre ellos los ríos Grijalva y Carrizal, así como siete lagunas. Precisamente la ciudad se emplaza sobre una zona de humedales, susceptible de inundaciones, lo que representa su principal riesgo.

A partir del año 1970 con la presencia de la industria petrolera en la región resultó especialmente afectada por constituir el polo de atracción regional, siendo la ciudad importante mejor ubicada en el área de explotación, y por tener la infraestructura más desarrollada; sin embargo, fue tal el número de



personas que inmigraron a la ciudad que sus instalaciones fueron rebasadas. (Tudela, 1989)

La fuerte demanda, en contraposición a una oferta restringida, provocó la congestión de vialidades, espacios urbanos y el déficit en viviendas y servicios públicos. Se traspusieron los que se consideraban límites de la ciudad, ocupándose en muchos casos las zonas menos aptas para el desarrollo urbano; se saturó el centro de la ciudad entorpeciendo el desarrollo comercial y la vivienda fue desplazada; se presentó en consecuencia la especulación en la venta y arrendamiento de todo tipo de inmuebles, que alcanzaron precios inmoderados.

Villahermosa se encontraba dentro de un proceso acelerado de transformaciones urbanas, donde todavía no se habían resuelto las críticas situaciones deficitarias creadas por conflictos cuantitativos y cualitativos en todos los sectores económicos. Era necesaria, por lo tanto, una mayor infraestructura comercial y de servicios, una oferta masiva de vivienda, así como la capacidad funcional que permitiera el desenvolvimiento de la actividad productiva generada por el nuevo proceso económico.

La planificación territorial en Villahermosa, ha sido poco representativa, ya que el primer trabajo de planeación data del año 1987, como el programa de desarrollo urbano y territorial de la ciudad. A partir de este programa se desarrollan otros con la finalidad de actualizar y revisar las acciones.

Por lo tanto en esta investigación fue necesario realizar una revisión de los documentos y comparar los programas y acciones con la estructura urbana de la ciudad, para valorar si realmente la planeación ha incidido en la expansión urbana de manera ordenada o la expansión urbana se ha dado al margen de la planificación.

La metropolización de la ciudad de Villahermosa en su estructura territorial ha cobrado interés por cuanto las áreas físico-espaciales en que ocurre, son escenario de los más grandes problemas nacionales.

Algunos de estos problemas están relacionados con la transformación acelerada de la economía urbana; la modificación de los niveles de desarrollo socioeconómico de la población; la incesante ocupación del suelo; la existencia de graves carencias en la prestación de los servicios y la

infraestructura. Estos fenómenos, entre otros, tienen un impacto directo en el proceso de configuración de la zona metropolitana.

Planeación y vulnerabilidad del teatro

En mayo de 1979, el Gobierno del Estado de Tabasco, elabora por primera vez el Plan Estatal de Desarrollo Urbano, decretado en el Periódico Oficial 38269 (Gobierno del estado de Tabasco, 1982). Punto de partida para elaborar en el año de 1980 los Planes Municipales de Desarrollo, así como los correspondientes a los centros de población de sus cabeceras, entre ellos el "Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la ciudad de Villahermosa". Decretado e inscrito por el Gobierno del Estado en el Periódico Oficial No. 4101, del 9 de enero de 1982.

El Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la ciudad de Villahermosa 1982 (PDUCCPV 1982), es el primer instrumento de planeación con atribuciones para: Ordenar y Planear la Fundación, Conservación, Mejoramiento y Crecimiento de la ciudad de Villahermosa.

Según el diagnóstico pronóstico del PDUCCPV 1982, el crecimiento desordenado de la ciudad de Villahermosa, se debió:

La ausencia de un plan para reglamentar el crecimiento de la ciudad, gran parte de la población se asentará, en las zonas menos aptas para el desarrollo urbano, de donde se desprende que la mancha urbana tendrá más de 10,000 hectáreas en el año 2000.

Las consecuencias de un crecimiento de este tipo son serias: el desbordamiento de la ciudad al otro lado de los ríos creará la necesidad de nuevos puentes y una extensión de las redes de abastecimiento hacia estos asentamientos, el crecimiento poblacional en tierras bajas exigirá obras de infraestructura para rescatar y proteger estos suelos de las inundaciones fluviales y pluviales.

De no reglamentarse el crecimiento urbano, se estima que un tercio de la población estatal radicará en Villahermosa dentro de diez años y para el fin de siglo llegará al 40% del total de estado.

Respecto al medio ambiente los cuerpos de agua: Río Grijalva, Laguna de las Ilusiones, Laguna del Negro y Laguna del Espejo que forman parte de la ciudad, constituyen un valioso e importante recurso



tanto de equilibrio ecológico como de desarrollo turístico y recreativo.

Las emisiones contaminantes a dichos cuerpos de agua con la indiscriminada construcción en las márgenes de las lagunas provocarán por un lado la degradación y contaminación de los mismos, por otro la disminución del espacio físico vital a los desbordamientos con problemas para controlar crecidas de los ríos y consecuentes daños a dichas construcciones (Gobierno del estado de Tabasco, 1982:7).

En base al PDUCCV 1982, el Gobierno del Estado de Tabasco crea la Comisión para el Desarrollo Urbano del Estado de Tabasco, (CODEHURTAB), órgano que auxiliado de la dirección de planificación, de la Secretaría de Obras Públicas del Estado y de la Dirección de Obras Públicas Municipal del Centro, llevaría a cabo los siguientes Planes: Plan Parcial Tabasco 2000, Plan Parcial Las Gaviotas, Plan Parcial de Equipamiento Urbano para la ciudad de Villahermosa, y Plan Parcial de Laguna de las Ilusiones. Estos planes se desarrollan con el objetivo de resolver los problemas de los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo y evitar la contaminación de los recursos hidrológicos de la ciudad de Villahermosa.

Plan Parcial Tabasco 2000

El más relevante desde la planeación territorial es el *Plan Parcial Tabasco 2000*, en donde la CODEHURTAB, planteaba que era necesario complementar el actual centro comercial de la ciudad, creando una nueva área en la que existieran las facilidades para establecer de manera ordenada y a precio accesible los comercios.

Se requería de una mayor infraestructura comercial y de servicios, una oferta masiva de vivienda, así como la capacidad funcional, que permitiera el desenvolvimiento de la actividad productiva, generada por el nuevo proceso económico.

A partir de la reestructuración de la ciudad, se habría de lograr la organización y el funcionamiento de la trama urbana, así como la distribución coherente de sus funciones, lo que determinaría las nuevas pautas de conducta del habitante, en relación con el uso del espacio urbano.

El Gobierno del Estado, adquirió un conjunto de predios, entre los que destacan los del antiguo aeropuerto de Villahermosa y terrenos aledaños,

área que fue destinada para continuar el diseño lógico de la ciudad y futuro centro geográfico de la misma.

Para desarrollar el Plan Parcial Tabasco 2000, consistente en un desarrollo urbanístico de 780 has., el Gobierno del Estado adquirió 272 hectáreas del antiguo aeropuerto y áreas aledañas. Se destinaron a la construcción de un proyecto, que no fue enfocado únicamente a las demandas de tipo habitacional, justificación del proyecto, sino a una serie de equipamientos comerciales y de servicios, que llevarían a ubicar a Villahermosa como la Ciudad de Comercios y Servicios del Sur- Sureste (Gobierno del estado de Tabasco, 1982b). (Ver Figura 1, ubicación del Plan Parcial Tabasco 2000).

Los terrenos seleccionados, estaban rodeados por el río Carrizal, la carretera 180, por la Laguna de las Ilusiones y por el Fraccionamiento Prados de Villahermosa, comprende tres zonas: una zona alta con cotas de entre 10 y 20 msnm. La zona baja, con cotas de transición de 10 msnm; y la zona pantanosa de llanuras con cotas promedio de entre 6 y 10 msnm.

El Plan Parcial Tabasco 2000, se considera como punto de partida para el proceso de metropolización de la ciudad de Villahermosa, el plan rompe con la centralidad que venía presentando la ciudad desde su fundación al pasar de la expansión periférica a la dinámica metropolitana.

El Plan Tabasco 2000 crea un subcentro urbano dinámico, con dos características sociales: Las zonas de la clase social alta en la mejor área del territorio y la zona de la clase social baja en las áreas bajas y pantanosas, ubicado al suroeste del complejo urbano.

Este último se considera en el proyecto urbano como la adición a un proceso anteriormente iniciado como asentamiento irregular. En Abril de 1980, se inicia la construcción de Tabasco 2000 (Gobierno del Estado de Tabasco, 1982b).

Uno de los grandes problemas que origina este plan, es el crecimiento de la ciudad con un tercer anillo en la dinámica metropolitana hacia el noroeste de Tabasco 2000, pasando el umbral natural del río Carrizal, desarrollando el proceso de conurbación con el municipio de Nacajuca.



El Plan Tabasco 2000 no prevé la conurbación y la continuidad de la estructura urbana, por lo tanto la zona conurbada se va presentando de manera desordenada con asentamientos irregulares; por otro lado el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la ciudad de Villahermosa 1982, no

prevé el problema que puede detonar el Plan Parcial Tabasco 2000. Es evidente que el estado de Tabasco estaba en una etapa de planeación urbana, proceso nuevo para el gobierno estatal y municipal, sin embargo no se tuvo visión de planear a largo plazo.

Figura 1. Ubicación del Plan Parcial Tabasco 2000



Fuente: Gobierno del Estado de Tabasco, (1982) Informe de Gobierno, Memoria de Tabasco 2000, 1980 – 1982. México 90 p.

Plan Parcial Las Gaviotas

El Plan Estatal de Desarrollo Urbano 1982 trató no solamente de resolver los problemas inherentes al crecimiento futuro de la ciudad capital; sino de dar soluciones a zonas marginadas de la ciudad, como fue la colonia las Gaviotas, el Plan Parcial de la Gaviotas fue considerado como el proyecto de urbanización mas importante en el año 1980, el plan consintió en la fases de: regularización de la tenencia de la tierra, la dotación de infraestructuras de alcantarillado, agua potable y de electrificación, construcción del bordo de protección para proteger a la población del desbordamiento del río Grijalva, así como el rescate de borde federal del río Grijalva

con la construcción del Malecón para integrarlo al espacio urbano de la ciudad.

En diciembre de 1980, el gobierno del estado de Tabasco, crea la Coordinación Ejecutiva del Plan Parcial Las Gaviotas con el objeto de dar alivio planeado y coherente a esta zona de la ciudad.

Dicho plan incluyó tres puntos básicos a resolver:

- A. Regularizar la Tenencia de la Tierra.
- B. Realizar los proyectos de urbanización y equipamiento urbano.
- C. Introducir los servicios básicos.



La planeación de la ciudad de Villahermosa, en una primera fase con el Plan Parcial de las Gaviotas, da un claro ejemplo de cómo resolver los problemas de marginación y de desintegración urbana sobre todo con el sentido social.

El Plan Gaviotas fue el detonante para dar continuidad a la expansión urbana a través de las obras que se realizaron en la zona, sin embargo adolece de dos grandes rubros; el primero, el plan no queda proyectado a largo periodo, solo se considera a corto alcance con resolver los problemas que presenta el territorio en su momento, no se prevé el futuro crecimiento demográfico que va teniendo la ciudad de Villahermosa, para contemplar las reservas territoriales aptas para el asentamiento humano en la zona de las Gaviotas; segundo, el plan no considera al medio natural como primordial en la preservación sobre todo a los pantanos y lagunas.

Más bien el plan tiene una visión de ingeniería urbana y no de planeación urbana a corto, mediano y largo plazo, por tal carece de un estudio medioambiental y ecológico.

Lo antes mencionado impactaría posteriormente en la dinámica metropolitana de la ciudad de Villahermosa, con grandes problemas de asentamientos humanos y de impacto ambiental.

Con los problemas urbanos que va presentando la ciudad de Villahermosa se propone el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Villahermosa y Centros de Apoyos 1988: Dos Montes; Macultepec – Ocuilzapotlan; Parrilla; Playas del Rosario (Subteniente García) y Pueblo Nuevo de las Raíces.

Este programa se realiza y es publicado en el Periódico Oficial No. 4758, de abril 16 de 1988.

El Programa tiene los alcances de Centros de Apoyos con una visión a futuro para el crecimiento urbano de la zona metropolitana de la ciudad de Villahermosa. (Gobierno del estado de Tabasco, 1988)

Los objetivos generales fueron los siguientes:

- Presentar la zonificación de la ciudad de Villahermosa y sus Centros de Apoyo concibiendo a la ciudad de Villahermosa en distritos como unidades básicas de la planeación urbana.

- Caracterizar la situación actual de cada uno de los distritos presentando sus aspectos físicos espaciales, demográficos y socioeconómicos, así como los relativos a vivienda, equipamiento, infraestructura e imagen urbana.
- Proporcionar criterios para la regulación de usos del suelo y densificación, congruentes con la situación actual y las potencialidades que distinguen a los distritos.
- Difundir la zonificación de la ciudad a fin de lograr que las acciones que implementen en los criterios de zonificación distrital.

El Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Villahermosa y Centros de Apoyos 1988, es el punto de partida para realizar los consecutivos planes y programas de la ciudad de Villahermosa, además la aportación que realiza la zonificación distrital es hasta la fecha el vigente para ordenar y planear la estructura urbana de la ciudad de Villahermosa.

La ciudad de Villahermosa en el periodo 1980 – 1990 posee dos problemáticas: En primer lugar, la expansión urbana mayormente en los asentamientos humanos se desarrolló en las zonas bajas como en: márgenes de los ríos, invasión de pantanos y lagunas.

La expansión incontrolada de la mancha urbana rebasó las fronteras naturales de los ríos Carrizal, Grijalva y Mezcalapa que rodean a la ciudad de Villahermosa teniendo como resultado la contaminación del medio ambiente.

En segundo lugar, la planeación del territorio con el *Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la ciudad de Villahermosa 1982* trató no solamente de resolver los problemas inherentes al crecimiento futuro de la ciudad capital; sino de dar soluciones a zonas marginadas de la ciudad, como es la colonia las Gaviotas.

Sin embargo no cumplía con planeación de acuerdo al territorio, al no considerar las zonas bajas de Villahermosa como susceptibles de riesgo para los asentamientos irregulares; además de no planear a mediano y largo plazo el crecimiento de la ciudad, por otro lado el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Villahermosa y Centros de Apoyos 1988, es considerado con una visión a futuro para el crecimiento urbano de la zona metropolitana de la ciudad de Villahermosa.



Políticas de planeación territorial en Villahermosa 1990 – 2005

Con apego al Programa de las 100 Ciudades y el Plan Nacional de Desarrollo Urbano (1990 – 1994) del gobierno federal; el gobierno del estado de Tabasco, en coordinación con el H. Ayuntamiento de Centro, elaboraron la *Actualización del Programa de Desarrollo Urbano de la ciudad de Villahermosa 1992*. (Gobierno del estado de Tabasco, 1992).

El objetivo central del PDUCV 1992 consistió en actualizar el sistema de planeación urbana mediante la generación de una normatividad que permitiría hacer aplicable el total de la estrategia de desarrollo urbano, así como dar lugar a un proceso continuo de actualización, de acuerdo a las atribuciones conferidas por la Ley de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Tabasco, a todos los niveles y sectores involucrados (Gobierno del estado de Tabasco, 1992).

Los problemas que presenta la ciudad de Villahermosa hacen necesario el que PDUCV 1992 se enmarca con los siguientes objetivos específicos:

Delimitar la capacidad de desarrollo urbano del área urbana actual y de sus áreas de reserva urbana.

Determinar la zonificación primaria del centro de población conformado por las áreas de preservación ecológica, de reserva urbana y del área urbana actual.

- Definir y ubicar los requerimientos de reservas del suelo, en el corto y mediano plazo.
- Conocer, priorizar y programar las necesidades de equipamiento e infraestructura urbana así como de vivienda a corto y mediano plazo, para absorber equilibradamente el crecimiento población.
- Elaborar la programación y proponer la instrumentación de las acciones que determinen la conformación de la estrategia del Programa.
- Determinar los instrumentos normativos que se requieran para fomentar, preservar y controlar los recursos de acuerdo a las estrategias de uso del suelo.

- Determinar programas de reubicación de instalaciones y/o asentamientos localizados en zonas de alto riesgo.

Con base en los resultados de las estrategias de desarrollo urbano de la Actualización del Programa de Desarrollo Urbano de la ciudad de Villahermosa 1992, el gobierno del estado de Tabasco y el municipio de Centro, se apegan al programa federal de las 100 Ciudades, para desarrollar los siguientes programas parciales (Gobierno del estado de Tabasco, 1992):

- Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito VII, Casablanca.
- Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito V El Espejo.
- Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Sur de Villahermosa, Tabasco.
- Programa Sectorial de Integración al Desarrollo Urbano de Villahermosa, Tabasco, de las Áreas de Preservación Ecológica. (Preservación Ecológica, integración al Desarrollo Urbano; Bosques de Saloya, Parrilla y Oriente de la ciudad de Villahermosa).
- Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Parrilla – Playas del Rosario, Centro, Tabasco.

La ciudad de Villahermosa a través de las políticas de planificación territorial antes descritas no fueron suficientes por dos razones:

la primera los programas no tenían una visión a largo alcance y segundo, no se realizaron actualizaciones de acuerdo a la Ley del Ordenamiento y Desarrollo Urbano del estado de Tabasco, originando la expansión incontrolada de la mancha urbana de la ciudad de Villahermosa, rebasando las fronteras de los ríos, Grijalva y Carrizal, que rodean en todo su perímetro transformando prácticamente en una isla.

La expansión sobre aéreas de alta vulnerabilidad por el desbordamiento de dichos ríos se ha realizado por parte de todos los estratos sociales, destacando desde luego que las aéreas de aéreas de mayor vulnerabilidad, sobre todo en los



meandros más pronunciados, son ocupados por los estratos más débiles económicamente.

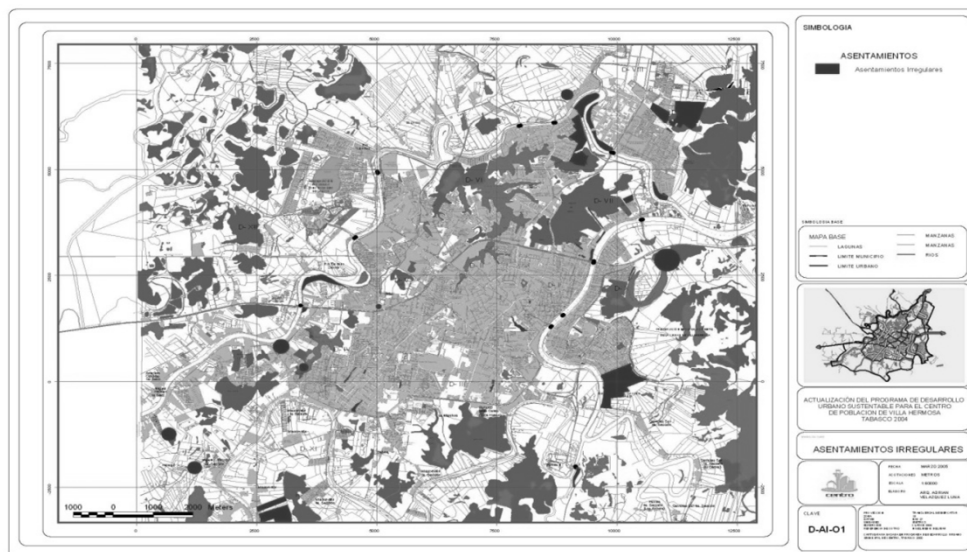
Destaca la patente vulnerabilidad de los asentamientos situados en la margen oriental del Grijalva y de aquellos situados en la margen oriental del río Carrizal.

La proliferación de asentamientos irregulares y la creciente contaminación de ríos y lagunas tanto al interior de la mancha urbana como en su entorno regional, integran el conjunto de manifestaciones perversas que delinean a una ciudad en estado de alta vulnerabilidad, y patentizan la ausencia de políticas sociales y controles efectivos.

En la figura 2, se observa la proliferación de asentamientos irregulares en la ciudad de Villahermosa, que ocupan de forma preferente las márgenes de los ríos Grijalva, al oriente y poniente, y Carrizal al oriente, que constituyen por las condiciones topográficas y el gran dinamismo del sistema hidrológico, así como las altas precipitaciones, los lugares de mayor riesgo de inundación.

El plano permite identificar que es sobre las márgenes del río Grijalva que se da una mayor cantidad de asentamientos irregulares. La proliferación de este tipo de asentamientos continúa sin que hasta la fecha se hayan realizado acciones de planificación efectivas para su atención.

Figura 2. Asentamientos irregulares en la estructura urbana de la zona metropolitana de la ciudad de Villahermosa



Fuente: H. Ayuntamiento de Centro, (2010) Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de la ciudad de Villahermosa y Centros Metropolitanos de Municipio de Centro 2008 – 2030. Cartografía del Instituto de Planeación y Desarrollo Urbano de Centro IMPLAN. México. Lamina D-A1- 01

CONCLUSIONES

El análisis de la Vulnerabilidad de la zona metropolitana de Villahermosa comparada con las políticas de planificación territorial, representa el punto modal en que incide el ordenamiento territorial y el adecuado desarrollo urbano. Por lo anterior se concluye que el proceso urbano de la zona metropolitana ha generado, en su expansión desordenada, una desarticulación funcional entre el centro urbano de la ciudad de Villahermosa con la periferia urbana, la zona conurbada de Nacajuca y

los centros de apoyo del municipio de Centro. La extremada dependencia de los conglomerados periféricos en relación al centro urbano, originados por el consumo de bienes y servicios, porque la actividad predominante de Villahermosa sigue concentrándose en el centro de la ciudad.

Sobre estas líneas de atracción, expresadas en el sistema vial y el uso del suelo, se ha llegado al límite crítico que actualmente expresa por la saturación de vialidades y el desorden en el



crecimiento urbano, el que a pesar de todo, sigue recargándose sobre estas líneas de fuerza a fin de hacer más baratos sus emplazamientos aun cuando la ciudad en su conjunto incrementa sus costos sociales de mediano y largo plazo, lo que resulta en la sobresaturación y ruptura de los umbrales que plantea las políticas de planeación urbana.

Por otra parte, existen vacíos de desarrollo urbano propiciados por restricciones de tipo físico o social (terrenos inundables como el caso del distrito Casablanca, la mayor parte de la reserva sur, extensas áreas de la zona oriental del distrito Las Gaviotas, el distrito ciudad industrial, o en otros casos, enormes vacantes de suelo urbano formados alrededor del eje CICOM – Ciudad Deportiva.

La carencia de urbanización en esas “hoquedades” subutiliza paradójicamente vialidades y terrenos que son necesarios para el crecimiento urbano.

En síntesis, por un lado existe sobre utilización de los sistemas urbanos en el modelo centro periferia. Por otra, existe subutilización de los suelos no aptos para el desarrollo urbano, algunos son tierras bajas e incluso al margen de ríos y otros con presencia de pantanos y lagunas.

El problema del desarrollo urbano del municipio de centro y de la ciudad de Villahermosa habrá que enfocarlo como el problema de una zona metropolitana en crecimiento que rebasa los límites no sólo del fundo legal de la ciudad y los límites municipales, sino que habrá de incluirse en los programas y acciones institucionales las relaciones de interdependencia entre las localidades del propio municipio e inclusive del municipio de Nacajuca.

Los problemas que habrán de resolverse con este enfoque serán de gran magnitud considerando una adecuada gestión urbana ya no es posible llevarla a cabo como si los problemas de la ciudad se circunscribieran únicamente a la dotación de servicios básicos, según sean demandados.

Ahora es necesario ver la gestión urbana como la forma de orientar las acciones de los actores locales, autoridades y sociedad civil, para promover el desarrollo integral de la zona metropolitana considerando el aspecto económico, social, ambiental y político, que establecen vínculos inseparables en el proceso del desarrollo sustentable.

Las consideraciones anteriores tienen una mayor relevancia en la zona metropolitana de Villahermosa y en su desarrollo urbano, en virtud de la agudización de los problemas que pudiera presentarse en el futuro, dado que a una perspectiva de rápido crecimiento de su población, se agregan las condiciones físicas de un entorno natural caracterizado como un ecosistema de alta fragilidad ya alterado y susceptible de registrar afectaciones mayores; suelos bajos e inundables que reducen la disponibilidad de tierra para su expansión urbana y presenta desastres recurrentes de inundación; inmerso en un sistema de ríos y cuerpos de agua permanentes y temporales, contaminados; con la presencia de actividades económicas - rurales e industriales - que impactan el entorno natural y podrían seguirlo haciendo en el futuro; con un proceso de metropolización que no sigue ningún orden y cada vez demanda mayores recursos para la dotación de servicios básicos.

Para la reversión de una tendencia que parece sombría en cuanto los problemas que pudiera enfrentar en los próximos años, es necesario adoptar desde ahora las medidas más convenientes que trasciendan en el futuro.

Para ello se requiere de voluntad política que rompa con enfoques tradicionales y capaces de crear las instancias técnicas que imaginen y propongan soluciones novedosas y audaces, así como las modificaciones que en materia de legislación deban adoptarse para el buen desempeño de la autoridad municipal y la participación ciudadana. Varios son los elementos que habrán de considerarse para establecer un nuevo modelo de planificación urbana.

Entre estos se pueden mencionar los siguientes:

- Debe definirse un modelo de ciudad y municipio, mínimo a treinta años. Se propone que este proyecto gire en torno a un principio que integre el desarrollo urbano a un proyecto ecológico que de consistencia al desarrollo sustentable, considerando la compatibilización del crecimiento demográfico y económico sin la degradación ambiental y social. De esta forma los programas y acciones de estímulo a la actividad económica de todos los actores locales deberán ser compatibles con este proyecto.
- Planificación, integral, objetiva, participativa, permanente e institucionalizada. En este



contexto la estructura de la administración estatal y municipal requieren cambios significativos que le permitan adoptar nuevas funciones de planeación que rebasan su capacidad organizativa actual. Las actuales administraciones municipales, salvo contadas excepciones, se distinguen por adolecer de una instancia eficiente de planeación urbana, aún para esquemas tradicionales, o bien carecen totalmente de ellas.

Si la planeación urbana de la zona metropolitana, se deja al libre juego de las fuerzas económicas, en las cuales el sector inmobiliario desempeña un papel preponderante, la opción de reorganizar el espacio urbano se hará imposible, tanto por los costos económicos, sociales y políticos, como por el hecho de que la zona metropolitana de Villahermosa perderá la oportunidad histórica de preservar sus recursos ecológicos, su cinturón vegetal natural lo cual coadyuva a la contaminación en los ríos debido a los desechos de los corredores urbanos irregulares y autorizados que se están asentando a ambos lados de las riveras de los ríos que circundan la "Mancha Urbana". Todo ello en detrimento de la calidad de vida.

Por lo demás, es importante decretar oficialmente la Zona Metropolitana de Villahermosa y a su vez realizar el Programa de Desarrollo Urbano de la zona metropolitana a largo alcance con un sentido social y sustentable; la falta de actualización de planes y programas impide el flujo de ideas, de información y recursos para el desarrollo, ya que al no estar en tiempo y forma actualizados el desarrollo urbano es deficiente. En este sentido los recursos federales no parecen estar debidamente aprovechados.

Además, el crecimiento urbano amenaza desbordarse hacia el norte y noroeste de la ciudad capital porque ahí las cotas topográficas en términos medios son más bajas que la ciudad de Villahermosa. Es decir, que por el curso de los ríos, las tasas de retorno de estos caudales abundantes sitúan a estos "*asentamientos humanos al filo de la navaja*", demostrado en la inundación del año 2007 como la más catastrófica a nivel nacional después del terremoto de 1985 en México D.F.

Existe un círculo vicioso evidente entre urbanización, sistema hidrológico y ambiental y existe un riesgo latente e inminente de que este se rompa por el punto más débil. La urbanización sin

planeación actúa aceleradamente como detonador de catástrofes, bajo la máscara de desarrollo compartido, que no se da en los hechos.

Si no se realiza una planeación sustentable y estratégica el proceso de urbanización de la zona metropolitana, dejado a su suerte, o lo que es lo mismo, regulado con instrumentos arcaicos avanza hacia una ciudad de catástrofe, cumpliendo el pronóstico de los especialistas en ecodesarrollo.

Para retornarle a Villahermosa parte de su sello inicial, hay que encarar al fatalismo histórico y al determinismo geográfico que envuelven las visiones cortoplacistas de la mayor parte de la política municipal, estatal o federal, a cada momento a una definiciones duraderas.

La Zona Metropolitana de Villahermosa necesita decisiones enérgicas para corregir su desarrollo, ya que su estado de salud social pelagra. Urgen políticas urbanas de alcance social que eviten que el proceso metropolitano de Villahermosa quede en las manos de una promoción inmobiliaria libre de ataduras por la acción reguladora institucional.

Los focos rojos y amarillos del comportamiento urbano de la ciudad han sido señalados claramente a partir de la identificación de las pautas geográficas y las tendencias históricas. Se ha respondido a las preguntas: ¿hacia dónde se expande la mancha urbana de la ciudad de Villahermosa y porqué ello no logra corregirse?, ¿Cuál es el modo de urbanización dominante de expansión de la ciudad y cómo puede o debe ser modificado?, ¿Con qué decisiones concertadas habrá que afrontar la expansión metropolitana, precisamente hoy cuando aún puede corregirse el rumbo porque se está en una evidente fase de despegue, momento que es posible cambiar el rumbo?, y la pregunta obligada ¿Por qué la Zona Metropolitana se ha inundado por las precipitaciones pluviales en los últimos siete años en mayor superficie territorial?, ¿Qué debemos hacer para que la inundación pluvial no afecte en mayor superficie a la zona metropolitana?.

Las tendencias urbanas dan los elementos de pronóstico y permiten construir escenarios posibles o deseados y precisar una imagen objetivo del mayor consenso social para autorregular el proceso metropolitano, realizando las acciones oportunas, correctivas y preventivas, desde el presente. Sin duda esta es la cuestión fundamental: Cada administración urbana se encuentra en la paradoja



institucional de gobernar para resolver entre lo urgente y lo importante.

La aportación de la planeación urbana como instrumento de gobierno es que permite mediante un proyecto de ciudad corregir el rumbo, de ahí que cada periodo de gobierno municipal y estatal es una oportunidad que se gana o se pierde.

La función de centralidad que ha jugado la ciudad de Villahermosa en el estado y la región sur-sureste, en conjunción con factores sociales, económicos y políticos entre los que la escasez de suelo y la ausencia de medidas de regulación y ordenamiento, han propiciado la aceleración de su expansión física, la cual presenta tres rasgos característicos: en un primer momento rebasa las fronteras naturales de los ríos que la rodean, un segundo movimiento de ocupación de la periferia se realizó siguiendo las principales vialidades regionales y un tercer rasgo lo constituye el dominio de la mancha urbana de la ciudad de Villahermosa en territorio del municipio de Nacajuca.

La dinámica de la relación económica, social y cultural entre la ciudad de Nacajuca y la ciudad de Villahermosa es de particular intensidad por la gama amplia de servicios y transacciones que los pobladores de Nacajuca realizan en Villahermosa.

La ocupación urbana de la periferia rural ha significado el cambio de uso de suelo sin respeto a su calidad y aptitud representando también una amenaza latente para los recursos naturales que aún existen en la zona conurbada.

Finalmente en el transcurso de la investigación se ha detectado un gran vacío en torno a estudios específicos, incluso, del sistema de ciudades de la entidad tabasqueña.

La presente constituye sólo una aproximación a ello, en tanto el objetivo central no fue la definición del sistema estatal, de donde continúa latente la necesidad de generar este tipo de investigaciones que ayuden a tener una visión más completa de la entidad y puedan constituir la base para lograr el desarrollo sostenible.

Referencias

1. Cabrera, V. (1994). *Políticas regionales y configuración espacial de la región Centro de Puebla 1970 – 1990*. México: Benemérita

- Universidad Autónoma de Puebla. Pp. 22, 54.
2. Congreso de la Unión de México (1976). *Ley General de Asentamientos Humanos*. México: H. Congreso de la Unión de México, XLIX Legislatura.
3. García, P. (1975). Teoría general de sistemas. *Revista de Occidente, tercera época*, No. 2, Edita: Fundación José Ortega y Gasset, España Pág. 52 - 59.
4. García, R. (1986). Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos. E. Leff (comp.). *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. México: Siglo XXI. 37 p.
5. Garza, G. (1989). *Una década de planeación urbano-regional en México 1978 – 1988*. México: El Colegio de México. 41 p.
6. Garza, G. (2003). *La urbanización de México en el siglo XX*. México: El Colegio de México. 61 p.
7. Gobierno del Estado de Tabasco (1976). *Ley de asentamientos humanos del estado de Tabasco (LAHET)*. Periódico oficial no. 3566, decreto 1496. México: Gobierno del Estado de Tabasco.
8. Gobierno del Estado de Tabasco (1978) *Ley de desarrollo urbano del estado de Tabasco (LDUET)*. Periódico oficial 3783, decreto 1785. México: Gobierno del Estado de Tabasco.
9. Gobierno del Estado de Tabasco (1982a). *Plan de desarrollo urbano del centro de población de la ciudad de Villahermosa*. Periódico oficial no. 4101. México: Gobierno del Estado de Tabasco.
10. Gobierno del Estado de Tabasco (1982b). Informe de Gobierno "Tabasco 2000, 1980 – 1982", México.
11. Gobierno del Estado de Tabasco (1984). *Ley de desarrollo urbano y ordenamiento territorial del estado de Tabasco (LDUOTET)*. Periódico Oficial no. 4371, decreto 0270. México: Gobierno del Estado de Tabasco. .
12. Gobierno del Estado de Tabasco (1988). Programa de desarrollo urbano del centro de población Villahermosa y centros de apoyos 1988. Periódico oficial no. 4758. México: Gobierno del Estado de Tabasco.
13. Gobierno del Estado de Tabasco (2003a). Plan Estatal de Desarrollo 2002-2006. México: México: Gobierno del Estado de Tabasco. Consultado en:



14. <http://www.ucol.mx/acerca/coordinaciones/cgv/dgee/competitividad/documentos/Planes%20estatales%20de%20desarrollo/PED%20Tabasco/PED%20Tabasco%202002%202006%20pdf.pdf>. 14 junio 2011.
15. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2003). *XII Censo general de población y vivienda 2000*. México.
16. Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2010). *Censo general de población y vivienda 2010*. México.
17. Poder Ejecutivo Federal (1996). *Programa nacional de desarrollo urbano, 1995 – 2000*. México. Secretaría de Desarrollo Social.
18. Poder Ejecutivo Federal (2001). *Plan nacional de desarrollo 2001-2006*. Presidencia de la República Mexicana. Consultado en:
19. <http://www.dgpp.sep.gob.mx/planeacion/pdf%20inf/PND.pdf>. 20 de octubre 2011.
20. Salvatierra, J. (2006). *Ordenamiento Territorial y Desarrollo: Tabasco, México: 1970-2005*. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ordenamiento Territorial. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 45 p.
21. Sobrino, J. (1998). "Desarrollo urbano y calidad de vida", Documentos de investigación, No. 28, D128142 (Bienestar social – Investigación-Desarrollo Urbano – Urbanismo y Sociedad) El Colegio Mexiquense, A. C., Zinacantepec, Edo. de México, , 1998, 6 p.
22. Tudela, F. (1989). *La Modernización Forzada del Trópico: El caso de Tabasco*. México: El Colegio de México. 287 p.



Cambio Climático y Vulnerabilidad en territorios Indígenas

Dalia I. Quiroz Pineda

Becaria en el IIS, UNAM y pasante de la Licenciatura de Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM

Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos "Los conflictos étnicos en América Latina: Respuestas a la violencia y al activismo político indígena" (PAPIIT, UNAM IN301811) y el proyecto "Cultura política e intelectuales indígenas. Respuestas al resurgimiento étnico en América Latina (CONACYT 128183), coordinados por la Dra. Natividad Gutiérrez Chong, investigadora del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM.

Resumen:

Este trabajo tiene el objetivo de plantear la situación de vulnerabilidad de las comunidades indígenas en México en el contexto del cambio climático y la disputa por recursos naturales y territorio. El análisis tiene como fuente de información, el banco de datos cualitativo "Conflictos Étnicos y Nacionalismos en las Américas" (CETNA), que forma parte de la plataforma digital Sistema de Consulta de Organizaciones Indígenas Políticas y Conflictos Étnicos en las Américas (SICETNO), resultado de los proyectos de investigación "Los conflictos étnicos en América Latina: Respuestas a la violencia y al activismo político indígena" y "Cultura política e intelectuales indígenas. Respuestas al resurgimiento étnico de América Latina".

La conflictividad étnica en México está relacionada con la implementación de proyectos de generación de energía hidroeléctrica, eólica y explotación minera a cielo abierto. Esta última actividad, es la de mayor impacto social y ambiental para el territorio, la forma cómo afecta la salud de los habitantes, a través de la contaminación de agua y tierra, es motivo de alerta para organizaciones ambientalistas. Los megaproyectos viales, la construcción de presas hidroeléctricas y los parques eólicos, han propiciado el desalojo y desplazamiento forzoso de comunidades, a causa del peligro de inundaciones y cambios en el ecosistema, estos fenómenos modifican la calidad de vida de las poblaciones más vulnerables, indígenas y campesinos del centro y sureste mexicano.

Introducción

El cambio climático es un asunto global que afecta nuestra vida en distintas formas y grados. Es conveniente señalar, en primera instancia, que el calentamiento global es consecuencia del cambio climático y es originado por el aumento de los gases de efecto invernadero (bióxido de carbono, metano, óxido nitroso y halocarbonos). A pesar de que se puede constatar algunas de sus manifestaciones, sus principales consecuencias se presentan a largo plazo.

Si bien nuestro planeta siempre ha experimentado variaciones en el clima quedan pocas dudas de que está cambiando más allá de lo que se considera normal. La evidencia apunta a que las actividades humanas (enmarcadas dentro de los procesos de industrialización y la enorme emisión de contaminantes que éstas han implicado), son las responsables de tales cambios.

Las consecuencias negativas del cambio climático afectarán al hombre directamente, a su estilo de vida y a las actividades en las que basa su economía. Ante esta situación, es necesario señalar que no todos los grupos humanos e individuos resentirán por igual sus efectos.

Los grupos vulnerables que experimentan situaciones de pobreza son los que los padecerán en primera instancia y de manera más agresiva por su condición marginal que puede incrementar con el paso del tiempo y con la precarización de los recursos esenciales para la vida.



Efectos generales del cambio climático

Las consecuencias precisas que traerá el cambio climático no se pueden predecir con total exactitud, sin embargo, en términos generales, se espera un incremento de la temperatura global (variable según la región), el aumento en el nivel del mar y la alteración de los ciclos pluviales (aumento o descenso). Asimismo, los sistemas de tipo socioeconómico (como la agricultura o la pesca) y la salud, se consideran áreas susceptibles a las modificaciones derivadas del cambio climático.

Si bien es cierto que este fenómeno tendrá repercusiones en todo el planeta, las afectaciones no serán las mismas en todas las latitudes ni tampoco se presentarán de la misma forma y en la misma magnitud. Se considera que los países 'en desarrollo' serán los más afectados por su limitado acceso a las tecnologías de adaptación y recursos financieros e incluso por su situación geográfica.¹

En 2007 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) pronosticaba varias consecuencias en América Latina entre las que figuraban:

- La sustitución progresiva de la vegetación semiárida por árida.
- La posibilidad de pérdida de diversidad biológica y extinción de especies.
- La disminución en la producción de cultivos importantes y el consecuente aumento del número de personas amenazadas por el hambre.
- La disminución de la disponibilidad de agua (para consumo humano, agricultura y generación de electricidad).
- La intensificación de inundaciones.²

¹ Se considera que los países ubicados en zonas áridas y semiáridas tendrán mayor riesgo de experimentar sequías graves. Manuel Estrada Porrúa, *Cambio climático global: Causas y consecuencias* [en línea], Dirección URL: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>

² *Cambio climático en América Latina* [en línea], Dirección URL: http://ec.europa.eu/europeaid/where/latin-america/regional-cooperation/documents/climate_change_in_latin_america_es.pdf, p.13

En el transcurso de los años posteriores y habiendo observado los desastres naturales que se han presentado, podemos corroborar que estos puntos constituyen amenazas verdaderas para la región en general. La vulnerabilidad de América Latina, además, aumenta por la presión demográfica que presentan ciertos lugares, la falta de planificación territorial, el uso intensivo de agua para la generación de energía eléctrica, los niveles de pobreza y las actividades de sustento basadas en el medio natural de múltiples comunidades.³

El escenario empeora si observamos que las consecuencias señaladas para la región constituyen problemas y asuntos sin resolver en los países de América Latina. Esto nos deja ver que el cambio climático también dificultaría el goce de derechos humanos fundamentales tales como el derecho a la alimentación, al medio ambiente y a una vida digna.

Por paradójico que resulte, los países que menos han contribuido a este problema, entre ellos los latinoamericanos, serán los más afectados y susceptibles a sus consecuencias.

Efectos del cambio climático en México y grupos vulnerables

Los efectos que a principios del siglo XXI se advertían para México seguían esta misma línea. Se esperaba un aumento de la temperatura, la alteración de las precipitaciones y el deterioro de la agricultura, especialmente en la producción de maíz de temporal. México Se considera un país altamente susceptible a la modificación del clima debido a los procesos de desertificación y de sequía meteorológica, principalmente en el norte del país y en las zonas densamente pobladas. Se cree que los asentamientos humanos con rápido crecimiento poblacional, con gran consumo de agua y con recurrentes casos de enfermedades infecciosas, son también los más vulnerables.⁴

De este modo, la disminución de agua potable –que en sí constituye un problema- aumentaría el riesgo de la contracción de enfermedades y perjudicaría a las actividades productivas debido a los cambios que habría en su distribución y abundancia.

³ *Idem*

⁴ Manuel Estrada Porrúa, *Cambio climático global: Causas y consecuencias* [en línea], Dirección URL: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>



Estos pronósticos han encontrado eco en la realidad mexicana. A comienzos del 2012 se señalaba que 28 de las 32 entidades del país experimentaban sequías graves que afectaron la producción agrícola y ganadera.⁵

Estas sequías y el hecho de que 40% del territorio mexicano esté constituido por zonas desérticas que ocupan total o parcialmente más de quince estados, muestran que la situación del agua es delicada en nuestro país.

El escenario empeora cuando se recuerda que su suministro hoy en día todavía no está asegurado a la totalidad de la población y su insuficiencia ya se padece en varios lugares.

La actual y futura falta de agua amenaza directamente a las actividades de sustento que dependen totalmente del recurso. La agricultura, por ejemplo, además de ser altamente sensible a las variaciones climáticas, se encuentra expuesta a los cambios que ocurren dentro del proceso de globalización.⁶ La disminución del líquido en varios estados contrastaría con el incremento significativo en otros en los que los riesgos y estragos de las inundaciones aumentarían.

Cualquiera que sea el escenario, se pondría en peligro al patrimonio, a las actividades y medios de sustento de la población, a su estilo de vida en general y significaría la pérdida de valores culturales inherentes a las comunidades.

Los pueblos indígenas

Los pronósticos centrados en zonas geográficas o países en específico resultan útiles para advertir las afectaciones generales del cambio climático, sin embargo, nos muestran que cada entidad federativa tiene una dinámica propia y que en su interior existen grupos más vulnerables que otros.

⁵ Miguel Cabildo, *Alcanza sequía a 28 de las 32 entidades del país*, Proceso, 2 de febrero de 2012 [en línea], Dirección URL: <http://www.proceso.com.mx/?p=297003>

⁶ Cecilia Conde, Rosa Ma. Ferrer, Carlos Gay, Raquel Araujo, *Impactos del cambio climático en la agricultura en México*, Instituto Nacional de Ecología [en línea], Dirección URL: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/conde.html>

El cambio climático agudiza las dificultades que ya enfrentan los grupos periféricos, como la marginación política y económica, la pérdida de tierras y recursos, las violaciones de derechos humanos, la discriminación y el desempleo.⁷

En este sentido, los grupos más vulnerables en México respecto al cambio climático son los pueblos indígenas por su posición secundaria dentro de la estructura del Estado mexicano.

Su estrecha relación con el medio natural, base de su subsistencia en muchos casos, los sitúa como actores totalmente expuestos a las alteraciones del clima. Los cambios en los ciclos pluviales, por ejemplo, dificultarían su acceso al agua que a su vez afectaría a su agricultura de autosubsistencia.

Desplazamiento ambiental de la población

Las personas obligadas a trasladarse por cuestiones ambientales forman parte de la categoría jurídica de *desplazados, situación que les brinda* cierta protección en este ámbito. Según el cruce o traspaso de fronteras se puede distinguir entre desplazados internos y desplazados internacionales. Las personas obligadas a trasladarse por el deterioro de su entorno natural generalmente entran dentro de la primera categoría.⁸

Aunque las migraciones motivadas por cuestiones ambientales no son nuevas, sí han mostrado un aumento por los problemas actuales en este ámbito

⁷ *El cambio climático y los pueblos indígenas*, Naciones Unidas [en línea], Dirección URL: http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/background%20climate_ESP_FORMATTED.pdf

⁸ Inicialmente la figura del refugiado se aplicaba únicamente a aquellas personas que habían sido obligadas a abandonar su lugar de origen por motivos políticos, raciales, religiosos, derivados de la nacionalidad o por la pertenencia a un grupo social determinado. Los desplazados internos se definen como aquellas personas o grupos obligados a abandonar su lugar de residencia como resultado de un conflicto armado, de situaciones de violencia generalizada, de violaciones de los derechos humanos o de catástrofes naturales o provocadas por el ser humano y que no han cruzado una frontera estatal internacionalmente reconocida. La transformación de la circunstancias, sin embargo, ha hecho preciso que esta noción se amplié y se aplique a las nuevas realidades que vive el ser humano (Loretta Ortiz Ahlf, *Derecho Internacional Público*, Oxford, 2004, p. 546).



y también por la evolución de los sistemas de transporte que las han facilitado.

En este sentido, se puede decir que el calentamiento global ha incrementado este tipo de migraciones porque la degradación del medio ambiente ha forzado a numerosos grupos a trasladarse a otros territorios.

Según la Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña en Desarrollo Sustentable, las personas cercanas a grandes infraestructuras también pueden entrar en la categoría de desplazados ambientales por el deterioro que estas construcciones ocasionan a su medio natural y que, en última instancia, les impiden seguir habitando en su lugar de origen.⁹

Ante esta situación, resulta fundamental señalar que las grandes transnacionales y los gobiernos locales que financian y permiten este tipo de proyectos tienen una responsabilidad mayúscula en la degradación del medio ambiente.

Tal ha sido su impacto que los denominados *desplazados del desarrollo* tienen presencia en todas aquellas latitudes en las que se ha priorizado a este tipo de proyectos, sobre el bienestar de las comunidades.

Los *Proyectos de desarrollo* tales como presas, aeropuertos, carreteras y vivienda urbana, obligan a millones de personas a desplazarse anualmente por los estragos que implican a su entorno.¹⁰ Estos proyectos con frecuencia se llevan a cabo en áreas habitadas por pueblos indígenas o grupos minoritarios que los resienten profundamente (e incluso en mayor medida que la población promedio) porque acentúan su condición marginal y sus dificultades de subsistencia dentro de los Estados nacionales que habitan, situación que también es aprovechada por los actores que promueven estos proyectos.

Este tipo de desplazamientos forzados, estrechamente relacionados con los conflictos

étnicos y con temas de desigualdad, discriminación y marginación social y política, son recurrentes en el caso de México donde la construcción de megaproyectos hidroeléctricos y mineros ha desalojado y afectado en múltiples formas a las poblaciones indígenas.

La base de datos CETNA¹¹ registra un importante número de conflictos por recursos naturales y territorio, en los que se puede constatar la subordinación de los derechos de los pueblos indígenas al desarrollo de actividades y grandes infraestructuras que dañan intensamente al medio ambiente y a su población. La metodología de esta base de datos considera cinco ejes de análisis para la observación de los casos: 1) Recursos naturales, territorio y desplazamiento, 2) Empresas nacionales y transnacionales, 3) Derechos de los pueblos indígenas, 4) Conflictos interétnicos y 5) Medio ambiente. Resulta ilustrativo el hecho de que, de los 32 casos existentes en la base, 23 aparezcan en el primer eje (Recursos naturales, territorio y desplazamiento) 10 en el segundo (Empresas nacionales y transnacionales) y 16 en el quinto (Medio ambiente).

Esta situación muestra que gran número de los conflictos actuales en México tienen en el centro del problema a la disputa por los recursos naturales en territorios rurales e indígenas en un contexto de cambio climático en el que el Estado sigue beneficiando y priorizando los beneficios económicos sobre los derechos de los pueblos y la integridad del medio natural. Actualmente, gran parte del daño en nuestro país en términos de medio ambiente se debe a las actividades mineras e hidroeléctricas favorecidas en los últimos años.

Tanto la minería como la generación de energía hidroeléctrica resultan enormemente perjudiciales en términos sociales y ambientales, sin embargo, son actividades permitidas por el gobierno federal y los gobiernos locales a pesar de los grandes estragos que ocasionan en ambos sentidos. Su escasa difusión y visibilidad mediática se explica en gran medida por el hecho de que estos proyectos tienen el respaldo y la anuencia del Estado y porque los afectados directos son en su mayoría comunidades indígenas y campesinas ubicadas en

⁹ Adriana Orsi, *Desplazados ambientales en América Latina*, Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña en Desarrollo Sustentable [en línea], Dirección URL: <http://www.revistafuturos.info/futuros20/desplazados2.htm>

¹⁰ Stephen Castles, *La política internacional de la migración forzada*, Red Internacional de Migración y Desarrollo, 2003.

¹¹ Disponible en <http://www.orgindal.org> (CETNA forma parte del Sistema de Consulta de Organizaciones Indígenas Políticas y Conflictos Étnicos en las Américas-SICETNO)



ámbitos rurales, es decir, son poblaciones tradicionalmente ignoradas por el Estado.

Recientemente, la actividad minera ha alterado profundamente el entorno y la forma de vida de las poblaciones indígenas. En particular la modalidad de 'minería a cielo abierto' resulta peligrosa para el medio ambiente y para la población que habita en él. Según señala la Red Mexicana de Afectados por la Minería (REMA), este tipo de minería generaría deforestación y contaminación a gran escala y daños irreversibles al entorno natural por la forma en la que se extraen los minerales (a diferencia de la minería tradicional, requiere el uso de agua con cianuro que haría desaparecer especies animales y vegetales.¹²)

Este tipo de minería está prohibida en Europa y en Canadá por ser altamente perniciosa, sin embargo, las transnacionales (muchas de ellas canadienses) han aprovechado que en países como el nuestro la ley no impide esta actividad y, al contrario, la favorece por los beneficios económicos que arroja. En Veracruz, por ejemplo, se buscaba la explotación de oro en la mina Caballo Blanco bajo esta modalidad. Aunque el proyecto aparentemente fue rechazado en febrero de este año, la Asamblea Veracruzana de Iniciativas y Defensa Ambiental (LAVIDA) ha señalado que los trabajos de exploración continúan por parte de la empresa canadiense Goldgroup (Gutiérrez, 2012).

La minería a cielo abierto también ha sido permitida desde 2004 en la Costa Chica y Montaña de Guerrero donde las autoridades han otorgado concesiones para la explotación de oro a empresas canadienses, estadounidenses e inglesas atraídas por los recursos minerales de nuestro país y por la permisión de las autoridades mexicanas. Ante esta situación, no hay que olvidar que estas autoridades y los intereses involucrados toman ventaja de la pobreza y falta de información de la población para hacerla vender sus tierras o aceptar estos proyectos.

Otro caso relacionado con los daños de las mineras en nuestro país lo encontramos en los Valles

Centrales de Oaxaca (municipios de San José del Progreso, Magdalena Ocotlán, Ejutla de Crespo, San Martín de los Cansecos y San Pedro Mártir) donde la empresa minera Fortuna Silver Mines inició sus trabajos sin la consulta y consentimiento de los pobladores. De la misma manera que en el caso anterior (Costa Chica y Montaña de Guerrero), el proyecto ha encontrado la oposición de los habitantes del lugar por el impacto ambiental que significa para sus comunidades y para su integridad.

En lo que se refiere a la generación de energía hidroeléctrica, por ejemplo, LAVIDA también ha documentado cómo las frecuentes inundaciones de los últimos años en Veracruz y en Tabasco, que de igual forma han originado el desplazamiento masivo de comunidades indígenas y rurales, están directamente relacionadas con la construcción de proyectos microhidroeléctricos que generan desequilibrios hidráulicos en los pequeños afluentes en donde son construidas¹³.

El caso del Consejo de Ejidos y Comunidades Opositoras a la Presa La Parota (CECOP) contra el proyecto de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la cuenca del río Papagayo (Guerrero) y que requiere la inundación -total o parcial- de numerosas comunidades, resulta importante porque muestra una fuerte y sólida oposición contra un plan estatal con graves impactos sociales y ambientales.

La CFE también está involucrada en Oaxaca en la comunidad de Paso de la Reina donde pretende generar energía eléctrica a través del proyecto "Aprovechamiento Hidráulico de Usos Múltiples". La presa que se ubicaría sobre el Río Verde (costa chica de Oaxaca), requeriría la inundación de grandes hectáreas de tierra habitadas por pobladores indígenas -chatinos y mixtecos-, afrodescendientes y mestizos que viven de la siembra de distintos productos (agricultura de autosubsistencia).

El caso de Veracruz en lo referente a la generación de energía hidroeléctrica es particular porque de 510 proyectos hidroeléctricos contemplados a nivel nacional, 112 están destinados a este estado (Gutiérrez, 2012).

¹² Hugo Martoccia, *Minería a cielo abierto, principal peligro para el medio ambiente en México: Rema, La Jornada*, Dirección URL: <http://www.jornada.unam.mx/2010/12/09/sociedad/050n2soc>

¹³ Ver el documento Causas y soluciones de inundaciones catastróficas, disponible en la página electrónica del Programa de Estudios sobre Cambio Climático de la Universidad Veracruzana (<http://www.peccuv.mx>).



Este hecho adquiere gravedad si consideramos que la Comisión Mundial de Represas señala que éstas aumentan las inundaciones por la disminución en la velocidad de los ríos poniendo en peligro a las comunidades cercanas. De este modo, la peculiaridad de la generación de energía hidroeléctrica en Veracruz radica en que ésta tiene fines de autoabastecimiento en beneficio de empresas privadas (proyectos microhidroeléctricos).

En el caso de la Hidroeléctrica Naranja, por ejemplo, se desviaría a lo largo de 22 kilómetros el cauce del Río Blanco afectando a las comunidades y a la flora y fauna de la zona. También en Veracruz, en la parte alta de la Sierra de Zongolica se lleva a cabo un proyecto de autoabastecimiento hidroeléctrico con este mismo fin (destaca Wal Mart como entidad beneficiaria) que dañaría a las comunidades nahuas del lugar.

Cabe señalar que el impacto ambiental que tendría este proyecto, y que afectaría a diversas poblaciones, contrasta radicalmente con sus potenciales beneficiarios que serían únicamente empresas privadas. La simple enunciación de estos casos nos ilustra el riesgo que significa para las poblaciones indígenas y para sus territorios la ejecución de estos proyectos.

Es importante tener en cuenta que la centralidad que han adquirido los territorios indígenas en la actualidad se puede explicar por la gran riqueza natural que existe en ellos y que los convierte en áreas de disputa.

En otras palabras, los territorios de los pueblos originarios y los vastos recursos que en ellos se encuentran, resultan áreas enormemente atractivas para los capitales transnacionales cuyas actividades los ponen en riesgo y en posibilidad de experimentar desplazamiento por la gran devastación que tendrían sobre sus territorios (la contaminación de la minería a cielo abierto, las inundaciones por la construcción de grandes hidroeléctricas o los cambios causados por las microhidroeléctricas).

En todos estos conflictos, las instituciones estatales frecuentemente aparecen como aliadas de los intereses empresariales y no como garantes de la legalidad y de los derechos de la población. En estos conflictos, instituciones como la CDI (Comisión Nacional para el Desarrollo de los

Pueblos Indígenas), la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente), entre muchas otras, lejos de actuar como mediadores o actores neutrales, favorecen a las empresas y a sus intereses.

La SEMARNAT, por ejemplo, aparece repetidamente como aval de proyectos hidroeléctricos y mineros (en 2004 aprobó la Manifestación de Impacto Ambiental que permitía la construcción de la presa La Parota y también autorizó la obra de la Hidroeléctrica Naranja).

Es conveniente tener en cuenta que los proyectos carreteros y eólicos, en muchos casos aparentemente inofensivos, también son generadores de desplazamiento indígena.

En Oaxaca, comunidades zapotecas se oponen a la construcción de un plan denominado "Libramiento Sur" (anunciado en 2009) que contempla 56.3 kilómetros de carretera que atravesaría terrenos y dividiría comunidades.

En lo referente a los parques eólicos, su instalación en el Istmo en Oaxaca ha provocado la inconformidad de comunidades zapotecas y huaves por el despojo de tierras que les ha implicado.

Conclusiones

El cambio climático va mucho más allá de la simple variación de la temperatura e involucra y debe importar a todas las actividades y acciones del ser humano en tanto habitante de la Tierra.

El cambio climático acelerado por la emisión de gases de efecto invernadero de origen antropogénico es consecuencia directa de los procesos industriales y de modernización ocurridos a lo largo de la historia. Los denominados países del primer mundo tienen gran responsabilidad en este sentido pues son estos procesos los que les han permitido alcanzar un nivel satisfactorio de bienestar dentro de la visión y paradigma actual de desarrollo en el que se encuentran inmersos la mayoría de los Estados.

Lo anterior nos permite afirmar que la degradación del medio ambiente que presenciamos en la actualidad y que ha ocasionado el aumento de



desastres naturales se puede atribuir en gran medida a las acciones de los países industrializados que han significado una gran y constante emisión de contaminantes a la atmósfera terrestre. No obstante, a pesar de ser ellos los mayores responsables de este fenómeno, los Estados más propensos a resentir sus consecuencias son los denominados periféricos y, dentro de ellos, los grupos minoritarios y tradicionalmente excluidos.

Las poblaciones indígenas mexicanas constituyen los grupos más vulnerables en nuestro país porque, aún en la actualidad, muchos de ellos todavía no pueden acceder a servicios básicos de salud, educación, vivienda y sufren de exclusión social generalizada. Los pueblos indígenas poseen un nivel de vida inferior al promedio de la población, situación que les impide hacerse de los medios y recursos necesarios para hacerle frente a este fenómeno y los vuelve altamente propensos a padecer en mayor grado sus consecuencias.

No obstante, además de las consecuencias del cambio climático, los grupos indígenas también tienen que experimentar formas de desplazamiento originadas en políticas públicas estatales que anticipan el desarrollo de grandes proyectos y obras de infraestructura sobre sus derechos. Estos hechos los violentan en tanto seres humanos y constituyen múltiples faltas a principios adscritos por México en diversos acuerdos internacionales.

La complicidad entre los actores nacionales y transnacionales hacen evidente que, aun existiendo fuertes evidencias de que las actividades humanas han ocasionado graves estragos al medio ambiente y han provocado fuertes alteraciones en el clima, se sigue poniendo a en primer lugar a las ganancias económicas de unos cuantos sobre la integridad y derechos de la mayoría.

En nuestro país, el cambio climático sigue siendo inducido por distintos proyectos de capital transnacional que continúan provocando la degradación del entorno y siguen violentando a las comunidades que viven en y de él.

La disputa de los recursos naturales en territorios indígenas en el contexto actual de cambio climático adquiere gran relevancia porque plantea de nueva cuenta la disyuntiva entre el respecto a los derechos de los pueblos indígenas (y de sus derechos humanos en general) o la primacía de los intereses

económicos de una minoría privilegiada. Esta disyuntiva también hace visible la existencia de dos formas esencialmente distintas de ver al medio natural: como recurso susceptible de ser explotado o como parte integral del ser humano.

Fuentes de Consulta

1. Base de datos "Conflictos Étnicos y Nacionalismos en las Américas" (CETNA), IIS, UNAM. Consulta en www.orgindal.org. México, 2012.
2. Cabildo, Miguel. *Alcanza sequía a 28 de las 32 entidades del país*, Proceso, 2 de febrero de 2012 [en línea], Dirección URL: <http://www.proceso.com.mx/?p=297003>
3. Cambio climático en América Latina [en línea], Dirección URL: http://ec.europa.eu/europeaid/where/latin-america/regional-cooperation/documents/climate_change_in_latin_america_es.pdf
4. Castles, Stephen 2003. *La política internacional de la migración forzada*, Red Internacional de Migración y Desarrollo.
5. Conde, Cecilia *et al. Impactos del cambio climático en la agricultura en México*, Instituto Nacional de Ecología [en línea], Dirección URL: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/conde.html>
6. Estrada Porrúa, Manuel. *Cambio climático global: Causas y consecuencias* [en línea], Dirección URL: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/esp/anol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>
7. Gutiérrez Chong, Natividad 2012, *Etnicidad y conflictos en las Américas. Violencia y activismo político*, Vol. II, IIS-UNAM (En prensa).
8. Martínez, Julia; Fernández, Adrián; Osnaya Patricia 2004. *Cambio climático: una visión desde México*, Instituto Nacional de Ecología.
9. Naciones Unidas, El cambio climático y los pueblos indígenas, [en línea], Dirección URL: http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/backgrounder%20climate_ESP_FORMA TTED.pdf
10. Ortiz Ahlf, Loretta 2004. *Derecho Internacional Público*, Oxford.



11. Orsi, Adriana. *Desplazados ambientales en América Latina*, Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña en Desarrollo Sustentable [en línea], Dirección URL: <http://www.revistafuturos.info/futuros20/desplazados2.htm>
12. Sistema de Consulta de Organizaciones Indígenas Políticas y Conflictos Étnicos en las Américas, IIS, UNAM. Consulta en www.orgindal.org. México, 2012.
13. Vogler, John 2007. Environmental Issues. Cap. 14 en *The globalization of World Politics. An Introduction to International Relations*, Oxford.

Anexo Temas

Conflictos étnicos y cambio climático
Megaproyectos urbanos y rurales y cambio climático
Legislación en México en materia de cambio climático



Los puertos y las vías de navegación ante las amenazas del Cambio Climático en México

Julio César Rolon Aguilar, Juana Treviño Trujillo y Roberto Pichardo Ramírez

División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller"
de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Campus Tampico-Madero

Resumen

El calentamiento global según los expertos en climatología, irá en aumento continuo durante el resto del siglo. Según el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), el nivel del mar en el mundo ha venido aumentando, entre 1961 y 2003 con una tasa media de 1.8×0.5 mm/año, aunque con importantes diferencias regionales.

Este indicador representa una amenaza para la infraestructura marino-portuaria y su funcionalidad, ya que las estructuras marinas en general se diseñan, tomando en cuenta oleajes, viento, mareas, sismos y tsunamis. Según los expertos el rebase del oleaje sobre la coronación de las obras marítimas puede aumentar entre un 75 y un 100%, lo que daría por consecuencia el cierre a las operaciones portuarias y muy probablemente a las vías de navegación.

En éste capítulo se hará una revisión documental sobre los eventos hidroclimáticos más significativos en los últimos años y sus consecuencias. Así también, identificar las afectaciones del cambio climático sobre el diseño de las estructuras costeras futuras y revisar los coeficientes de seguridad de las ya construidas.

Palabras Clave: puertos, estructuras costeras y nivel del mar

Abstract

Global warming, according to experts in climatology, will increase continuously during the remainder of the century. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), sea level in the world has been increasing between 1961 and 2003 with an average rate of 1.8×0.5 mm/year, although with significant differences between regions. This indicator represents a threat to marine and port infrastructure and its functionality, given that most marine structures are designed taking into account waves, wind, tides of wind, earthquakes, and tsunamis.

According to experts, the waves exceeding the crowning of the marine structures may increase between 75 and 100%, which would result in the closure of port operations and probably of navigation routes too. This chapter will review documents about the most significant weather events in the last 50 years and their consequences. It will also identify the effects of climate change on the design of future coastal structures and evaluate the safety factors of the ones already built.

Introducción

El impacto del cambio climático en los puertos Como parte del impacto mundial, se tiene que durante los últimos 425.000 años la Tierra ha pasado por cuatro edades de hielo interrumpidas por breves períodos cálidos. Ahora, nos encontramos en uno de dichos períodos cálidos. La tendencia del último siglo ha sido la del aumento de la temperatura global. Los especialistas en climatología coinciden en que habrá un aumento continuo durante el resto de este siglo.

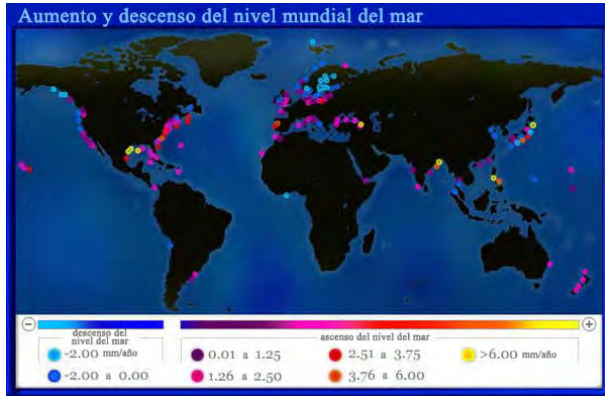
La altura que tenían los océanos en la última edad de hielo hace 18.000 años era de aproximadamente 120 metros menos que la altura actual. Grandes extensiones de agua se depositaban en la tierra en forma de glaciares que cubrían una gran parte de América del Norte, Europa y Asia.

Si observamos el pasado reciente, podemos ver un continuo aumento en los niveles del mar. La imagen muestra los niveles del mar en tres lugares de Europa durante los últimos 300 años. Durante este período el nivel del mar ha crecido 100 milímetros o más. Pero el crecimiento del nivel del mar no es el mismo en todo el mundo.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) informó en 2001 que esperan un aumento del nivel del mar para 2100 debido al deshielo de los glaciares hasta 66 cm. En un estudio de 2002 los investigadores de la Universidad de



Colorado, EE. UU. analizaron la velocidad de deshielo de los glaciares en el mundo. Calcularon que los glaciares se derretirían más rápido de lo que habían pensado y que para 2100 el nivel del mar podría crecer tanto como 89 cm.



Fuente: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/

En lo relativo a la costa, el impacto del cambio climático sobre ella puede tener consecuencias de gran relevancia. Entre las presiones del cambio climático y sus posibles impactos en el medio físico costero, se señala que un aumento del nivel del mar, puede producir inundación, erosión costera, aumento de la intrusión salina y pérdida de humedales costeros; un incremento de la temperatura del agua del mar, puede conducir a cambios en el sistema circulatorio y al aumento de las proliferaciones de algas; y una variación en el oleaje, puede dar lugar a importantes cambios en los procesos de erosión costera, formas de las playas o pérdida de la funcionalidad y estabilidad de obras marítimas.

En términos generales, el nivel del mar ha venido aumentando globalmente en el mundo entre 1961 y 2003 con una tasa media de 1.8×0.5 mm/año, aunque con importantes diferencias regionales.

En cuanto a la funcionalidad de las obras marítimas, según el informe de los expertos el rebase del oleaje sobre la coronación de las obras marítimas aumente entre un 75 y un 100 % con la consiguiente reducción de operatividad en algunos de los puertos. Análogamente, es probable que sea necesario aumentar el peso de las piezas que garantizan la estabilidad de los diques entre un 10 y un 25 por ciento.

El cambio climático es responsable de variaciones en el comportamiento de las borrascas, los vientos, el oleaje, las corrientes, la presión, la temperatura, el nivel del mar, etc. Estas variaciones, a su vez, producen un impacto sobre el litoral y sobre las actuaciones de la ingeniería de costas. Impactos que es necesario tener en cuenta en la gestión y ordenación del litoral, así como en los proyectos y construcciones desarrollados en el medio marítimo-terrestre.

En la siguiente tabla se muestra la relación entre áreas de ingeniería de puertos y su impacto por el cambio climático.

Marco Teórico

Desde la antigüedad, el hombre ha buscado la protección de las costas para llevar a cabo operaciones de carga, alijo de mercaderías o para reparar sus embarcaciones. Así, buscó escotaduras de la costa, marismas, fiordos, la parte de sotavento de las islas, etc., como un modo natural para arribar en forma segura a la costa.

Ante la carencia de lugares protegidos de algunas costas, pero donde le era conveniente llevar a cabo actividades de comercio, el hombre empezó a crear muros de piedra dentro del mar que le daban protección a una amplia área donde construyó muelles, bodegas y demás instalaciones que complementaron la operación del puerto. Sin embargo, para llevar a cabo estos intercambios y operaciones se requiere que la mar esté en calma (De la Gala, 2007)

En la República Mexicana, de acuerdo con las conclusiones del IPCC, se tiene una alta probabilidad de que haya un aumento en olas de calor, tormentas intensas, temperaturas mínimas más altas con menos días fríos. También, es probable que haya un aumento en la intensidad del viento máximo y la precipitación de los ciclones tropicales.

En la República Mexicana, de acuerdo con las conclusiones del IPCC, se tiene una alta probabilidad de que haya un aumento en olas de calor, tormentas intensas, temperaturas mínimas más altas con menos días fríos. También, es probable que haya un aumento en la intensidad del viento máximo y la precipitación de los ciclones tropicales.

El cambio climático, resultará en aumentos en la temperatura de superficie del mar. Se proyecta que en dos o tres décadas, la temperatura de superficie



del mar en el Caribe, Golfo de México y Pacífico Mexicano podría aumentar entre 1 y 2°C, lo que favorecería la formación de ciclones tropicales con mayor intensidad.

Aunque con el tiempo, los decesos que producen los huracanes en México han disminuido gracias a la instrumentación de sistemas de alerta temprana, la infraestructura de zonas costeras, particularmente de aquellas amenazadas cada año por ciclones tropicales, está en riesgo y los costos de los desastres van en aumento.

De acuerdo a Springall, para el diseño de las obras de ingeniería en el mar y en la costa, uno de los requerimientos indispensables, es conocer las características del oleaje. Las que corresponden al oleaje máximo que se selecciona para dimensionar la obra, se designan como oleaje de diseño.

Como existe una relación directa, entre los elementos constitutivos de una obra marítima y el oleaje de diseño, el conocimiento de éste último, ligado a su frecuencia de incidencia, permite realizar estudios económicos evaluando la magnitud de la obra con su probabilidad de falla¹.

Según Aldeco², en su estudio del oleaje máximo generado por el Huracán Oliva, en Sinaloa en 2009, considera al oleaje, entre los fenómenos naturales que más afectan las estructuras de ingeniería costera.

Este presenta condiciones variables en cuanto a su altura y período y es precisamente la altura (y en menor proporción el período) la que definirá el diseño de una estructura y por lo tanto sus elementos constitutivos. Conocidos estos, es posible hacer estimaciones económicas evaluando la obra contra su probabilidad de falla.

Las características correspondientes al oleaje máximo, que se seleccionan para dimensionar una obra, se designan en general como oleaje de

diseño. El oleaje de tormenta, permite conocer la ola máxima y una cierta ola de diseño, lo cual a su vez permitirá conocer las fuerzas que se ejercen sobre una obra o estructura marítima.

Otro factor importante en el diseño de estructuras costeras, es la sobre- elevación del nivel del agua (Sena), que se define como el aumento de nivel causado por una perturbación atmosférica (huracán) sobre una extensa zona costera sonera.

Las causas específicas de los cambios de nivel del agua son: el esfuerzo superficial del viento, diferencias de presión atmosférica, aceleración de coriolis y generación de ondas largas por perturbaciones atmosféricas.

En general, salvo casos particulares, las olas de diseño para la infraestructura costera son generadas por ciclones.

Al referirnos a la afectación del cambio climático en las estructuras costeras, los oleajes de diseño, son el primer indicador en el que se piensa, en los que se han utilizado en el pasado y los que habrán de utilizarse en el futuro, considerando estas variaciones que ha sufrido el nivel del mar.

De acuerdo a Meyer Corral en su artículo de la revista 14 de la AMIP, es conveniente emplear métodos estadísticos, como los del Dr. Rolando Springall³ para la estimación de las olas ciclónicas, y el diseño así, de la infraestructura costera.

Afirma Meyer que, los métodos estadísticos nos pueden dar una mejor información sobre las peores condiciones de oleaje que deben considerarse, para un ciclón de diseño, de acuerdo al tipo de estructura y localización de la misma.

Los 10 años más calientes registrados han ocurrido desde 1983, y los 7 años más calientes han ocurrido desde 1990. Si continuamos de esta manera, nuestra tasa presente de consumo de combustibles fósiles indica que el contenido de dióxido de carbono del aire se duplicará para el año 2100.

¹ Según Rolando Springall, se requiere conocer en el sitio de la obra la variación de las características del oleaje respecto a sus frecuencias de incidencia y que por falta de información directa el criterio usual para determinar la variación estadística del oleaje en cierto punto, se basa en las condiciones climatológicas más desfavorables que se han tenido en un lapso en la zona circunvecina al punto

² En la aplicación de un método de integración numérica en el estudio del oleaje máximo generado por el huracán Oliva en las proximidades de Mazatlán, Sin., México

³ Según Meyer para este fin se debe utilizar métodos estadísticos como los que Springall publica en su “Estudio y análisis estadístico y oleaje generado por huracanes en el Golfo de México” por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en 1995



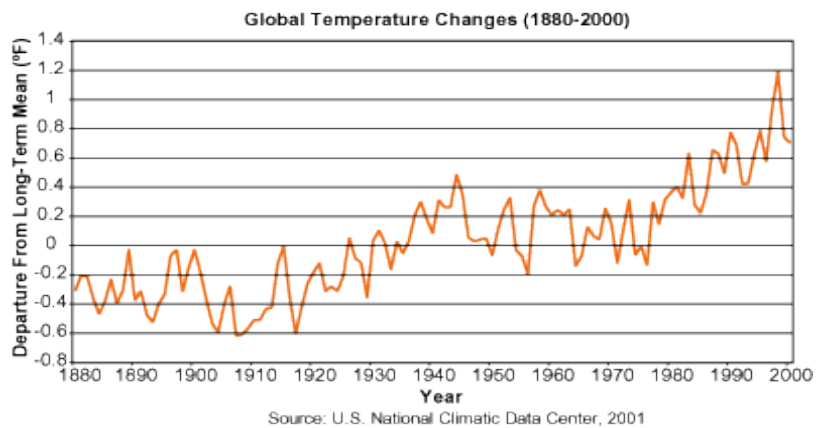
Además de aumentar el nivel de los océanos, las temperaturas más altas probablemente afectarán a

diferentes sectores, entre ellos el pesquero y toda la industria portuaria.

Tabla 1.

Área/Elemento o actividad	Vida	Impacto sufrido		Variables intervienen		Observaciones
	Años	Tipo	Daño	Tipo	Nivel	
Puertos/estructuras/mar Rompeolas	75	Rotura del manto Remonte Rebase Rotura del espaldón	alto medio medio-alto alto	VP1 NMM VP2 Oleaje VP3 Corrientes VP5 Viento VS4 Transporte sedimentos VS8 Hidráulica	medio alto bajo bajo medio alto	Afecta al proyecto en planta y alzado
Canales de navegación	25-75	Variación de la geometría y de las condiciones de navegación	medio-alto	VP1 NMM VP2 Oleaje VP3 Corrientes VP5 Viento VP9 Niebla VS4 Transporte de sedimentos	medio medio medio-alto medio-alto medio-alto medio-alto	
Dársenas	30-50	Aumento del nivel del mar y de la agitación Rebases	medio-alto	VP1 NMM VP2 Oleaje VS2 Rebase	medio-alto medio-alto medio-alto	Impacto variable para cada caso particular
Ayudas a la navegación	20	Pérdida de señal Seguridad	Medio alto	VS4 Transporte sedimentos VS8 Hidráulica VS9 Niebla	 bajo bajo medio-alto	
Puertos/estructuras/tierra Muelles	25	Comercial	Rotura paramento	VP2 Oleaje	alto	
Armamento		Erosión	VP1 NMM	bajo		
Pesca		Inundación				

Gráfica 1. Cambios Globales de la Temperatura (1880-2000)



Axis Y: Desviación de los Promedios a Largo Plazo (en °F); Axis X: Año

Desarrollo del tema

Estos crecimientos, se han dado en forma paulatina al cabo de muchos años y han generado

ampliaciones en los puertos, principalmente por la construcción de nuevos muelles para atender las crecientes necesidades de las nuevas flotas, que si



bien crecen en tamaño las dimensiones de eslora, manga y calado, son moderadas, lo que permitiría que las obras que se realizaban en el puerto pueden satisfacer oportunamente el arribo de barcos mayores en el futuro.

Por tanto, los calados requeridos se mantuvieron por muchos años, a nivel internacional, para canales y dársenas en 10 metros. Lo cual no es posible sostener en la actualidad, debido a los transportes de litoral que provocan las corrientes o el mismo oleaje en los eventos extremos.

Figura 1. Puerto de Veracruz



Fuente:

http://www.ciccp.es/webantigua/Icitema/Comunicaciones/Tomo_1/T1p369.pdf Indiatimes.com; 10/07/08)

En el caso del vecino estado de Veracruz será una de las zonas más afectados por el cambio climático global. Investigadores del Instituto de Geografía, el Panel intergubernamental para el cambio climático y el Centro de Ciencias para la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) coinciden en las predicciones alarmantes para la costa de Veracruz.

Con ciertas diferencias en el tiempo que esto puede suceder, los resultados de las investigaciones predicen para el Golfo de México la pérdida de 600 kilómetros de playas y la desaparición de buena parte de la infraestructura turística (incluida la Costa Esmeralda y Veracruz-Boca del Río), miles de kilómetros de caminos y alrededor de 20 puertos marítimos (incluyendo Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos).

El cambio en el nivel del mar ocasionará la inundación de hasta los 100 kilómetros hacia tierra adentro, la infiltración del agua salina hacia los mantos freáticos, la destrucción de las centrales eléctricas costeras Tuxpan y Laguna Verde y la

desaparición de las lagunas de Alvarado y Tamiahua, las cuales pasarán a formar parte del mar.

El costo social será inmenso. El aumento del nivel del mar afectaría no sólo a Veracruz, sino también a los estados de Tamaulipas y Tabasco, y generaría hasta nueve millones de refugiados ecológicos.

Sin duda alguna, el aumento en el nivel del mar afectará a la infraestructura asentada cerca del mar. En las costas del Golfo de México, la construcción de infraestructura costera, se traducen en una elevada vulnerabilidad ante los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos, sobre todo la infraestructura turística, vías de comunicación y fraccionamientos.

El crecimiento económico, está íntimamente ligado al aumento en los núcleos de población, la globalización ha contribuido a que el tráfico de productos se incremente, requiriéndose mayor número de barcos y por razones de economía del transporte y las distancias mayores que navegar, se promovieron embarcaciones de mayor porte.

En la siguiente imagen, podemos observar las zonas más vulnerables al riesgo de inundación en el litoral del Golfo de México, esto en referencia a la amenaza del aumento del nivel del mar que se ha venido dando paulatinamente por décadas.

Figura 2. Amenaza de aumento del nivel del mar.



Fuente: Department of Geosciences Environmental Studies Laboratory, University of Arizona

En “El Manual de Dimensionamiento Portuario” editado por la Dirección General de Puertos, se definen las condicionantes físicas o factores físicos que influyen en la operación de un puerto, es decir, estas son las condiciones meteorológicas y oceanográficas que imperan en las costas e imponen restricciones a la navegación y operación dentro del puerto.



En el caso específico de las áreas de agua, intervienen desde la definición de la orientación de la bocana, así como el dimensionamiento horizontal y vertical de canales y dársenas.

En la bocana, intervienen en su orientación principalmente el oleaje y el transporte litoral, provocado por las corrientes y el oleaje mismo.

En los canales y dársenas, las fuerzas inducidas por el viento y corrientes sobre las embarcaciones, generan la necesidad de incrementar los anchos y longitudes de las áreas; similarmente los movimientos de las embarcaciones provocados por el oleaje obligan a aumentar la profundidad en las áreas por donde transitan.

Al respecto, un criterio general para conocer las condiciones que pueden afectar la operación portuaria, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Condiciones de navegación en un puerto

CONDICIONES	VIENTOS U ₁₀ (Kph)	ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE "Hs" (m)		VELOCIDAD DE LA CORRIENTE "Vc" (m/seg)
		EXTERIOR	INTERIOR	
a) Leves	0 - 36	0 - 1	Calma	0 - 0.3
b) Moderadas	36 - 63	1 - 3	0 - 1.20	0.3 - 0.6
c) Severas	63 - 108	> 3 m	1.20 - 1.80	0.6 - 1.0

En la operación del puerto intervienen de manera decisiva los temporales, ya que su presencia obliga al cierre del puerto, por lo tanto, a la suspensión de la navegación en las distintas áreas.

De los datos anteriores, pueden establecerse los valores límite general, cuyo rebase implica el cierre de un puerto:

Esta velocidad se refiere a la U₁₀ medida a 10 m sobre la superficie del mar y corresponde a la transición de tormenta severa a huracán, situación en la que no deben permanecer barcos atracados en los muelles.

Altura de ola significativa:
Hs = 3.0 m (fuera del puerto)
Hs = 1.8 m (dentro del puerto)

Velocidad de corriente:
Vc = 1.0 m/seg

En cuanto a valores de oleaje que permiten la operación normal y continua en el puerto, de barcos de carga general, graneleros o tanques, se tiene:

CAPACIDAD	Hs
< 2,000 T.P.M.	0.50 m
2,000 a 8,000 T.P.M	0.70 m
> 8,000 T.P.M	1.00 m

En la dársena de ciaboga se aceptan oleajes de hasta 1.50 m de altura.

Otras recomendaciones para los valores límite de las condiciones físicas en el caso de maniobras de atraque de embarcaciones y las operaciones de carga - descarga de éstas, se plantean:

Umáx	Hs	T
45 a 60 Kph	1.50	a ≤ 10 seg
	2.00 m	> 10 seg
	1.00	a
	1.50 m	

Estos parámetros se aplican para puertos comerciales e industriales; en el caso de puertos pesqueros y turísticos, la altura máxima aceptable en el interior es de 0.30 m, que implica cerrar el puerto con velocidades de viento de 45 Kph.

La información obtenida del Manual de Dimensionamiento Portuario editado por la Dirección de Obras Marítimas de la SCT, es la base primordial para el diseño y planificación de las estructuras portuaria, sin embargo, es necesario se revise y adapte sus condiciones de diseño, con el fin de considerar el aumento que ha sufrido el nivel del mar y el que se espera con el paso del tiempo.

Velocidad de viento: U = 108
Kph

La búsqueda de soluciones a los factores que ocasionan el cambio climático no es algo que pueda dejarse para después. Es una cuestión de seguridad nacional para México.

Conclusiones

De acuerdo a la Dirección General de Puertos y Marina Mercante, la infraestructura portuaria



(instalaciones portuarias), es suficiente, desde el punto de vista, de disponibilidad y diseño. Para las nuevas infraestructuras, se están considerando, los índices de elevación del mar, como medida preventiva. Sin embargo, no es así, con la infraestructura marítimo costera, el problema que presentan las costas del Golfo de México debido, principalmente a la erosión, es considerado lo que ocasiona verdaderos desastres en los litorales y a su vez, desestabiliza la zona de playa y por consecuencia directa, afecta la infraestructura, costera, marítima, portuaria.

Otros factores que influyen de manera indirecta, con la sedimentación y erosión costera, son:

- Descargas residuales
- Generación y disposición final de residuos sólidos municipales
- Asentamientos irregulares en zonas de lagunas y humedales
- Deforestación
- Sin reservas territoriales
- Expansión urbana
- Desarrollo petroquímicos
- Desarrollo turístico
- Cambios de uso de suelo

Como posibles soluciones para la adaptación al cambio climático y como medida de mitigación de los daños que causan a las costas y a las infraestructuras ya instaladas, se consideran las siguientes medidas, entre muchas otras, que dependerán de la zona de estudio:

- Obras para control de erosión, como: espigones, tómbolos, estabilización de dunas y de línea de costas, etc.
- Estudios de análisis de vulnerabilidad y riesgo en la zona
- Reordenamiento territorial
- Manejo y protección a humedales y lagunas
- Uso de energías alternativas

Fuentes de Consulta

1. Programa Nacional de Acción Climática, Documento para Consulta Pública, México, marzo, 1999
2. Anderson, S. H.; Beiswenger, R. E. & P. Walton Purdom. 1987. Environmental Science. Merrill Publishing Co., USA. Tercera Edición. Pág. 505.

3. Arntz, Wolf E., (et al.), (1996), El Niño, experimento climático de la naturaleza, 1ª ed., México, Ed. FCE, 309 pp.
4. Bassols Batalla, Ángel, (1984), Recursos naturales de México, Teoría, conocimiento y uso, 17ª. ed., México, Ed. Nuestro Tiempo, 361 pp.
5. Becker, Dan. 1997. Global Warming Central: Debate number three.
6. Climate Prediction Center (CPC), National Centers for Environmental Prediction (NCEP), National Weather Service (NWS), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). U.S. Department Of Commerce (DOC), Internet, <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>
7. Colorado Center for Astrodynamics Research. Global Near Real-Time Sea Surface Height Data Viewer, en Internet, http://www-ccar.colorado.edu/~realtime/global-real-time_ssh/
8. Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, en Internet, <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2003/atlantico/>.
9. Canadian Environmental Agency. 1997. Environmental Issues.
10. "Ciclones tropicales que entraron a la península de Yucatán de 1970 a1995", Revista Geográfica,(1998-1999) Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, núm. 124, enero-diciembre, pp. 153-171.
11. Dunn, Seth. 1997. Controlling the Climate experiment. Earthtimes.
12. Durand-Dastès, François, (1972), *Climatología*. España, Ed. Ariel, 334 pp. (Colec. ELCANO, La Geografía y sus Problemas).
13. Doumenge, François, (1982), Geografía de los mares, 1a. reimp., España, Ed. Ariel, Colec. El Cano, La geografía y sus problemas, serie 1, núm. 8, 329 pp.
14. Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center, en internet, <http://152.80.49.210/PUBLIC>
15. García Fuentes de, Ana, (1979), Cancún: turismo y subdesarrollo regional, México, 1ª ed., Instituto de Geografía, UNAM, 129 pp.
16. Gómez Ramírez, Mario, (1998), "Distribución de la temperatura superficial del agua de mar durante 'El Niño' de marzo de 1997 a abril de 1998 en los litorales de México", *Memoria*, Oaxaca, XV Congreso Nacional de



- Hidráulica, Asociación Mexicana de Hidráulica, Instituto de Tecnología del Agua, Avances de Hidráulica 3, pp. 215-224.
17. GCCIP. 1997. Global Climate Change Information Programme.
 18. Glick, P. 1997. Global Warming: The high costs of inaction. Sierra Club Understanding green markets project.
 19. "Distribución de niveles de marea, salinidad y temperatura superficial del agua de mar, de acuerdo con las estaciones mareográficas de México", tesis de doctorado, (1999) México, Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado de Geografía, UNAM, 798 pp.
 20. "Trayectorias de ciclones tropicales en el Océano Pacífico de 1949 a 1995", Memorias del IX Congreso Nacional de Meteorología (Variabilidad Climática en México), (1999) Cd. de Guadalajara.
 21. "Climatología marina del ciclón tropical "Juliette" a su paso por el Pacífico mexicano en el 2001", Memorias del XIII Congreso Nacional de Meteorología, (2004) Los Cabos, B.C.S.
 22. "Localización por municipio que tuvieron los ciclones tropicales al entrar en Baja California Sur de 1949 al 2002", Memorias del XIII Congreso Nacional de Meteorología, (2004) Los Cabos, B.C.S.
 23. Gómez Ramírez, Mario y Álvarez Román, Karina E., (1999), "Factores de riesgo para el agua subterránea en la isla de Cozumel, Quintana Roo", *Mundos Subterráneos*, Unión Mexicana de Agrupaciones Espeleológicas, A.C., México, núm. 10, septiembre, pp. 39-46.
 24. Gómez Ramírez, Mario, (et. al), (2002), "Seguimiento de *nortes* en el litoral del Golfo de México en la temporada 1999-2000", *Revista Geográfica*, núm. 131, México, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, pp. 5-19.
 25. González de la Vara, Fernán, (2000), "Caribe y la costa norte de Quintana Roo", *Las 100 maravillas de México*, Ed. Clio, 1a. ed., México, pp.151-160.
 26. Haynes, Robin M, (1981), *Geographical images and mental maps*, Ed. Macmillan Education, Hong Kong, Aspects of Geography, 38 pp.
 27. Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., 1992. Climate Change 1992: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. pp. 200.
 28. Instituto de Geografía, Atlas Nacional de México, UNAM, 1990.
 29. Instituto de Geofísica, Tablas de Pronóstico de mareas de los Puertos del Golfo de México y Océano Pacífico, UNAM.
 30. Institute of Global Environment and Society. Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies, en internet, <http://grads.iges.org.pix/trop4.00hr.gif>
 31. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, en Internet, <http://www.inegi.gob.mx>
 32. Kaufmann, W. J. 1968. Universe. W. H. Freeman & Company, USA. Segunda Edición. Pág. 634.
 33. Leff, Enrique (coord.), (1990), Medio ambiente y desarrollo en México, 1ª. ed., México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, Miguel Ángel Porrúa, vol. II, 375-767 pp.
 34. Licona Segura, Octavio. (1998) "México y sus litorales", Muy Interesante, núm. 20, México, mares y océanos del mundo, pp. 24-29.
 35. "Los ciclones tropicales un riesgo para la población asentada en los litorales de México"(1998), AAPAUNAM, México, Actividades de la Sección de Demografía de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, marzo, 9 pp.
 36. Lashof, Dan. 1997. Global Warming Central: Debate number three.
 37. Lugo Hubp, José, (1989), Diccionario geomorfológico, 1ª. ed., México, Ed. UNAM, Instituto de Geografía, 337 pp.
 38. Maderey, Laura Elena, (1982), *Geografía de la atmósfera*, México, 1a. ed., Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM, 86 pp.
 39. McIlveen, J. R. 1986. Basic Meteorology. Van Nostrand Reinhold, UK. Pág. 457.
 40. Miller, G. T. 1991. Environmental Science, Sustaining the Earth. Wadsworth Publishing Company, USA. Tercera Edición. Pág. 465.
 41. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service, Tropical Prediction Center, National Hurricane Center. NH/TPC Archive of Past Hurricane Seasons, en Internet <http://www.nhc.noaa.gov/pastall.shtml>.
 42. NOAA-CIRES, Climate Diagnostics Center, en internet, <http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/Composites/printpage.pl>.



43. NOAA, Environmental Modeling Center, Climate Modeling Branch, en internet,
44. <http://www.emc.ncep.noaa.gov/research/cmb/>
45. Nonn, Henri, (1987), Geografía de los litorales, España, Ed. Akal, 199 pp.
46. Organización Meteorológica Mundial, "El sistema climático mundial en 2001", *Boletín*, vol. 51, núm. 3, julio, Suiza, pp. 300-305.
47. Pace Energy Project. 1997. Global Warming Central. Pace University School of Law.
48. Reyes Vayssade, Martín, (et al.), (1992), Cartografía histórica de las islas mexicanas, México, Ed. Tlacuilo, Secretaría de Gobernación, 309 pp.
49. Rzedowski, J. (1983), Vegetación de México, 2ª. ed., México, Ed. Limusa, 431 pp.
50. Sargent, N.E., 1988. Redistribution of the Canadian boreal forest under a warmed climate, *Climatological Bulletin*, Vol 22(3), pp. 23-34.
51. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. (s/f) Crónica de la temporada de ciclones tropicales del año 2000 en México, México, 104 pp.
52. Servicio Meteorológico Nacional, "Datos climatológicos de los observatorios meteorológicos de México.
53. Street, R. B. (et al.), s/f, Ecosistemas terrestres naturales, Informe Cambio climático, Evaluación de los impactos del IPCC, España, Ed. Gráficas Jomagar.
54. Unisys Weather Hurricane, en internet, <http://weather.unisys.com/hurricane/index.html>
55. WCED. 1990. Our Common Future. Oxford University Press, USA. Pág. 400.
56. WMO, 1986. A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts. WMO N° 661. In: Our Common Future WCED, 1990. Pág. 400.
57. Sitios WEB
58. http://www.ciccp.es/webantigua/lcitema/Comunicaciones/Tomo_I/T1p369.pdf
59. http://www.seed.slb.com/es/scictr/watch/climate_change/impact.htm
60. <http://gov.ca.gov/pdf/press/XXV%20Border%20Governors%20Conference%20Joint%20Declaration.pdf>
61. <http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/region-s.pdf>
62. http://cambio_climatico.ine.gob.mx/
63. http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/sector/vulne-turismo.html
64. <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/artemio.html>
65. <http://www.globalports.eu/pag/noticia.php?id=150&aux=data>
66. http://www.ciccp.es/webantigua/lcitema/Comunicaciones/Tomo_I/T1p369.pdf Indiatimes.com; 10/07/08



Riesgos climáticos y vulnerabilidad social en las cuencas costeras de Chiapas, México. El caso de la Cuenca del río Huehuetán

Laura Elena Ruiz Meza

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
laura.ruiz@unicach.mx

Resumen

Se identifican las condiciones de vulnerabilidad de la población de la cuenca del río Huehuetán ante los fenómenos climáticos extremos y se analiza su capacidad adaptativa. El territorio de la cuenca presenta una alta exposición a amenazas hidrometeorológicas extremas, y su población experimenta altos grados de vulnerabilidad y riesgo.

El estudio permite afirmar que las estrategias de vida de las familias campesinas son poco flexibles y estables debido a la privación de recursos, a la estrecha diversidad de cultivos —mismos que están sujetos a riesgos climáticos y de mercado— y a la fragilidad de sus fuentes de ingreso. Estas condiciones socavan la capacidad de adaptación local para aminorar los daños y enfrentar los riesgos frente a los eventos climáticos extremos.

Palabras clave: vulnerabilidad social, cambio climático, estrategias de vida, capacidad de adaptación.

Introducción

A las profundas desigualdades sociales presentes en México se suman las manifestaciones del cambio climático que están impactando la totalidad del territorio nacional. Durante los últimos años se ha registrado un incremento en la frecuencia de huracanes en las costas del Pacífico, el Golfo y el Caribe, con inundaciones y deslaves en varias entidades del centro y sur del país y avances en la desertificación de tierras de cultivo en el norte.

La Secretaría de Gobernación reconoce que mientras el número de eventos extremos de origen geofísico, como los sismos, ha permanecido constante, la ocurrencia de desastres por eventos hidrometeorológicos se ha duplicado en las últimas décadas (Landa, et al, 2008). La temporada de huracanes del año 2005 fue la más activa jamás registrada desde 1950 (INE-Semarnat, 2006). Diversos estudios han señalado que la variabilidad climática en escalas estacionales e interanuales

están estrechamente relacionadas con los ciclos de fenómeno denominado El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) (Magaña, 2004).

Algunos estudios afirman que los impactos de los eventos hidrometeorológicos han elevado los niveles de pobreza de la población, disminuido las oportunidades de empleo e ingreso, amenazado la seguridad alimentaria e incrementado la migración. Así, el cambio climático se ha convertido en un asunto de seguridad nacional e incluso de justicia social (Fetzek, 2009).

Particularmente en Chiapas, en los últimos años se han observado y documentado perturbaciones significativas en el régimen hidrológico, en el aumento de los periodos de sequía y en la incidencia de incendios forestales.

Las áreas donde llueve menos de 1,200 mm (promedio anual) se van incrementando, mientras que aquellas con precipitaciones mayores de 2,400 mm muestran una tendencia a disminuir; es decir, en mayores áreas la precipitación disminuye y en menores superficies las lluvias son intensas y se concentran en cortos periodos (Hernández, 1998).

De acuerdo con un estudio sobre economía del cambio climático en México, Chiapas es el segundo estado con menor capacidad de sobreponerse a los impactos del cambio climático (Ibarrarán y Rodríguez, 2007). Se estima que al menos el 75% de su territorio se verá afectado por sequías e inundaciones, lo que implica la afectación de la producción de granos básicos (Aguilar, 2006).

Particularmente, la franja costera y zona montañosa —en las regiones Soconusco y Sierra Madre al sur de la entidad— son las más afectadas por acelerados procesos de erosión hídrica debido a la presencia de precipitaciones de hasta 5,500 mm en la parte media y alta de las cuencas, a la topografía accidentada y a los cambios en el uso del suelo.



Las lluvias torrenciales y ciclones de los años 1998, 2005, 2007 y 2010 provocaron severos daños en las poblaciones más empobrecidas, afectando viviendas, servicios públicos, actividades económicas e infraestructura de comunicaciones.

Los impactos se expresaron en pérdida de vidas humanas y cuantiosos daños económicos, agravando aún más las ya precarias condiciones de vida de las poblaciones chiapanecas, ubicadas en los índices más bajos de desarrollo humano.

Estudiosos del clima en Chiapas afirman que, en un contexto de cambio climático, la mayor parte de la variabilidad climática en la fracción costera de la entidad se asocia a la presencia de eventos de lluvia extremos en 24 horas y a eventos hidrometeorológicos más frecuentes e intensos (Magaña y Méndez, 2002 y 2010; Martínez, 2007).

Frente a esta problemática, y dadas las agudas condiciones de pobreza de la población en Chiapas, resulta relevante indagar acerca de las condiciones de vulnerabilidad social en las cuencas costeras, ya que es una condición primordial en el análisis de riesgos ante el cambio climático.

De manera particular, interesa conocer los impactos de los fenómenos climáticos extremos en los medios de vida de la población rural, pero sobre todo analizar las respuestas que han ensayado los hogares campesinos para enfrentar dichos impactos.

La cuenca de estudio seleccionada fue la del río Huehuetán, ubicada en la región del Soconusco, de importancia económica por el predominio del cultivo del café.

En esta cuenca, desde hace seis años se impulsa un programa de transferencia de tecnología para la conservación de suelos y agua bajo la coordinación de la instancia gubernamental llamada Comisión Nacional del Agua (Conagua), con el propósito de reducir la vulnerabilidad ambiental de la cuenca. (Figura 1).

Marco conceptual y metodológico

La Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas define el cambio climático como —un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (IPCC, 2001:79).

La evidencia científica ha confirmado la relación entre las actividades humanas, tales como el consumo de energía fósil o el cambio de uso de suelo, con las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero que incrementan la temperatura superficial del planeta.

Figura 1 Ubicación de la Cuenca del Río Huehuetán



Las modificaciones en la temperatura tienen implicaciones directas en otros parámetros climáticos, lo que se traduce en cambios en los patrones de precipitación pluvial, en la intensidad y la frecuencia de eventos climáticos extremos y aumento del nivel medio del mar. De ahí que se hable de variabilidad climática para hacer referencia a las variaciones significativas en el estado medio del clima —como las desviaciones típicas y la ocurrencia de fenómenos extremos— en todas las escalas temporales y espaciales.

Dados los impactos sociales que estos cambios representan, la sociedad se enfrenta al reto de adaptarse a las condiciones cambiantes del clima, y a la vez instrumentar estrategias de mitigación (IPCC, 2001).

Mientras que las bases científicas del cambio climático parecen haberse establecido, sus consecuencias sobre las poblaciones humanas apenas empiezan a documentarse. De manera paralela a las variaciones climáticas, se experimentan procesos sociales de construcción del riesgo, asociados con la urbanización acelerada y sin planeación, la desigualdad en la ocupación del territorio, la degradación ambiental, el inadecuado manejo de las cuencas hidrográficas y la alta vulnerabilidad de numerosas poblaciones debido a incrementos significativos en los niveles de pobreza y exclusión social.



La aguda vulnerabilidad social de la población y la presencia cada vez más frecuente de fenómenos climáticos atípicos atribuibles al cambio y variabilidad climática, está provocando severos daños en amplias regiones del país, incluso, incluso si estos fenómenos no son extremos (Mansilla, 2010).

La vulnerabilidad es un concepto fundamental en el análisis de las capacidades sociales para responder ante el cambio climático. Se define como la predisposición o susceptibilidad física, económica, política y social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste (Cardona, 2001). Según el IPCC (2001:91) —la vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

La capacidad adaptativa ha sido considerada un componente de la vulnerabilidad, y se entiende como la habilidad de un sistema para ajustarse a la variabilidad climática y a los cambios extremos, para aminorar los daños, aprovechar las oportunidades o enfrentar las consecuencias (IPCC, 2007).

La capacidad adaptativa depende de las estrategias de vida utilizadas por el grupo doméstico para enfrentar las amenazas climáticas. Según Wehbe, et al (2005), la capacidad de adaptación está determinada por la interacción de los procesos sociales, económicos, institucionales y ambientales que se combinan para influir en las decisiones de los agricultores en el momento que están expuestos al riesgo y al cambio climático.

Para estos autores, a fin de establecer la capacidad de las estrategias de vida de los agricultores para responder a los riesgos y minimizar las consecuencias negativas, conviene considerar tres atributos, mismos que se consideran en este estudio: a) el acceso a los recursos que son críticos para la preparación y la recuperación de los fenómenos climáticos, b) la flexibilidad, que refleja la capacidad de un sistema para mantener su funcionamiento después de haber sido afectado por un factor estresante, y depende en parte de acceso a los recursos y la diversidad del sistema y, c) la estabilidad, que incluye la frecuencia de los impactos climáticos y no climáticos y el grado de incertidumbre que afectan la toma de decisiones del sistema. El acceso a recursos y la flexibilidad

contribuyen a la estabilidad, una propiedad que se refiere a la capacidad del sistema para sostenerse.

Métodos

Se eligió una metodología de corte cualitativo mediante el uso del marco de análisis de los medios de vida sustentables (*Livelihoods Analysis*) ya que toma en cuenta los factores sociales, culturales, políticos, económicos y ambientales involucrados en las estrategias de vida desde una perspectiva integral, y permite comprender de qué manera las personas acceden y controlan diversas combinaciones de recursos y actividades para lograr los resultados que desean en sus vidas.

El análisis también ayuda a determinar cómo influyen los factores externos, tales como las instituciones sociales, las políticas, las tendencias económicas y el entorno físico (DFID, 2000). Desde este enfoque se diseñaron diversos instrumentos de recolección de información y se realizaron diez talleres de investigación participativa y 50 entrevistas con mujeres y hombres agricultores de dos microcuencas: Toquian Chiquito, con 820 habitantes, ubicada en la parte media de la cuenca (650 msnm), y El Naranjo, con 2, 399 habitantes, localizada en la parte alta de la cuenca (1,800 msnm).

Asimismo, se entrevistó a personal técnico de un programa de manejo de cuencas con seis años de intervención en la zona y a diversos actores clave. La observación participativa mediante nuestras prolongadas estancias en las comunidades a lo largo de un año facilitó la obtención de valiosa información.

Vulnerabilidad y riesgo en la cuenca

En la cuenca del río Huehuetán las precipitaciones se acercan a los 5,000 mm en las partes altas, lo que aunado al alto predominio de arenas en los suelos y la fisiografía escarpada, genera severos grados de erosión; más del 50% de su territorio presenta tasas de erosión extremas y severas (Conagua-UACH, 2006). La cuenca se coloca entre las zonas de mayor erosión hídrica del país (Conagua-IMTA, 2007). La problemática de deterioro ambiental de la cuenca se caracteriza por la disminución de las superficies forestales, la pérdida de biodiversidad, la degradación y erosión de suelos en cárcavas y en laderas, la pérdida de nutrientes en la capa superficial del suelo, derrumbes generados por la inadecuada construcción de caminos y la contaminación de los



ríos por agroquímicos y desechos orgánicos, entre otros.

El conjunto de estos factores, junto a la exposición a amenazas climáticas, genera fragilidad de los agroecosistemas, crecimiento de cauces, inundaciones, arrastre de sedimentos, inestabilidad de laderas y deslizamientos.

Los datos de precipitación en la cuenca revisados desde 1915 a 2010 revelan que en la parte media y alta de la cuenca del río Huehuetán las lluvias han sido históricamente muy altas, por encima de los 4000 mm en promedio y se registra una tendencia creciente en los niveles de precipitación.

En los últimos 15 años, los eventos de lluvia extremos en 24 horas se presentan con mayor frecuencia e intensidad, por lo que el régimen de lluvia en la cuenca se asocia ya a eventos extremos relacionados con los fenómenos El Niño y La Niña. Así, la cuenca del río Huehuetán experimenta una significativa variabilidad en la precipitación asociada al cambio climático (Ruiz y Arellano, 2010). Como lo anotan Magaña y Méndez (2002), en el Soconusco, como en la cuenca del río Huehuetán, bajo un escenario de cambio climático, los cambios más notables se tendrán en la variabilidad misma del clima, más que en sus valores medios; la mayor parte de los cambios en el clima se asocian a eventos extremos.

En el futuro pudiera haber una menor cantidad de precipitación anual, pero el creciente número de eventos extremos de lluvia hará una mayor contribución al total de precipitación. Los huracanes y sequías se presentarán cada vez con mayor frecuencia. La intensidad de los huracanes se incrementará con el aumento de la temperatura global. De la misma forma, Martínez (2007) sostiene que la franja costera de Chiapas es altamente vulnerable al impacto de los huracanes y tormentas tropicales como efecto del cambio climático.

Según el Plan de Contingencia para la temporada de lluvias y ciclones tropicales del Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres (Gobierno del Estado de Chiapas, 2010), en el municipio Huehuetán el grado de amenaza a lluvias, tormentas eléctricas, inundaciones y deslaves es —altoll, determinado con base en los registros históricos de daños. Asimismo, se afirma que el grado de vulnerabilidad de Huehuetán es —muy altoll, estimado con base en Índice de Desarrollo Económico (vulnerabilidad

económica), el Índice de Marginación de la Secretaría de Desarrollo Social (vulnerabilidad social) y el Índice de Corrupción y Buen Gobierno de Transparencia Mexicana (vulnerabilidad política). El índice de riesgo para el municipio de Huehuetán es de 0.583, considerado —altoll.

Las estrategias de vida de los hogares campesinos

El estudio mostró que los recursos de los medios de vida de la población son precarios; los más afectados por las amenazas climáticas son los naturales y físicos, con impactos negativos en los recursos financieros. La cantidad de tierra por grupo doméstico es insuficiente para garantizar la seguridad alimentaria y autosostenerse.

El deterioro de la infraestructura de servicios de comunicaciones y la ausencia de servicios de salud agrava la vulnerabilidad social. Los recursos humanos y sociales son clave para enfrentar los daños y responder a las amenazas futuras, pero se trata de recursos escasos. Las familias campesinas despliegan variadas estrategias de vida para obtener su sustento. La actividad agrícola es una de ellas, pero no aporta un ingreso relevante. Esta actividad se complementa con la migración temporal y definitiva de varios integrantes de las familias y con el empleo en actividades no agrícolas; además, se depende de manera significativa de las transferencias gubernamentales inscritas en los programas de —combate a la pobreza.

En las comunidades de la microcuenca Toquian Chiquito no se destinan parcelas para el cultivo de granos básicos, todos los alimentos se adquieren, y aunque en la microcuenca Flor El Naranjo se cultiva maíz y frijol, las superficies sembradas se reducen a menos de media hectárea y las cosechas obtenidas son menores a los 400 kgs/ha.

La producción mercantil se basa en el café. Así, la economía familiar se rige por el mercado. La enorme dependencia del mercado para obtener los alimentos básicos y efectuar la venta del café da lugar a que el deterioro y derrumbes en los caminos, derivado de las lluvias severas, sea considerado por los pobladores uno de los más grandes problemas a resolver.

Diversificación de variedades de café

Una de las estrategias ensayadas por los campesinos es la diversificación de especies de café: se siembra café arábica (*Coffea arabica*) y café robusta (*Coffea canephora*) casi en



proporciones iguales. El café robusta fue introducido en la década de 1980 en las comunidades para abastecer el mercado de café soluble, pero en la última década se ha incrementado su cultivo a partir de los impactos de las amenazas naturales, pues es menos sensible a las enfermedades y a las lluvias intensas.

En los recorridos por la parcelas y en el taller de mapeo de amenazas naturales realizado en la microcuenca Toquian Chiquito se identificó el interés de los campesinos por incrementar la superficie de café robusta. En la microcuenca El Naranjo no se cultiva café robusta por la altitud de la comunidad, poco propicia para su cultivo.

El incremento en el cultivo de café robusta se debe a varias razones, que dan cuenta de las estrategias de adaptación campesina a los riesgos climáticos y de mercado.

El café robusta es más tolerante a la humedad, y debido a que empieza a madurar al final de la temporada lluviosa, se ve menos afectado que el arábica por las intensas lluvias.

Con respecto al manejo, el café robusta requiere menos sombra y es una opción tecnológica para el control de la roya. Igualmente, demanda menor inversión de trabajo que el café arábica, tanto en la parcela como en el manejo poscosecha, pues no requiere despulpado, se vende seco con cáscara. Esta menor inversión de trabajo permite a la familia campesina dedicarse a otras actividades generadoras de ingreso.

El café arábica, por ser de mayor calidad, vale dos y hasta tres veces más que el café robusta, aunque este último tiene el doble de rendimiento que aquel, lo que se traduce en ingresos semejantes a los obtenidos por el café arábica. La venta de ambos tipos de café proporciona ingresos constantes a la familia campesina durante seis meses.

La diversificación de frutales en las huertas de café es otra estrategia de respuesta. La mayoría ha cultivado el plátano, producto que se cosecha en pocos meses y de alta demanda en los mercados locales y regionales. Aún son pocos los que han introducido rambután, limón, naranja y aguacate, especies comerciales que pueden compensar la reducción de ingresos por las pérdidas de café.

Algunos campesinos empiezan a experimentar con nuevas variedades de maíz y frijol, aunque sin

mucho éxito por tratarse de variedades no aptas a las condiciones climáticas de la cuenca alta.

Este esfuerzo por diversificar los sistemas agrícolas y garantizar estabilidad en los ingresos parece complementarse con la venta del café a través de intermediarios, quienes se trasladan a las localidades para adquirir el producto, pues la mayoría de los campesinos carecen de transporte propio.

Pese a que los precios de venta son bajos, los campesinos obtienen de los intermediarios anticipos a manera de préstamos, efectivo utilizado para atender necesidades de subsistencia y los costos de la cosecha del café.

Migración

Ante la baja productividad y rentabilidad de las actividades agrícolas, otra estrategia para obtener estabilidad es la venta de fuerza de trabajo y la migración. La crisis de los precios del café desde principios de la década de 1990 fomentó la migración campesina hacia las ciudades.

Diversos estudios coinciden en señalar que, en los últimos 10 años, la devastación provocada por los fenómenos climáticos han incrementado los flujos migratorios hacia los Estados Unidos (Villafuerte, 2008; Alscher, 2009). La migración puede ser definitiva o temporal.

La creciente importancia económica de las remesas derivada de la migración no ha representando mayores oportunidades de inversión a nivel local, ni ha significado una reactivación de las economías campesinas; en el mejor de los casos contribuyen a mitigar la pobreza, logrando contener el hambre y el descontento social.

Además de ello, originan efectos no deseados, como la desigualdad al interior de las comunidades y un significativo incremento de los hogares rurales encabezados por mujeres, quienes asumen la responsabilidad de garantizar la producción social de sus familias.

Aunque los campesinos se resistieron al programa de titulación de tierras impulsado hace algunos años, ahora aprecian sus ventajas, pues poseer el título de su parcela permite considerar la posibilidad de vender su tierra en caso de emergencias.

Igualmente, la tierra está siendo hipotecada para obtener préstamos que permitan financiar el viaje de



los migrantes hacia los Estados Unidos. Así, la vulnerabilidad de las economías campesinas se expresa en la posibilidad de perder el patrimonio familiar como un medio para permitir la subsistencia, por paradójico que parezca, en un contexto donde la lógica mercantil ha penetrado en todas las relaciones sociales.

Diversidad de fuentes de ingreso

El ejercicio realizado en el taller colectivo para estimar la disponibilidad de recursos financieros permitió identificar la diversidad de ingresos. En el caso de la microcuenca Toquián Chiquito, los ingresos anuales de una familia promedio para el año 2009 fueron de 121,248 pesos (9,298 USD).

Por la venta del café, único producto comercial, se obtuvo el 32.4% del total. Los programas públicos y apoyos compensatorios representaron la mayor proporción: el 36.7% de los ingresos familiares. Entre estos programas destaca —OportunidadesII, —AmanecerII y —70 y másII que juntos suman el 31% de los ingresos¹.

La compensación del precio del café representó sólo el 2% del total de ingresos. Cabe enfatizar que el proyecto de conservación de suelos significó solamente el 3.7% y el pago por servicios ambientales el 0.5% del total.

Por la venta de mano de obra se obtuvo el 15% de los ingresos, por las remesas derivadas de la migración el 8.4%, y del pequeño comercio el 7.5%. Estos datos revelan que las familias subsisten mayoritariamente de ingresos no agrícolas: las transferencias proporcionadas por los programas públicos, el trabajo asalariado y las remesas aportan el 67.6% de sus ingresos.

En la microcuenca El Naranjo, los ingresos anuales se estimaron en 99,900 pesos (7,661 USD) en el año 2009. El 22.52% de los ingresos de una familia promedio se obtuvieron del cultivo del café, único producto agrícola destinado a la venta.

El conjunto de subsidios o apoyos compensatorios derivados de los programas públicos representaron el 39.4% de los ingresos familiares: los Programas —OportunidadesII, —AmanecerII y —70 y másII aportaron el 34.2% de los ingresos, mientras que los subsidios agrícolas (Procampo y Comcafé) sólo el

4.4%², y el programa de conservación de suelos apenas el 1% del total de ingresos).

Los ingresos obtenidos por las remesas constituyeron el 22%, los percibidos por la venta de fuerza de trabajo el 6% y por el pequeño comercio el 10%. Estos datos muestran que tanto los subsidios públicos como las actividades no agrícolas aportan dos veces más que las actividades agrícolas.

Resulta alarmante identificar que el mayor peso en los ingresos lo tienen los subsidios gubernamentales, los cuales además generan una relación clientelar y dependiente del Estado, incrementan la vulnerabilidad social de las familias campesinas y socavan las iniciativas y capacidades locales de cambio.

De igual manera, llama la atención el reducido peso que tienen en los ingresos familiares los subsidios destinados a la conservación de recursos naturales (programa de conservación de suelos y pago por servicios ambientales), en un territorio sumamente vulnerable a eventos climáticos extremos debido al deterioro ambiental.

Como sucede en el país (de Grammont, 2010), en las comunidades de la cuenca la pluriactividad es un fenómeno presente en todos los hogares campesinos; se ha establecido como una estrategia de respuesta, no sólo a la crisis de rentabilidad de las actividades agrícolas, sino de los impactos de los eventos climáticos extremos.

Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa de las familias es endeble debido a que su acceso a recursos naturales y financieros es estrecho, lo cual les impide estar en condiciones adecuadas para enfrentar y recuperarse de los impactos climáticos. Interviene también la estrecha flexibilidad debido a la escasa diversidad de sistemas de cultivo. Los sistemas agrícolas son poco diversos y las familias carecen de autosuficiencia alimentaria. La disponibilidad de tierra es reducida y la producción agrícola está sujeta a variaciones en el precio del producto y a amenazas climáticas.

¹ Programas otorgados a mujeres, estudiantes y ancianos en apoyo a gastos de salud, alimentación y educación.

² Se trata de subsidios que compensan ingresos y costos de actividades agrícolas. El Programa de Apoyos Directos al Campo (Procampo) se otorga para el cultivo de maíz y la compensación que eventualmente otorga la Comisión para el Desarrollo y el Fomento del Café en Chiapas (Comcafé).



La precaria infraestructura de caminos aísla y margina a las comunidades. La fuerte dependencia de subsidios públicos disminuye la autonomía en su subsistencia, y el trabajo no agrícola y la migración son actividades eventuales por estar sujetos a las variaciones en otros sectores de la economía y suelen caracterizarse por la incertidumbre y el riesgo. Estas condiciones dan lugar a que la estabilidad de las estrategias de respuesta sea frágil, pues los hogares están expuestos y son sensibles de manera destacada a riesgos de mercado, a impactos climáticos, a cambios en las políticas y en la economía rural. La flexibilidad endeble y la frágil estabilidad debilitan la capacidad de adaptación de las familias campesinas.

Con respecto al acceso a subsidios públicos y a programas de apoyo ante emergencias, conviene señalar que en las microcuencas se carece de programas de asistencia social adecuados y suficientes para prevenir y enfrentar los riesgos. La Unidad de Protección Civil Municipal carece de capacidad para prevenir la incidencia de desastres; en el mejor de los casos las acciones efectuadas son reactivas ante las emergencias. Se trata de una instancia pública que carece de legitimidad social y poca capacidad de respuesta a las demandas sociales de mayor seguridad y respuesta oportuna ante contingencias.

El gobierno municipal no posee capacidad financiera y técnica, pero sobre todo carece de voluntad política para impulsar iniciativas de gestión prospectiva del riesgo en la cuenca. No se efectúa la coordinación con las Unidades del Sistema de Protección Civil para atender las demandas sociales, sólo se busca desalentar la movilización y protesta de la población con la donación víveres y herramientas de labor.

Ante la incapacidad e indiferencia de las autoridades y la ausencia de iniciativas de gestión integral de riesgos, la población adopta medidas espontáneas para reparar los daños de las amenazas climáticas. Por su parte, el marco de gobernabilidad del agua en la cuenca, caracterizado por la inexistencia de instancias y mecanismos de gestión y negociación para atender las complejas problemáticas que aquejan a las comunidades de la cuenca, no contribuye a fortalecer las respuestas adaptativas de las poblaciones.

Conclusiones

El territorio de la cuenca del río Huehuetán, en la franja costera de Chiapas, por sus condiciones

geográficas y de marginación social, presenta una alta exposición y sensibilidad a amenazas hidrometeorológicas extremas, lo que coloca a la población de la cuenca en condiciones de aguda vulnerabilidad social y ambiental. Datos oficiales ubican al municipio de Huehuetán con un grado de vulnerabilidad muy alto y con un índice de riesgo alto.

En las estrategias de vida de las familias campesinas, la actividad agrícola parece perder importancia frente a la migración, el empleo no agrícola y los subsidios gubernamentales. Sin embargo, la creciente importancia económica de las remesas y de los subsidios públicos no ha significado una reactivación de las economías campesinas.

El estudio permite afirmar que la capacidad adaptativa de la población es poco flexible y estable debido a la privación de recursos, a la estrecha diversidad de cultivos, a la inseguridad alimentaria y a la fragilidad de sus fuentes de ingreso. Estas condiciones incrementan su vulnerabilidad y socavan su capacidad de respuesta para aminorar los daños y enfrentar los riesgos ante los eventos climáticos extremos.

Fuentes de consulta

1. Aguilar, G. 2006. *Los asentamientos humanos y el cambio climático en México. Un escenario futuro de vulnerabilidad regional*. Instituto de Geografía. UNAM. México.
2. Alscher, S. 2009. *Environmental Change and Forced Migration Scenarios. Mexico Case Study Report*. EACH-FOR. www.each-for.eu.
3. Cardona, O. 2001. *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgos*. Centro de Estudios sobre desastres y riesgos. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
4. Conagua – UACH. 2006. *Evaluación de los efectos del cambio de cobertura y de uso del suelo en la erosión hídrica y las relaciones precipitación-escurrimiento en las cuencas de los ríos Huixtla, Huehuetán y Coatán, del Estado de Chiapas*. Informe Final. Conagua - Organismo de Cuenca Frontera Sur. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
5. Conagua - IMTA. 2007. *Monitoreo de procesos hidrológicos y erosión hídrica en la Cuenca del río Huehuetán, Chiapas*.



- Informe final. Coordinación de riego y Drenaje. Semarnat. México.
6. CONEVAL, 2010. *Informe de pobreza multidimensional en México en 2008*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México.
 7. De Grammont, H. 2010. *¿Nueva ruralidad o nueva sociología rural?* Ponencia presentada en el VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural. Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. 15-19 de noviembre 2010
 8. DFID. 2000. Guías sobre medios de vida sustentables. Londres: DFID. Disponible en <http://www.eldis.org/go/topics/dossiers/livelihoods-connect/livelihoods-in-dfid>
 9. Fetzek, S. 2009. *Impactos relacionados con el clima en la seguridad Nacional de México y Centroamérica*. Primer Informe. Instituto Real de Servicios Unidos / FUNDAECO. Gran Bretaña.
 10. Gobierno del Estado de Chiapas y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2010. *Plan de Contingencia para la temporada de lluvias y ciclones tropicales*. Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
 11. Hernández, H. 1998. *Análisis de la variabilidad en tiempo y espacio de la precipitación anual en Chiapas*. Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
 12. Ibararán, E. y M. Rodríguez. 2007. *Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México*. Instituto Nacional de Ecología y Universidad Iberoamericana Puebla. México.
 13. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT. 2006. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. INE, SEMARNAT, PNUD México, EPA, Global Environment Facility. México.
 14. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment. Cambridge University Press.
 15. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. *Cambio climático. Impacto, adaptación y vulnerabilidad*. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. PNUMA.
 16. Landa, R., V. Magaña y C. Neri. 2008. *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. Semarnat. México.
 17. Magaña, V. 2004. *Los impactos de "El Niño" en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. México.
 18. Magaña, V. y J. Méndez. 2002. Sobre la variabilidad y el cambio climático en Chiapas. En: Pohlen, Jürgen (Ed.) *México y la cafecultura chiapaneca. Reflexiones y alternativas para los caficultores*. Shaker Verlag. Aachen, Alemania. 55-64.
 19. Magaña, V. y J. Méndez. 2010. *Escenarios de cambio climático para el estado de Chiapas*. Informe elaborado para el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas, Coordinado por Conservación Internacional México, A.C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
 20. Martínez, P. 2007. *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México*. SEMARNAT. IMTA. Jiutepec, Morelos.
 21. Ruiz, L. y Arellano, J. L. 2010. *Vulnerabilidad socioambiental y percepciones por género del riesgo y la variabilidad climática en la cuenca del río Huehuetán, Chiapas*. Informe de Investigación. Fondo Mink'a de Chorlavi. Disponible en www.grupochorlavi.org
 22. Mansilla, E. 2010. Ideas y práctica de la reducción del riesgo y patrones de riesgo en México. En: Villafuerte, D. y Mansilla, E. (coord). *Vulnerabilidad y riesgos en la Sierra de Chiapas: Dimensiones económica y social*. UNICACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 11-38.
 23. Villafuerte, D. 2008. Migración y desarrollo en el área del Plan Puebla- Panamá. En: Villafuerte, D. y C. García. *Migraciones en el sur de México y Centroamérica*. Ed. Porrúa / UNICACH. México. 171-219.
 24. Wehbe, M. B, Seiler R. A, Vinocur M. R, Eakin H, Santos C. and Civitaresi H.M. 2005. *Social Methods for Assessing Agricultural Producers' Vulnerability to Climate Variability and Change based on the Notion of Sustainability*. AIACC Working Paper No.19. www.aiaccproject.org.



Vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos en México: propuesta de indicadores

Autor: Fernando Saavedra Peláez
FLACSO México

Resumen

Este artículo presenta la elaboración de un indicador compuesto de la vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos a nivel municipal para México, y la exposición de la población de acuerdo a la frecuencia de las declaratorias de emergencia y desastres registradas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en un periodo de diez años.

Se considera a la vulnerabilidad como multifactorial, donde el componente demográfico desempeña un papel significativo en su definición, y cuya dinámica debe ser considerada. No se profundiza en el análisis de los resultados en términos espaciales del indicador, en tanto aún está en proceso, sin embargo, la distribución territorial del mismo permite no sólo plantearse algunas preguntas, sino que aporta elementos a tener en consideración para la elaboración de políticas orientadas a fortalecer el diseño de programas de amortiguación y adaptación frente al cambio climático.

Introducción

Para México el cambio climático es el principal desafío ambiental y una de las mayores amenazas para el desarrollo y bienestar de la población al producir un desplazamiento de regiones climáticas, intensificación de sequías, inundaciones, huracanes intensos, derretimiento de glaciares, nevados, aumento en el nivel del mar, pérdida de biodiversidad y deterioro de los recursos hídricos y de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas, al estimarse calentamientos de 2 a 4 grados, según el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012.

Este artículo es sobre la vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos. Por ello, en primer lugar se trabaja la vulnerabilidad sociodemográfica en sí misma (riesgos demográficos), para luego referirse solamente a los eventos hidrometeorológicos que causen precipitación pluvial como son las lluvias ciclónicas y de frente cálido, las cuales son producto de los ciclones tropicales (perturbaciones, depresiones,

tormentas tropicales y huracanes), y los daños que causan dependen de la intensidad y frecuencia de los mismos. No se estudian las granizadas, nevadas ni las sequías.

Los eventos hidrometeorológicos extremos son amenazas o peligros que pueden convertirse en factores desencadenantes de un desastre. El riesgo de que efectivamente se materialice está determinado por la conjunción de diversos factores de *exposición*¹ y *vulnerabilidad*², todos ellos de índole social y por ende modificables mediante políticas públicas, en un sentido de mitigación o agravamiento. Se debe resaltar que los factores de exposición y de vulnerabilidad son los que determinan que un mismo evento peligroso pueda ocurrir sin generar prácticamente daños o bien desencadenar un desastre de grandes proporciones.

El componente sociodemográfico de la vulnerabilidad final resultante, denominada por algunos autores como integral o global, sería parte intrínseca de cada población, lo que implica reconocer los riesgos asociados a ella. Por ello, el propósito de este trabajo es establecer la vulnerabilidad sociodemográfica de la población nacional y observar la residente en zonas sujetas a riesgos hidrometeorológicos, para contar con elementos que permitan prevenir, enfrentar y amortiguar sus efectos y así evitar que se conviertan en desastres.

Sobre el concepto de vulnerabilidad

Se postula que el término vulnerabilidad denota riesgo, fragilidad, indefensión o daño, y en tal sentido sería “la probabilidad de ser dañado o

¹ La exposición está referida a la localización, tamaño de la población, el valor de los bienes o la dimensión económica de los procesos productivos que pudieran verse afectados por el evento en cuestión.

² Consiste en la probabilidad de que, a raíz de su exposición a un peligro concreto, un sistema socio-ambiental padezca *daño* o desestructuración.



herido”³, pero se agrega que existe la posibilidad de controlar los efectos de la materialización del riesgo, que en el caso de la vulnerabilidad sociodemográfica es fundamental, dado que ésta comprende tanto la exposición a un riesgo como la capacidad de cada unidad de referencia para enfrentarlo⁴.

La vulnerabilidad que se estudia es frente a fenómenos naturales que pueden constituir una amenaza que pone en peligro una cierta población, y que de concretarse la podrían afectar produciéndole cierto daño, lo cual depende de los niveles de vulnerabilidad de dicha población ante tales fenómenos.

El problema de la vulnerabilidad y la adaptación a la variabilidad y cambio climático es producto no solo de las condiciones climáticas en sí, sino también de las condiciones socioeconómicas en que se encuentran los diferentes grupos humanos, en nuestro caso en México. Así, el posible impacto de un evento climático depende fuertemente de las condiciones culturales, sociales y económicas sobre las que podría ejercerse dicho impacto (Conde, 2007).

Las ciencias aplicadas consideran que una amenaza se convierte en desastre si afecta condiciones vulnerables en la infraestructura, las construcciones, el espacio y, eventualmente, sus ocupantes. En cuanto a las ciencias sociales, éstas desarrollan diferentes aproximaciones, y así la sociología norteamericana hace el análisis en términos de impactos sociales, y las teorías sociales de la marginalidad estudian el grado en que los factores socioeconómicos y políticos afectan la capacidad de una población.

Por su parte, Wilches-Chaux (1996)⁵ introduce el concepto de “Vulnerabilidad Global”, que estaría compuesta por las dimensiones económica, social, educativa, organizativa, cultural, institucional, físico-espacial y técnica, política e ideológica, y ecológica. Según este investigador, la *vulnerabilidad* puede ser entendida como “la incapacidad de un sistema para absorber, mediante autoajuste, los efectos de un

determinado cambio en su medio ambiente, o sea, su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”. Su propuesta supone: grado de exposición (entorno y vivienda); vulnerabilidad-fragilidad (condiciones de las personas); resiliencia (capacidad de respuesta y recuperación); y niveles-escalas de análisis y de cálculo de los indicadores: micro (individuos-hogar-vivienda), meso (asentamiento-localidad); y macro (municipio-región-entidad federativa-país).

La perspectiva analítica adoptada en este trabajo que presentamos a continuación, comparte la perspectiva de Wilches-Chaux, y se consideran las propiedades estructurales de un sistema complejo, como es el socioambiental, que son: estabilidad; fragilidad; vulnerabilidad y resiliencia.

Lo que implica que los sistemas experimentan procesos de estructuración y des-estructuración que conllevan periodos de estabilidad y/o de incertidumbre. Por lo tanto se trata de prever no el estado siguiente de un sistema sino el campo de posibilidades, puesto que una transformación, una perturbación o amplificación en los elementos internos estructurales puede derivar en cambios externos o también en el rango de fluctuaciones.

Esta perspectiva plantea que todo sistema tiene una cierta estabilidad, por eso está constituido como sistema, pero esa estabilidad tiene límites. Siempre todo sistema está sujeto a perturbaciones, y hay un límite en la perturbación para cada sistema en un momento dado, que hace que no pueda absorberla, que no pueda regularse por los mecanismos de autorregulación que tiene, y se desestabilizan; en esos casos decimos que era vulnerable el sistema a esa perturbación.

Es la perturbación la que determina la desestabilización, pero es la dinámica interna del sistema lo que establece el grado de vulnerabilidad, dada su poca resiliencia, donde es la estabilidad o inestabilidad del sistema lo que determina las consecuencias. También se plantea que no hay proporcionalidad entre el tamaño de la perturbación y las consecuencias que puede tener.⁶

³ Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

⁴ CEPAL. Documento electrónico. LC/W.3; octubre de 2002.

⁵ “*Los factores de la vulnerabilidad: Guía de La Red para la gestión local del riesgo*”. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. <http://www.desenredando.org>

⁶ En tanto que: a) la intensidad y las consecuencias de los cambios en las condiciones de contorno en función de la estabilidad y resiliencia del sistema; b) los cambios en las condiciones de contorno derivan de procesos de otro nivel, que exigen la construcción de un modelo a una escala más amplia; c) necesidad de trascender los enfoques que se limitan a describir estados y desarrollar



La Vulnerabilidad Sociodemográfica

De lo expresado anteriormente, se puede establecer que existen de manera general dos grandes aproximaciones respecto a la vulnerabilidad de la población que interesa en este trabajo: aquellas que la abordan en lo particular acotada a ciertos adjetivos como *vulnerabilidad “social”, “económica”, “sociodemográfica”, “demográfica”*⁷, y aquellas donde, ya sea adjetivada o no, la sitúan *ante* a determinados eventos o fenómenos naturales.

Si bien en ambas posturas hay una cierta mirada integradora y de interrelaciones entre los factores que la conformarían, aquellas que se refieren a la *vulnerabilidad sociodemográfica* donde se privilegia lo demográfico propiamente tal (más como una propuesta metodológica que teórica conceptual) es la que se aborda a continuación, en tanto lo sociodemográfico es uno de los componentes intrínsecos de toda población, lo cual permite su diferenciación.

La vulnerabilidad en el marco de población y desarrollo se refiere a “una combinación de riesgos de naturaleza sociodemográfica con una incapacidad para enfrentar las consecuencias sociales adversas que genera su materialización en los planos de formación de recursos humanos, equidad, ambiente, ciudadanía, ejercicio de

esfuerzos para reconstruir procesos; d) autonomía relativa entre escalas de procesos; e) elementos sociales, productivos (económicos), biofísicos, donde lo fundamental son las relaciones entre los elementos; y f) el conjunto dinámico de estas relaciones constituye la estructura del sistema. Cada elemento representa un subsistema del sistema más amplio y puede ser objeto de análisis sistémico.

⁷ En términos demográficos, se postula, por ejemplo, que “la alta fecundidad temprana está claramente asociada al truncamiento de la trayectoria educativa de la madre y a restricciones para una adecuada inserción laboral futura. Se advierte una concomitancia muy alta entre ser madre a edad temprana y el abandono de la escuela. Las madres adolescentes con más educación ingresan al mercado de trabajo, mientras que las menos educadas se insertan en el ámbito doméstico. Aunque las descendencias finales puedan ser poco numerosas, su procreación a edades muy jóvenes plantea colisiones entre la reproducción, la carga de crianza y la preparación para ella, por una parte, y la acumulación de activos educacionales y laborales, por otra”, lo cual se traduce en un grado mayor de vulnerabilidad de estos individuos y los hogares que forman.

derechos y mejoramiento de condiciones de vida”, donde se considera que la vulnerabilidad sociodemográfica es un síndrome en el que se conjugan tres elementos: los acontecimientos riesgosos, la imposibilidad de responder ante ellos y la incapacidad de adaptarse a la nueva situación generada. Se resalta que para que haya vulnerabilidad sociodemográfica deben concurrir estos tres componentes; sin embargo, basta con la presencia simultánea de los dos primeros para que se configure una situación dañina a corto plazo, ya que todo proceso adaptativo toma tiempo y puede entrañar pérdidas respecto de la situación inicial (CEPAL, 2002).

El supuesto que permite interrogarse sobre la vulnerabilidad sociodemográfica es que en toda población existen ciertos atributos (características) que establecen las condiciones para que ésta pueda tener diferenciales de vulnerabilidad, que están relacionados con su características demográficas por una parte, y de las condiciones sociales en las cuales se desenvuelve por otra.

Por ello, es importante conocer cuáles son los componentes demográficos (rasgos) de la unidad de observación que se defina (unidad doméstica, hogar, familia) que pueden constituir limitaciones, dificultades, menores opciones y posibilidades para enfrentar, mitigar (amortiguar), recuperarse, aprender, adaptarse y prevenir los efectos de un fenómeno externo tanto económico como natural, y que éste no se convierta en desastre.

Las variables sociodemográficas de la vulnerabilidad a la cual nos referimos en primer lugar corresponden a los componentes “propiamente demográficos”, como son la composición por edades y sexo, así como algunas características de los hogares en cuanto a jefatura, educación y número de niños y de potenciales aportadores de trabajo o perceptores de ingresos.

Para delimitar el problema de estudio desde una óptica analítica que considera a la vulnerabilidad como multifactorial (multicausal-global) y que su abordaje implica una mirada desde distintos ángulos, es preciso tener en cuenta que no se está hablando de una característica absoluta o estática de un asentamiento humano (comunidad, localidad, poblado, colonia, barrio, ciudad, municipio, etcétera) o a nivel de unidad doméstica (hogar, familia), sino de un proceso complejo, dinámico y cambiante, que determina que ese asentamiento humano si está en una zona de afectación de un fenómeno natural, y



en consecuencia expuesto, cuando ocurre tal fenómeno puede desencadenar un desastre o tener más o menos posibilidades de enfrentarlo (amortiguar sus efectos), recuperarse, aprender, prevenir y adaptarse, lo cual dependería de su *nivel de vulnerabilidad*.⁸

La construcción del Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica

Las variables consideradas fueron: 1) Razón de dependencia en la primera infancia; 2) Tasa de asistencia escolar de 6 a 14 años de edad; 3) Porcentaje de hogares familiares sin hombres de 15 a 64 años; 4) Porcentaje de hogares nucleares que son monoparentales con jefatura femenina; 5) Porcentaje del total de hogares donde todos los miembros tienen 65 años o más de edad (unipersonales sólo sin servicio doméstico); 6) Porcentaje de hogares donde el promedio educativo de las personas de 20 años o más de edad es inferior a 9 años aprobados de educación; 7) Porcentaje de hogares con hacinamiento en la vivienda, 8) Porcentaje de hogares donde ninguno de sus miembros tiene derecho a servicio de salud; 9) Porcentaje de la población económicamente activa ocupada que gana 3 o menos salarios mínimos.

A diferencia de otros algoritmos utilizados para medir los logros o carencias de la población, para la construcción del Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica se prefirió el promedio simple de los nueve indicadores asociados a cada variable. Este sencillo procedimiento tiene la virtud de que pondera igual los conceptos incluidos en el Índice,

⁸ Algunos antecedentes para la selección de las variables del *Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica* fueron: el número de población que se consideró en 2005 era de 103,263.388 personas (48.7% hombres y 51.3% mujeres) y 24,803.585 hogares, donde hay 19,085.933 hogares con jefes hombres (77%) y 5,717.652 con jefes mujeres (23%), y donde 88.893 son jefes mujeres menores de 20 años y 1,250.969 jefes mujeres de 65 y más años. Por su parte, los índices de dependencia demográfica son: 59.23 general (0 a 14 años más 65 años y más respecto a 15 a 64 años); 19.55 dependencia infantil (0 a 5 años respecto a los de 15 a 64 años); 30.62 dependencia juvenil (6 a 14 años respecto a 15 a 64 años); 9.06 dependencia vejez o tercera edad (65 años y más respecto 15 a 64 años). Por grandes grupos de edad el 11.94% de la población considerada es menor de 6 años; 18.71% tiene de 6 a 14 años; 61.09% de 15 a 64 años de edad (que corresponderá a los activos potenciales); y 5.5% de 65 años y más.

es decir, se consideran igualmente importantes todas las variables que conforman la vulnerabilidad sociodemográfica. Además, como el indicador sintético siempre varía de cero a cien, se puede comparar en el tiempo y en el espacio sin hacer modificación alguna a los datos de base. A cada una de las variables seleccionadas se le adjuntó una medida que refleja la proporción de población o de hogares que simboliza una situación de vulnerabilidad. Todas esas medidas fueron calculadas para cada municipio por separado con la base de Micro datos del II Censo de Población y Vivienda 2005.⁹

Cuadro 1. Municipios según el Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica, 2005

	Grado de Vulnerabilidad	
Muy baja	310 municipios	12.6 %
Baja	332	13.5
Media	934	38.1
Alta	466	19.0
Muy alta	412	16.8
TOTAL	2454	100.0

Fuente: cálculos en base al II Censo de Población y Vivienda, 2005

Es importante tener presente que las variables consideradas para construir la vulnerabilidad sociodemográfica tienen un bajo peso, puesto que se trata de hogares que no representan proporciones altas, como son los hogares con jefatura femenina menores de 25 años o mayores de 64 años, o los hogares con 3 o más miembros menores de 6 años, o los hogares unipersonales de 65 años y más, entre otros ejemplos.

Los índices se clasificaron en cinco estratos, utilizando para ello el procedimiento de Dalenius y

⁹ En todos los casos se omite a la población con edad, condición de asistencia, condición de actividad o ingresos laborales no especificados, así como también a los hogares con la característica no especificada. Para la clasificación tipológica de los hogares se supuso que el parentesco no especificado equivalía a no pariente del jefe, asimismo se supuso que el derecho a servicio médico no especificado equivalía a sin derecho de servicio (cálculos realizados por el Dr. Partida Buch, V.). (ver Anexo).



Hodge (1959).¹⁰ La distribución de los 2,454 municipios existentes a fines de 2005 se presenta en el Cuadro 1. Se advierte que más de una tercera parte se concentra en la vulnerabilidad “media” (38.1%), y el resto de los municipios se aglutina más en la alta y muy alta vulnerabilidad (35.8%) que en la baja y muy baja (26.1%).

Si bien un poco más de la tercera parte de los municipios del país presentan una vulnerabilidad elevada, en ellos la población residente no es numerosa. Así, la población que reside en los municipios según grado de vulnerabilidad sociodemográfica muestra que la mayoría lo hace en municipios con baja y muy baja vulnerabilidad sociodemográfica (70.6% de la población total), en tanto en los municipios con media vulnerabilidad habita 21.1%, y en los con alta y muy alta el 8.3% de la población del país; sin embargo, en estos últimos son alrededor de 8.6 millones de personas que se encuentran en esta situación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de la población según grado de Vulnerabilidad Sociodemográfica

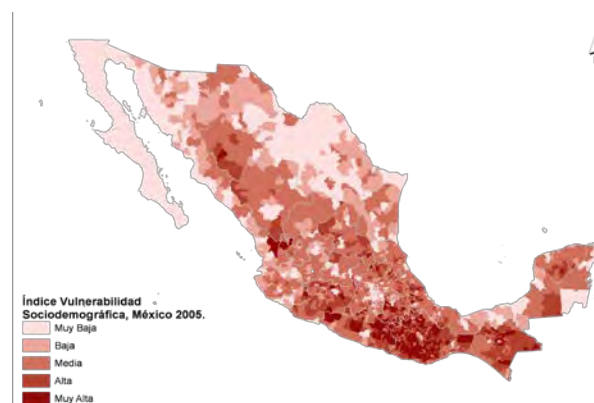
Grado	Población	Porcentaje	Municipios
Muy baja	60,966,273	59.04	310
Baja	11,881,115	11.51	332
Media	21,826,635	21.14	934
Alta	5,927,067	5.74	466
Muy alta	2,662,298	2.58	412
Total	103,263.388	100.0	2454

Fuente: cálculos en base al II Censo de Población y Vivienda, 2005

La distribución espacial de los municipios según el grado de vulnerabilidad sociodemográfica muestra una cierta heterogeneidad (Mapa 1), aunque hay correspondencia con las zonas de la sierra de Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Tlaxcala, donde reside población marginada que tiene un relativo rezago demográfico (Mapa 1).

¹⁰ Dalenius, Tore y Joseph L. Hodges, Jr. (1959), “Minimum Variance Stratification”. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 54, No. 285: 88–101.

Mapa 1. Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica por municipio, 2005



Una vez establecida la vulnerabilidad sociodemográfica en el nivel municipal para todo el país, se aborda la misma pero en las zonas expuestas a eventos hidrometeorológicos, para lo cual se trabaja la información sobre los municipios que fueron alguna vez declarados en emergencia, contingencia o desastre en el periodo 2000-2010 de acuerdo a la información del CENAPRED, lo cual se presenta a continuación.

La vulnerabilidad de la población ante eventos hidrometeorológicos

En primer lugar se especifica y resalta la importancia de evaluar, con el propósito de prevenir, los eventos hidrometeorológicos extremos - asociados al cambio climático y a la variabilidad climática-, puesto que impactan en la integridad física de las personas y destruyen bienes tangibles y no tangibles, afectando todas las dimensiones del desarrollo humano. De ahí que la forma en que se prepara la sociedad frente a condiciones extremas del clima como las lluvias intensas, las ondas de calor o las sequías prolongadas, es un elemento determinante que condiciona las consecuencias y la intensidad del daño y del posible desastre.¹¹

¹¹ Parte de los antecedentes del problema de estudio se basan en las estimaciones que indican que en México cerca de 8 millones de personas están expuestas a los efectos adversos de ciclones tropicales, aproximadamente 6 millones a inundaciones periódicas y cerca de 8 millones pueden sufrir daños por sequías¹¹; de estos últimos, 5.6 millones viven bajo condiciones de alta y muy alta marginación. Bajo este panorama, la planeación y la acción frente a los riesgos hidrometeorológicos cobra



Como se expresó anteriormente, el presente trabajo se avoca a la vulnerabilidad sociodemográfica en el cual se privilegia el componente demográfico. Así, es de interés no solamente estimar el número de población que se encuentra expuesta a eventos hidrometeorológicos, sino determinar el grado de vulnerabilidad sociodemográfica en el que se encuentra frente a estos potenciales eventos, lo cual se hizo en el capítulo anterior.

El índice de *vulnerabilidad sociodemográfica* puesto ahora frente a eventos hidrometeorológicos asociados al Cambio Climático debiera incorporar: i) Las características sociodemográficas (a través del índice de vulnerabilidad sociodemográfica construido) potencialmente adversas de la unidad de estudio (individuos, hogares, municipios), ii) La incapacidad para responder a la materialización del riesgo al desastre, y iii) La inhabilidad para adaptarse activamente a la nueva situación. Sin embargo, si bien los tres componentes anteriores son importantes, sólo el primero puede describirse exclusivamente con las variables demográficas, aunque éstas a per-se no son de por sí un riesgo, sino que toman este carácter cuando los otros dos se manifiestan, como la concreción de la amenaza, la materialización del riesgo, y el eventual desastre.

Es decir, cuando las variables de población dificulten el desempeño social de las personas y familias o el ejercicio de sus derechos, ante una situación de peligro (FUNUAP-INEI, Estado de la Población Peruana, 2002).

Las áreas de afectación de los fenómenos hidrometeorológicos

Para la delimitación de las áreas de afectación de los fenómenos hidrometeorológicos se usaron las

gran relevancia (SEMARNAT, 2008: 9). Se ha podido observar que los factores de exposición y de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos se han incrementado durante las últimas tres décadas. Según la Secretaría de Gobernación, en los últimos cinco años del siglo pasado, estas pérdidas resultaron ser cinco veces mayores que el promedio correspondiente a la primera mitad de la década de los años sesentas, reconociendo que mientras el número de desastres de origen geofísico ha permanecido constante, la ocurrencia de desastres por eventos hidrometeorológicos se ha más que duplicado, lo que serían señales del cambio climático en curso.

Declaratorias realizadas del 2000 al 2010 por municipio según Clase (Emergencia, Contingencia y Desastre) diferenciadas según tipo de fenómeno (hidrometeorológicos, geológicos, incendio forestales, etcétera) provenientes del CENAPRED, quien contabilizó un total de 13,531 declaratorias en el periodo 2000-2010. El primer lugar lo ocupan las declaratorias de Emergencia con el 40% (5,515 casos), seguida por la de Desastre con 37% (4,961 casos) y las de Contingencia Ambiental con 23% (3,055 casos).

Las de Contingencia son producto de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca, y se refieren principalmente a los daños en la producción. El total de las declaratorias afectaron a 2,278 municipios (91% de los municipios del país), siendo los estados de Veracruz, Oaxaca, Puebla, Chiapas, Chihuahua y Yucatán donde se acumulan 65% del total declaratorias en este periodo; mientras que las entidades del Distrito Federal, Baja California, Aguascalientes, Querétaro y Colima son las con menor número de declaratorias: 1 por ciento (Mapa 2).

Mapa 2. Distribución del total de Declaratorias por Entidad Federativa, 2000-2010



Si se diferencian las declaraciones según el tipo de fenómeno al cual se asocian, los más frecuentes son los Ciclones Tropicales (30.7%) con un total de 4,154 declaratorias distribuidas en los estados de Veracruz, Oaxaca y Yucatán con más de 500 emisiones; las Lluvias (28.2%) con 3816, concentradas en los estados de Veracruz con más de 1,000 y Oaxaca con más de 500 declaratorias, es decir, son estas tres entidades donde hay mayor recurrencia de declaratorias por estos dos



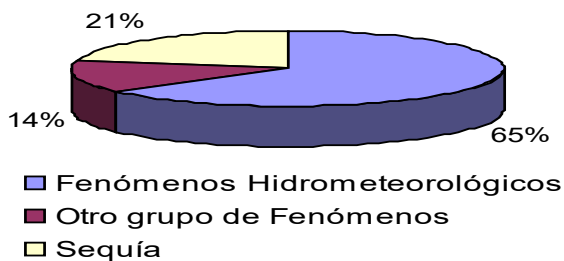
fenómenos. Las Sequías (21.5%) ocupan el tercer lugar según tipo de fenómeno.

Este estudio considera solamente los fenómenos hidrometeorológicos, y que para este análisis se reclasificaron considerando a los ciclones tropicales, fuertes vientos, inundaciones, lluvias y deslizamientos¹², es decir un total de 8,712 declaratorias vinculadas a estos eventos, equivalente a un 65% del total de las declaratorias de la base de datos, excluyendo las sequías, nevadas, tornado (sólo un caso) y bajas temperaturas, los cuales no fueron analizados dentro de este grupo (Cuadro 3 y Gráfica 1).

Cuadro 3 y Gráfica 1. Declaratorias según grupo de fenómenos a nivel nacional 2000-2010

Grupo de Fenómenos	N° Ocurrencia
Fenómenos Hidrometeorológicos	8712
Otro grupo de Fenómenos	1915
Sequía	2904
Total	13531

El mayor número de casos se concentran en el estado de Veracruz, seguido de Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Puebla y Nuevo León, acumulando el 41% de declaratorias; los estados de Colima, Aguascalientes, Baja California, Querétaro y el Distrito Federal son los que menos reportan declaratorias por este grupo de fenómenos (Mapa 3).

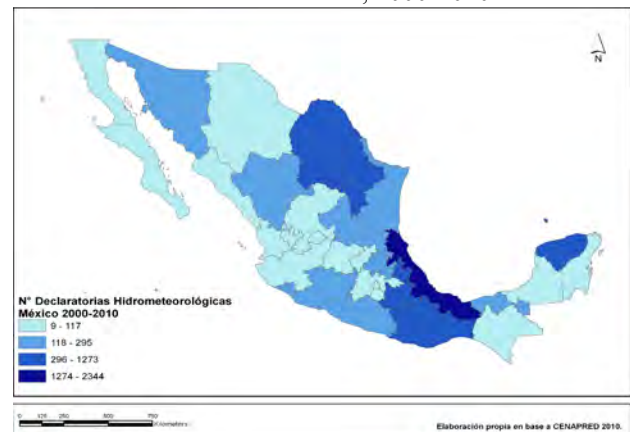


El análisis que se presenta a continuación es a nivel de municipios, y según Clase de declaratoria y Tipo

¹² Se incluyeron los deslizamientos ocurridos porque en su mayoría son eventos concatenados o detonados por las lluvias.

de evento. Para ello se consideró la frecuencia de las Declaratorias, es decir, el número de veces que un municipio tuvo una declaratoria en los diez años considerados (Gráfica 2), obteniendo que de los 1695 municipios que fueron declarados según Clase en Emergencia, Contingencia o Desastre, en el periodo de 2000 a 2010, según niveles de frecuencia¹³ se observa que con Baja frecuencia (estrato 1), es decir con 1 a 3 registros, fueron afectados 732 municipios (43.2%), con Media frecuencia (estrato 2) de 4 a 8 registros fueron 677 municipios (39.9%), y con Alta frecuencia (estrato 3) con 9 a 26 registros fueron 286 municipios (16.9%).

Mapa 3. Número de declaratorias por Entidad Federativa, 2000-2010



De este modo tenemos tres grupos de frecuencias (alta, media y baja) según el número de declaratorias municipales (Gráfica 2).

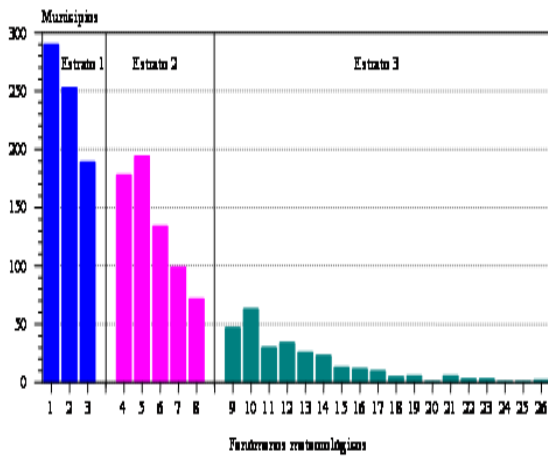
Los municipios con alta y media frecuencia de declaratorias se localizan sobre el litoral Mexicano, particularmente en el Golfo de México, Litoral del Pacífico, Golfo de California y el Mar Caribe (estados de Veracruz, Oaxaca, Baja California Sur, Chiapas, Sonora, Nayarit, Tabasco, Durango, Guerrero, Yucatán y Tamaulipas). Como caso excepcional un estado no costero, Nuevo León, contiguo a Tamaulipas, durante la década considerada seis de sus 51 municipios han

¹³ Se contabilizó el número total de veces (frecuencia) en que cada municipio fue declarado ya sea en emergencia, contingencia o desastre, y mediante la técnica Dalenius se establecieron tres tipos de municipios: alta, media y baja frecuencia.

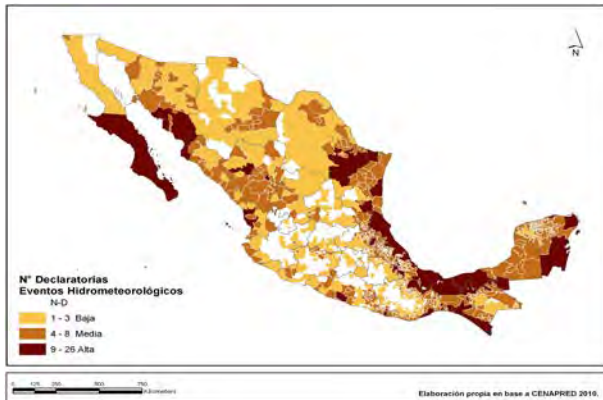


acumulado más de 15 declaratorias, cayendo en el grupo de alta frecuencia, De manera acumulada estos dos grupos (alta y media frecuencia) concentran el 57% de las declaratorias por eventos hidrometeorológicos y se distribuyen en 863 municipios de los 1695, lo que equivale a un 52% del total los municipios afectados que por lo menos cuentan con una declaratoria y el 34% del total de los municipios del país (Mapa 4).

Gráfica 2. Estratos a nivel municipal según frecuencia de las declaratorias



Mapa 4. Declaratorias por fenómenos Hidrometeorológicos según frecuencia por municipio, 2000-2010



Las declaratorias de Desastres afectan principalmente a los estados de Veracruz, Nuevo León, Tabasco, Baja California Sur y Q. Roo, zonas que coinciden en gran medida con las declaratorias de emergencia de alta frecuencia (Mapa 5).

Fueron 1695 municipios registrados con al menos una declaratoria en los 10 años considerados,

donde residían en 2005 un poco más de 79 millones de personas (76.5% de la población del país).

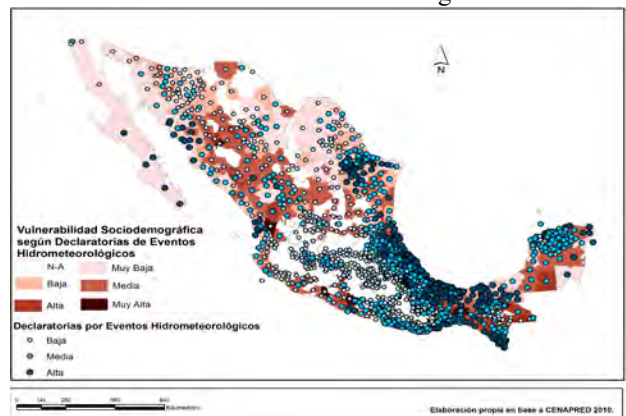
La mayoría de esta población fue afectada por declaratorias de Emergencia y Desastre. Considerando solamente las declaratorias de Emergencia según su frecuencia, el 16.4% de los municipios registraron de 4 a 7 veces esta situación en los 10 años considerados, donde residía el 18.4% de la población del país. En el caso de las declaratorias de Desastre que afectaron a 1433 municipios, el 13% del total nacional, tuvieron una frecuencia de 4 a 16 veces en los 10 años.

Mapa 5. Declaratorias Desastre por fenómenos Hidrometeorológicos según frecuencia por municipio



De los 1695 municipios que fueron objeto de una declaratoria alguna vez en el periodo considerado, su distribución según su frecuencia (número de veces que fueron objeto de una declaratoria) muestra que 732 presentaron una baja frecuencia, 677 media y 286 municipios alta.

Mapa 6. Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica por municipio según frecuencia de Declaratorias por fenómenos hidrometeorológicos





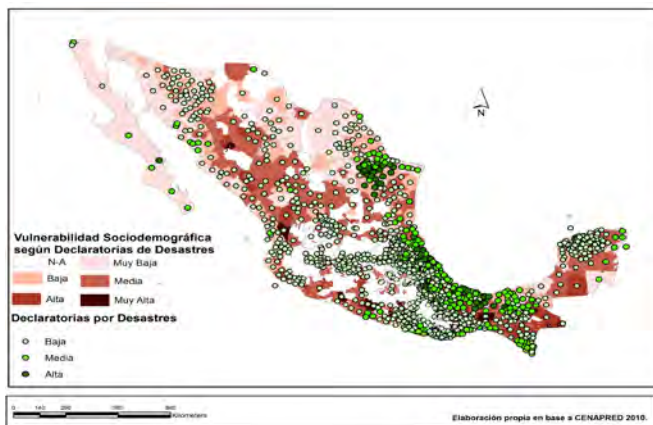
Cuadro 4. Grado vulnerabilidad sociodemográfica según frecuencia de las declaratorias

Grado Vulnerabilidad Sociodemográfica	Frecuencia Declaratorias Hidrometeorológicas							
	Municipios afectados				Población expuesta			
	Baja	Media	Alta	Total	Baja	Media	Alta	Total
Muy Baja	120	69	64	253	23879686	12275081	10824974	46979741
Baja	132	68	50	250	4106759	2534247	2452194	9093200
Media	272	282	109	663	7356306	5678295	3344318	16378919
Alta	118	153	45	316	1564716	2225872	893479	4684067
Muy Alta	90	105	18	213	826215	841701	225568	1893484
Total	732	677	286	1695	37733682	23555196	17740533	79029411

Fuente: elaboración propia en base a CENAPRED e INEGI, Censo de Población 2005.

Estos municipios según el grado de Vulnerabilidad Sociodemográfica fueron 529 con alto y muy alto grado, de los cuales 63 corresponden a una alta frecuencia de declaratorias, donde la población residente era alrededor de 1.12 millones (Cuadro 4).

Mapa 7. Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica por municipio según frecuencia de Declaratorias de desastre



A continuación se presentan dos mapas (Mapas 6 y 7) con la distribución de las frecuencias de las Declaratorias totales causadas por los fenómenos hidrometeorológicos en su conjunto, y de las de Desastre, ambas según la Vulnerabilidad Sociodemográfica definida, lo que permite observar una elevada frecuencia de declaratorias en las zonas costeras, y es en Oaxaca donde también coinciden de cierta manera los municipios con mayor Vulnerabilidad Sociodemográfica, en tanto que en Veracruz los municipios con alta frecuencia

en gran proporción tienen una media Vulnerabilidad Sociodemográfica. Como se ha expresado con anterioridad, si bien la frecuencia de las declaraciones de desastre en Veracruz muestran una incidencia media en su mayoría, algunos de estos fenómenos han ocasionado grandes pérdidas y daños a la infraestructura y la población.

A manera de conclusión, se puede observar que si bien la población residente en los municipios con mayor frecuencia de declaratorias, incluso de emergencia, no constituyen un gran número ni son los que tienen los mayores niveles de vulnerabilidad sociodemográfica, el poder identificarla constituye un elemento necesario, y plantea la necesidad de profundizar a una escala menor que la municipal para poder tener mayor información en la identificación de los factores explicativos, por una parte, así como para poder focalizar algunas líneas de política, lo cual no es el propósito de este documento.

Fuentes de Consulta

1. CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres 2006, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. México.
2. CEPAL/CELADE, 2002. Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas. Separata.
3. CEPAL, 2002. Documento electrónico. LC/W.3; octubre de 2002, en:



- <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/11674/LCW3-Vulnerabilidad.pdf>
4. Comité Intersecretarial de Cambio Climático, 2000. Estrategia nacional de acción climática, México.
 5. Comité Intersecretarial de Cambio Climático, 2006. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México.
 6. Conde, C., R. Ferrer, C. Gay. 1998. Variabilidad Climática y Agricultura. GEOUNAM.
 7. Conde, C., V. Magaña, R. M. Ferrer. 1999. On the Use Of a Climate Forecast in the Planning of Agricultural Activities in the State of Tlaxcala, Mexico. Preprints. 11th Conference on Applied Climatology. 10 - 15 January, 1999, Dallas, Texas. American Meteorological Society.
 8. Conde, C. s.f. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso y los retos en las investigaciones actuales.
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/508/vulnerabilidad.pdf>
 9. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, CICC 2007, Estrategia Nacional de Cambio Climático, México.
 10. Dalenius, Tore y Joseph L. Hodges, Jr. (1959), "Minimum Variance Stratification". *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 54, No. 285: 88-101.
 11. Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI), Micro datos del II Censo de Población y Vivienda 2005.
 12. FUNUAP-INEI, Estado de la Población Peruana, 2002.
 13. IPCC, Paris, 2001. Tercer Informe de Evaluación, cambio climático, impactos, adaptación y vulnerabilidad.
 14. IPCC, 2007. Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza.
 15. Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012, México.
 16. Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2008: 9.
 17. Wilches Chaux G., 1993-1996. La Red, Guía de Gestión de Riesgos. Los factores de la vulnerabilidad: Guía de La Red para la

gestión local del riesgo. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
<http://www.desenredando.org>

ANEXO. Construcción del Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica

En el Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica objeto de este trabajo, se proponen medidas, resumidas, tanto en el orden individual como en el hogar, en los municipios del país existentes al momento del II Censo de Población y Vivienda 2005.

Medidas utilizadas en la construcción del Índice de Vulnerabilidad Sociodemográfica

A cada una de las variables seleccionadas se le adjuntó una medida que refleja la proporción de población o de hogares que simboliza una situación de vulnerabilidad. Todas esas medidas fueron calculadas para cada municipio por separado con la base de Micro datos del II Censo de Población y Vivienda 2005.¹⁴

1. *Razón de dependencia en la primera infancia*. El cociente que resulta de dividir los niños de 0 a 6 años por la población de 7-64 años y multiplicado por cien:

$$RDPI = \frac{P(0-6)}{P(7-64)} \times 100$$

donde $P(0-6)$ es la población de 0 a 6 años de edad y $P(7-64)$ aquella de 7 a 64 años.

2. *Tasa de inasistencia escolar de 6 a 14 años*. Porcentaje de los niños y adolescentes de 6 a 14 años que no acuden a centros de educación básica:

$$TIE = \frac{PIE(6-14)}{P(6-14)} \times 100$$

donde $PIE(6-14)$ y $P(6-14)$ son los niños y adolescentes de 6 a 14 años que no asisten a la escuela y el total, respectivamente.

¹⁴ En todos los casos se omite a la población con edad, condición de asistencia, condición de actividad o ingresos laborales no especificados, así como también a los hogares con la característica no especificada. Para la clasificación tipológica de los hogares se supuso que el parentesco no especificado equivalía a no pariente del jefe, asimismo se supuso que el derecho a servicio médico no especificado equivalía a sin derecho de servicio.



3. *Porcentaje de hogares familiares sin hombres de 15 a 64 años:*

$$PHFSH = \frac{HFSH15-64}{HF} \times 100$$

donde $HFSH15-64$ son los hogares sin varones de 15 a 64 años y HF el total de hogares familiares.

4. *Porcentaje de hogares nucleares que son monoparentales con jefatura femenina:*

$$PHNMJF = \frac{HNMJF}{HN} \times 100$$

donde $HNMJF$ son los hogares nucleares encabezados por una mujer sin pareja y HN el total de hogares nucleares.

5. *Porcentaje del total de hogares donde todos los miembros tienen 65 años o más de edad:*

$$PH(65o+) = \frac{H(65o+)}{TH} \times 100$$

donde $H(65o+)$ son los hogares —familiares o no familiares— donde todos sus miembros —incluido el servicio doméstico— tienen 65 años o más de edad, y TH el total de hogares.

6. *Porcentaje de hogares donde el promedio educativo de las personas de 20 años o más de edad es inferior a 9 años aprobados de educación.*

Denotemos por $P_j(20o+)$ a los miembros del hogar j con 20 años o más de edad y por $A_{ij}(20o+)$

los años aprobados en el sistema educativo nacional para el miembro i de ese hogar con 20 años o más de edad. Con base en esas definiciones, el promedio educativo de las personas de 20 años o más de edad en el hogar j es:

$$\bar{A}_j(20o+) = \frac{\sum_{i=1}^{P_j(20o+)} A_{ij}(20o+)}{P_j(20o+)}$$

y el porcentaje de hogares buscado:

$$PHNEM9 = \frac{\sum_{j=1}^{TH} [\bar{A}_j(20o+) < 9]}{TH} \times 100$$

7. *Porcentaje de hogares con hacinamiento en la vivienda:*

$$PHH = \frac{\sum_{j=1}^{TH} [\bar{O}_j > 2]}{TH} \times 100$$

donde \bar{O}_j es el promedio de ocupantes por dormitorio.

8. *Porcentaje de hogares donde ninguno de sus miembros tiene derecho a servicio de salud:*

$$PHSDS = \frac{HSDS}{TH} \times 100$$

donde $HSDS$ son los hogares —familiares o no familiares— donde todos sus miembros no tienen derecho a un servicio de salud. Se considera servicio de salud si son derechohabientes del IMSS, ISSSTE, PEMEX, Defensa, Marina; Seguro Popular; institución privada; instituciones de salud y/o seguridad social de los gobiernos estatales; otras instituciones de salud y/o seguridad social; o instituciones de salud privadas que brindan servicios médicos subrogados.

9. *Porcentaje de la población económicamente activa ocupada que gana 3 o menos salarios mínimos:*

$$PPEA3SM = \frac{PEA3SM}{PEAO} \times 100$$

donde $PEA3SM$ es la población económicamente activa (PEA) ocupada que declaró recibir hasta 3 salarios mínimos como retribución por su trabajo, y $PEAO$ es la PEA ocupada que declaró ingresos laborales. Como se dijo anteriormente, esta medida se calculó con los datos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000.

A diferencia de los demás indicadores, la razón de dependencia en la primera infancia no oscila de 0 a 100, ya que el numerador no forma parte del denominador, sino que ambos son subconjuntos ajenos de la población total. Si bien la razón de dependencia en la primera infancia pudiera exceder a 100, debido a la forma como las poblaciones humanas evolucionan, rara vez es mayor de 50 o 60 por cien. De acuerdo con las proyecciones vigentes del CONAPO, el máximo de la razón de dependencia infantil, entre los 2,454 municipios existentes en 2005, iría en continuo descenso con el paso de los años y en todo momento sería inferior a 40 por cien.



Cambio Climático y Recursos Pesqueros Masivos de México

Tripp-Valdez, M.A¹, Lluch-Cota, S.E¹.

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C, Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, 23096, México.

RESUMEN

El presente trabajo, muestra los resultados obtenidos de una propuesta de plan de adaptación al cambio climático de los recursos pesqueros masivos de México: atún, sardina, mero y calamar. Este proyecto se realizó de manera interdisciplinaria con la participación de diversos grupos de trabajo, elaborando ejercicios de detección y atribución al cambio climático, escenarios de cambio en un futuro cercano y futuro lejano; análisis de vulnerabilidad para cada recurso; un plan de adaptación para cada recurso, el cual incluye un análisis de marco lógico con medios de verificación e indicadores de éxito; desarrollo de una estrategia de monitoreo tanto ambiental como del plan de adaptación y finalmente una estrategia de divulgación de los resultados.

Esto se realizó con el objetivo de proveer a la autoridad de las herramientas necesarias para la toma de decisiones y la planeación de la actividad pesquera de los recursos pesqueros masivos. De los ejercicios realizados, se concluye que la información disponible actualmente sobre las condiciones oceanográficas de los mares mexicanos presenta una elevada heterogeneidad y carecen de confiabilidad necesaria para el desarrollo de pronósticos climáticos y pesqueros.

Además, las estrategias propuestas en el plan de adaptación permitirá incrementar el conocimiento sobre los efectos potenciales del cambio climático en los recursos y que este sea implementado con los planes de manejo.

Introducción

Cambio Climático

De acuerdo a su último reporte, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) menciona que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, tal como lo evidencian las observaciones en el incremento de la temperatura promedio del aire, del océano, el incremento en el nivel promedio del mar y en derretimiento de glaciares. Ante esta problemática, el estudio de los efectos del cambio climático sobre las sociedades y los sistemas ecológicos se ha vuelto una prioridad (IPCC, 2007).

Actualmente es difícil predecir a ciencia cierta los impactos del cambio climático sobre los sistemas naturales, sin embargo, las observaciones actuales han encontrado cambios en los sistemas naturales y en los organismos derivados de cambios en la temperatura ambiente así como en cambios en la estacionalidad. Entre estos están los cambios en la fenología, es decir, cambios en las temporadas migratorias y reproductivas de los organismos; cambios en los intervalos de distribución geográfica de las poblaciones; cambios en el tamaño corporal de los organismos y como consecuencia de los tres factores anteriores; cambios en las interacciones interespecificas y en las redes tróficas en los ecosistemas naturales (Parmesan, 2006; Quentin Grafton, 2010).¹

¹ FAO. 2008. Report of the FAO Expert Workshop on Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture. Roma, Italia, 7–9 April 2008. FAO Fisheries Report. No. 870. Roma, FAO. 2008. 32p.



Con lo anterior, se hace evidente que el cambio climático tendrá efectos significativos sobre los servicios eco sistémicos a una escala global, la actividad pesquera esta en un foco de atención debido a su importancia como actividad económica así como fuente de proteína en muchos países en desarrollo (FAO¹). FAO ha documentado que cerca de 42 millones de personas trabajan directamente en el sector y a esto se suman aquellas personas que trabajan en las industrias asociadas; tanto en el procesamiento, la distribución, el mercadeo y el abasto al por menor, incrementando a varios cientos de millones de personas que dependen de alguna manera de la actividad pesquera (Cochrane et al. 2009).

Actualmente se reconoce que las variaciones en la temperatura como consecuencia del cambio climático así como fluctuaciones naturales, tendrían serias consecuencias en la seguridad alimentaria, como consecuencia de la disminución de la disponibilidad local o de la calidad del pescado para la alimentación (Cochrane et al. 2009). Entre los efectos del cambio climático en la pesca que ya se observan actualmente, FAO ha documentado:

- En las aguas marinas los procesos climáticos y los eventos meteorológicos extremos aumentarán en frecuencia e intensidad. El más conocido de todos ellos es el fenómeno de El Niño en el Sur del Pacífico.
- Es probable que el actual calentamiento de los océanos mundiales continúe, pero con diferencias geográficas y cierta variabilidad cada diez años. El calentamiento es mas intenso en las aguas superficiales pero no sólo se limita a éstas. El Atlántico muestra señales claras del calentamiento en aguas profundas.
- Ya se han observado cambios en la distribución de los peces en respuesta a las variaciones climáticas, generalmente involucrando expansiones hacia los polos de las especies de aguas más cálidas y contracciones alrededor de los polos de especies de aguas más frías.
- Se están produciendo cambios en la salinidad de los océanos, con un aumento de la salinidad en las aguas cercanas a la superficie de las zonas más evaporativas de la mayoría de los océanos mundiales. Por otro lado está disminuyendo la salinidad en

las zonas marinas de las latitudes altas debido al aumento de las precipitaciones, mayor escorrentía, deshielo y otros fenómenos atmosféricos.

- Los océanos se están volviendo más ácidos, con probables consecuencias negativas para muchos arrecifes de coral y organismos relacionados con el calcio.

Un aspecto esperado del cambio climático mundial es un posible crecimiento en la variabilidad de las condiciones ambientales, por lo que se pone de relieve la necesidad de adaptabilidad del sector y de que se obtengan los niveles económicos óptimos en cuanto a la capacidad pesquera, teniendo en cuenta la variabilidad climática y el cambio climático.

Las Pesquerías Masivas en México

Dentro de las pesquerías más importantes a nivel nacional se encuentran las pesquerías industrializadas que capturan grandes volúmenes de pocas especies (recursos masivos) y que en conjunto aportan arriba del 70% del total de captura nacional: pelágicos menores (50%), atún (14%) y calamar (7%).

Pelágicos Menores: La pesquería de pelágicos menores inició en México en la región de Ensenada en los 1920s, a finales de los 1960s se desarrollo en Bahía Magdalena y en la década de los 1970s en el Golfo de California, donde se capturan actualmente >500,000 ton/año. Se trata de una pesquería con rendimientos muy variables. Por ejemplo, en el Golfo de California se registró un colapso de 300,000 toneladas en 1989 a menos de 3,000 en solo dos años, y posteriormente una recuperación hasta cerca de las 150,000 en una sola temporada. Estas fuertes fluctuaciones están acompañadas de fuertes cambios en la composición de la captura, conflictos a lo interno del sector y una alta incertidumbre para el manejo. Las pesquerías de pelágicos menores representan, a nivel mundial, el caso más emblemático de fluctuaciones importantes en distribución y abundancia asociadas a variabilidad climática (no explicada por el esfuerzo de pesca), particularmente a escalas de décadas (Chávez et al., 2003).

Calamar: El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) presenta un intervalo de distribución desde Monterey, California (USA) hasta Chile en



Sudamérica. Aunque la especie se distribuye ampliamente en el Pacífico Mexicano, es en la región Noroeste donde se pesca todo el calamar gigante de la nación. Uno de los aspectos más interesantes de esta población es su aparente incremento en abundancia y extensión en su distribución latitudinal durante los últimos años (actualmente se presenta de forma regular en regiones subpolares), aparentemente de manera independiente a la señal de temperatura. Estas observaciones han despertado interés en la búsqueda de otros mecanismos y una relación con la capa de mínimo Oxígeno. En estudios de marcado de la especie se ha observado que, a diferencia de la mayoría de las especies, el calamar es capaz de cruzar esta capa de mínimo oxígeno (que se distribuye actualmente entre los 100 y 500 metros de profundidad, dependiendo de la región) y mantener su actividad metabólica relativamente independiente de la disponibilidad de oxígeno (Kahru y Mitchel, 2008; Service 2004, 2007).

Atún: México contribuye con más del 2.5% del total mundial de pelágicos mayores. El atún aleta amarilla (*Thunnus albacores*) constituye la principal especie constituyendo el 82% de las capturas de la flota mexicana durante el periodo 2002-2006, seguida del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) con el 13%. La captura de otras especies, con excepción del atún aleta azul, se considera incidental. Las principales zonas de captura de esta especie se localizan en el Océano Pacífico Oriental, principalmente en la boca del Golfo de California, frente a la península de Baja California y hacia el sur, cerca de las Islas Revillagigedo. Además de la pesquería en el Pacífico Mexicano, el Atún aleta amarilla también se captura en el Golfo de México con desembarques muy inferiores a las registradas en el Océano Pacífico pero superiores a las 1,000 toneladas anuales (INP, 2001). El atún aleta amarilla es una especie epipelágica que habita en aguas tropicales y subtropicales de todos los océanos y mares del mundo excepto el Mediterráneo. En el Océano Pacífico Oriental se distribuye desde los 35° N hasta los 33° S. La temperatura es un factor determinante en su distribución, encontrándose en concentraciones comerciales entre 20 °C y 30°C. La estructura de la columna de agua parece ser el principal factor que determina la distribución vertical de esta especie, localizándose generalmente por arriba de la termoclina. La disponibilidad de alimento en áreas de temperatura óptima es también un factor

importante donde el atún aleta amarilla tiende a agregarse, coincidiendo así su presencia en áreas de surgencia y frentes oceánicos (Torres -Orozco et al., 2005). La pesquería de esta especie es menos variable que la de pelágicos menores (sardina) o del calamar, aunque también se ha observado una considerable variabilidad interanual. Torres-Orozco et al. (2005) identificaron una relación positiva entre El Niño y la abundancia del atún aleta amarilla en el Pacífico Mexicano.

Antecedentes y objetivo del Proyecto

Ante los efectos negativos del cambio climático global sobre las diversas actividades económicas, actualmente un considerable número de países están desarrollando planes de adaptaciones como en Europa², Estados Unidos³, Australia⁴, y países Africanos⁵. Sin embargo, hasta el momento es evidente que el sector pesca se ha mantenido al margen de estos planes de adaptación, siendo muy pocas las medidas de adaptación y mitigación para este sector.

Los administradores de los recursos deben implementar estrategias efectivas de mitigación y de adaptación mucho antes de que ocurran los impactos esperados por el cambio climático. Esta tarea es un reto por dos razones: Primero, la mayoría de los administradores de recursos no poseen el personal o el presupuesto para manejar sus áreas con el fin de evitar los efectos negativos potenciales de los cambios climáticos. Segundo,

² CLIMATE-ADAPT. European Climate Adaptation Platform. En: www.climate-adapt.eea.europa.eu visitado el 14/11/2012

³ NRC (2010). Adapting to the Impacts of Climate Change. National Research Council. The National Academic Press, Washington,DC, USA.

⁴ The National Climate Change Action Plan Fisheries and Aquaculture. 2010. Australian Fisheries Management Forum for the Natural Resource Management Ministerial Council. Disponible en: www.daff.gov.au

⁵ FAO. Adapting to climate change. The ecosystem approach to fisheries and aquaculture in the near east and north Africa region. En Curtis, L., M. Beridge, Rahman el-Gamal y P. Mannini (eds) Workshop Proceedings: FA/WorldFish Workshop, Abbassa, Egipto.



existe una incertidumbre considerable con respecto a la naturaleza y la extensión de los cambios futuros en el clima, así como la forma en que los sistemas humanos y naturales van a responder a esos cambios, con o sin estrategias de mitigación o de adaptación.

La capacidad de los administradores de crear y llevar a cabo políticas y decisiones de manejo mejor informadas relacionadas al cambio climático puede ser mejorada por medio de:

1. un aumento en el acceso a la información y el entendimiento de las causas y las consecuencias del cambio climático por parte de los administradores; y
2. proveyendo a los administradores de las herramientas que les permitirán identificar y comparar las estrategias de mitigación y adaptación.

Las estrategias de adaptación se basan en un “enfoque de ecosistema”, definido como un enfoque amplio e integral para entender y anticipar los cambios ecológicos, evaluar la serie completa de consecuencias y elaborar respuestas apropiadas de gestión.

México tiene un fuerte compromiso con el tema del cambio climático en lo referente a la planeación a futuro de medidas de adaptación en los sectores clave de la actividad económica y social. Actualmente existen avances considerables en los sectores de economía, turismo, agricultura, agua y medio ambiente, sin embargo, se hace necesario ampliar estas acciones hacia sectores como la pesca, que representa la principal forma de sustento y desarrollo de diversas comunidades de nuestro litoral. En este sentido, el presente trabajo se enmarca en los lineamientos generales del programa sectorial de SAGARPA enlistado en el Programa Especial de Cambio Climático y sus resultados constituirán un insumo de información técnica y científica para el proceso de toma de decisión de las autoridades.

El presente proyecto tiene como objetivo generar una base de información para la toma de decisiones en el sector pesquero ante los impactos del cambio climático de los recursos masivos sardina, atún y calamar, así como el recurso mero por considerarse

fuerte componente en las pesquerías del Golfo de México.

El proyecto fue diseñado para abordar el objetivo a través de seis módulos con especialidades diferentes; análisis de detección y atribución, desarrollo de escenarios climáticos, análisis de vulnerabilidad y estrategias de adaptación para cada pesquería considerada, así como un esquema de monitoreo del éxito de la adaptación y una propuesta de divulgación de los conceptos y resultados.

Detección y Atribución

Uno de los grandes retos en la investigación del efecto del cambio climático sobre los ecosistemas naturales es distinguir e identificar eficazmente las señales de cambio climático de aquellas perturbaciones que son consecuencia de las actividades antropogénicas o variabilidad natural, ajenas a factores climáticos.

Los estudios de detección y atribución no son necesarios para el diseño de las estrategias de adaptación, pero resultan indispensables para el monitoreo del éxito de la misma, toda vez que es la forma de percibir el grado de exposición de nuestros sistemas (ecosistemas, sistemas pesqueros, sistemas socioeconómicos) ante el cambio y la variabilidad climática. A continuación se muestran tres casos de estudio que si bien no se enfocan en las especies del objetivo de este trabajo, si nos dan una idea de la manera de evaluar el impacto sobre los sistemas naturales.

Caso 1: se comparó la distribución y abundancia actual del abulón (dos especies) en la costa occidental de la Península de Baja California, con la que existía hace 40 años, gracias a la localización de un estudio muy fino de exploración ecológica realizado por Guzmán del Proo a finales de los 1960s y la replicación de parte de sus muestreos (mismos puntos, misma época del año, mismo método), a través de una serie de campañas de campo y la participación de buzos profesionales. Los resultados mostraron que contrario a lo que se ha reportado para muchos sistemas similares en diferentes regiones del planeta, y particularmente para los abulones de la costa suroeste de los Estados Unidos de América, no se detecta un corrimiento latitudinal de estas especies como consecuencia del cambio climático. El resultado es particularmente significativo dado que se trata del límite sur de distribución de organismos sedentarios



de vida larga, condición ideal para detectar el impacto del cambio climático en componentes ecológicos, si existiera señal.

Caso 2: A partir de un estudio de dinámica poblacional de almeja generosa en la región de Bahía Magdalena, en la costa occidental de Baja California Sur, se logro reconstruir series de tiempo de calidad de hábitat y buscar patrones de cambio ambiental con impacto en estos organismos, considerados como extremadamente longevos, sin embargo, este modelo de estudio no resulto de utilidad para este propósito dada su bajo nivel de explotación comercial, a que las edades de las poblaciones fueron mucho menores y que no existe una relación directa entre el reclutamiento y la temperatura, sino que parecen responder a variables ambientales diferentes a los cambios en la temperatura.

Caso 3: En el tercer caso se abordó principalmente el tema de acidificación del océano y su impacto en organismos bentónicos costeros (puntos de quiebre). La principal aportación de la actividad fue la generación de capacidades institucionales y humanas para profundizar en estas evaluaciones a futuro se exploró la tolerancia fisiológica y supervivencia de nueve especies de invertebrados bentónicos de la zona ante condiciones de acidez, cubriendo cuatro grupos taxonómicos (cnidarios, artrópodos, moluscos y equinodermos), como una forma de documentar su sensibilidad.

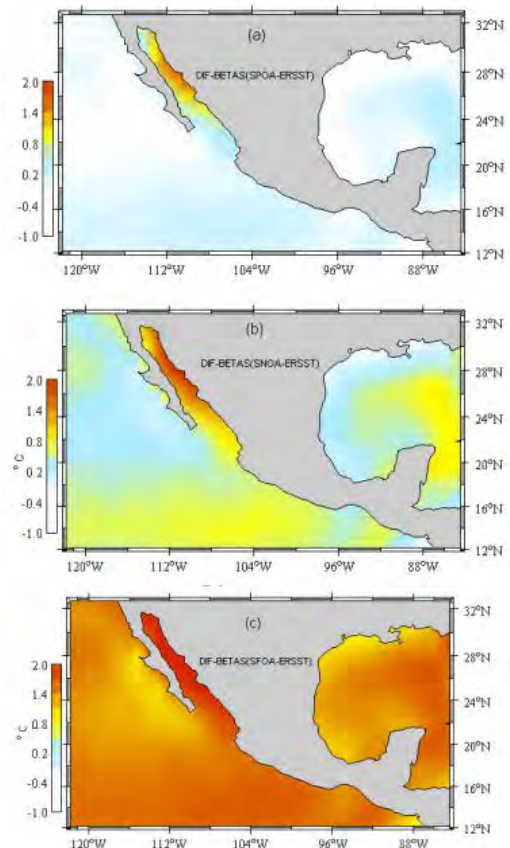
Escenarios de cambio y Variabilidad climática

Dentro de este tema, se realizó el análisis de los escenarios de cambio climático derivados de se realizó el reconocimiento de niveles de exposición de los mares mexicanos ante señales observadas de cambio (tendencias recientes). Para el caso de los escenarios, se utilizaron los escenarios A1 y B1 los cuales son congruentes con las convenciones internacionales del IPCC y cubren dos periodos en el futuro: 2015-2039 y 2075-2099 (fig. 1).

Por otro lado, en el reconocimiento de los niveles de exposición, se identificaron ocho regiones con diferente exposición a al variabilidad climática: en el lado del Pacífico la costa occidental de la península).

de Baja California no muestra una tendencia clara, en el Golfo de California se muestra una tendencia modesta de enfriamiento durante los últimos 20 a 25 años, en la parte mas oceánica del Pacífico se nota una tendencia intensa de enfriamiento, la región mas tropical muestra una tendencia de calentamiento y se forma una banda de transición sin tendencia entre ambas regiones. En el Atlántico, la parte noroeste del Golfo de México muestra una tendencia de enfriamiento, mientras que la parte oeste, junto con el Caribe, se ha estado calentando por al menos los últimos 30 años (fig.2)

Fig. 1: Diferencias de pendientes entre la temperatura superficial actual observado para la serie ERSST para el periodo 1979-2003 (a) con el patrón en el futuro cercano 2015-2039 (b) y el patrón futuro lejano 2075-2099 (c)



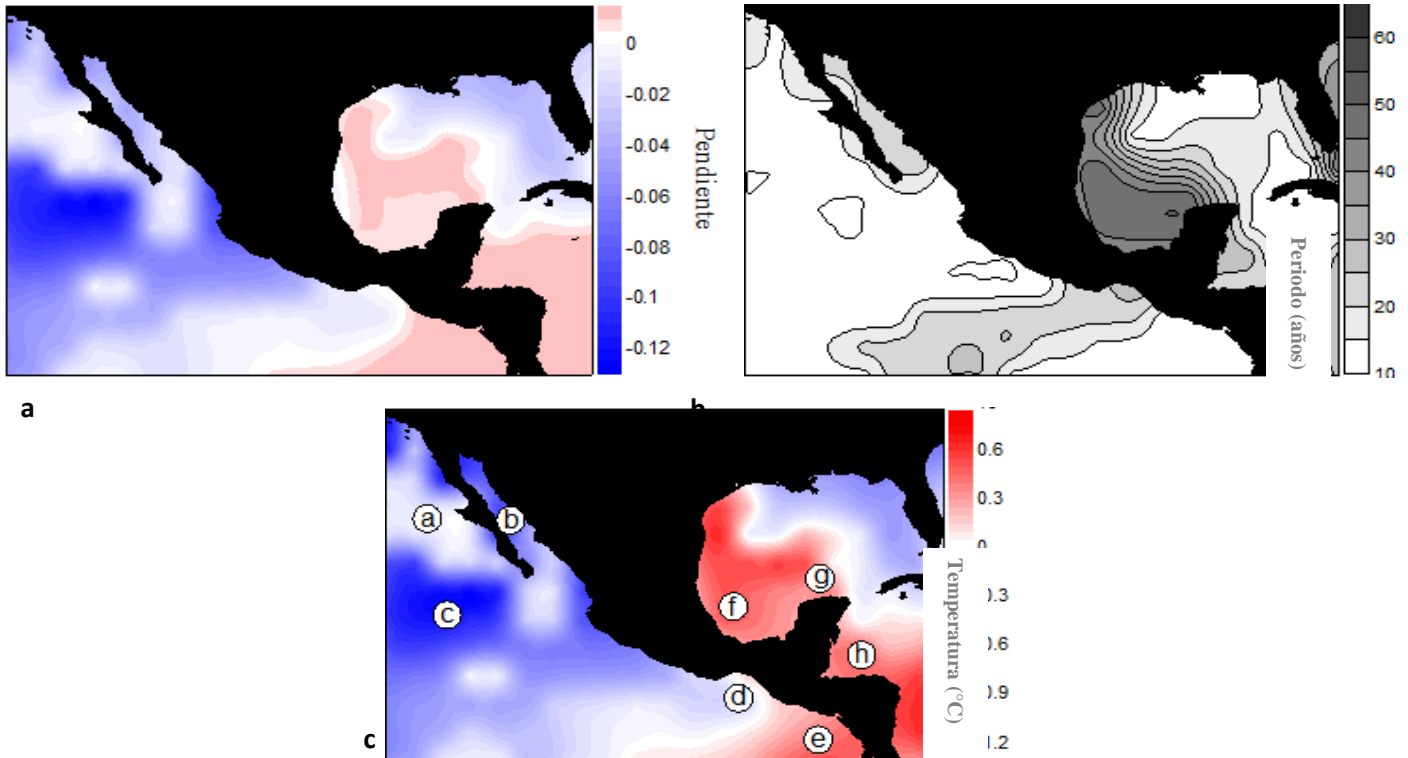


Fig. 2: Distribución espacial de la tendencia ajustada más reciente mostrada en valor de la pendiente (a) longitud del periodo en que se ha mantenido esa pendiente (b) y el cambio total (c).

En su conjunto, las labores dentro de este módulo nos permitieron aprender que los mares mexicanos presentan una gran diversidad de sistemas con una extrema complejidad climática por tratarse de zonas de transición. Esto pone en evidencia que no podemos asumir tendencias de cambio comunes para todos nuestros mares, ni siquiera a nivel de grandes cuencas (Pacífico y Atlántico). La incertidumbre que percibimos en las salidas de los modelos de circulación global es, para nuestra región, un claro impedimento para adoptarlos como proyecciones de cambio climático sobre las que podamos construir escenarios futuros de producción pesquera

Análisis de vulnerabilidad por pesquería.

Para este bloque, se realizaron consultas con expertos en talleres con participación de diversas instituciones. El objetivo central de los talleres fue analizar información básica de cada recurso pesquero en términos de sus relaciones con el ambiente y la vulnerabilidad propia de cada recurso para establecer la factibilidad de generar modelos ambiente-recurso con el potencial de proponer escenarios de producción pesquera ante diferentes realidades del ambiente físico. Con los talleres, se llegó a un consenso entre los especialistas sobre la imposibilidad actual de generar modelos de producción, debido a la enorme incertidumbre que tienen los modelos climáticos para nuestros mares. Se construyeron modelos recurso ambiente a través de funciones empíricas en cuatro formas distintas, en función de las características de cada recurso y el grado de conocimiento que se tiene de ellos:



Mero: Relación lineal simple entre la temperatura en una región del Banco de Campeche con el éxito de reproducción.

Sardina: Combinación múltiple de temperatura del mar en el Golfo de California, índices climáticos (PDO) y un componente de surgencias derivado de viento, con el tamaño poblacional.

Atún: Relación lineal directa entre la serie anualizada de área del Pacífico Tropical Oriental con temperaturas mayores a 22°C y la serie de reclutamiento del atún del Pacífico mexicano.

Calamar (incompleto): Relación entre la distribución y abundancia del recurso con las variables temperatura y producción primaria (color del mar desde satélite)

Plan de adaptación ante el cambio climático

Se construyó un plan de adaptación para los recursos pesqueros masivos de México a partir de la información generada por las consultas con los expertos, así como de la consulta de métodos y alcances en diversos países, el desarrollo de un diagnóstico del estado actual de los sistemas pesqueros de interés y finalmente con el desarrollo de un análisis de percepción del sector pesca ante el tema de cambio climático. Para realizar este objetivo, se realizaron visita a las zonas del País donde se realizan estas pesquerías y el desarrollo de talleres con los principales actores de cada una, donde se les presentó la intención del proyecto y se recopiló la información de insumo para la construcción del árbol de problemas y su contraparte de soluciones.

En el módulo se reconoció que la implementación de estrategias enfrenta reto la incertidumbre con respecto a la naturaleza y la extensión de los cambios futuros en el clima, así como la forma en que los sistemas humanos y naturales van a responder a esos cambios, con o sin estrategias de mitigación o de adaptación. En este sentido, la estrategia estuvo enfocada al aumento en el acceso a la información y el entendimiento de las causas y las consecuencias del cambio climático por parte de los administradores y a proveer de las herramientas que les permitirán identificar y comparar las estrategias de mitigación y adaptación. La metodología realizada en esta sección permitió detectar que factores, tanto climáticos como no

climáticos, constituyen un mayor riesgo para el sector pesquero, de acuerdo a los manejadores de las pesquerías. En este sentido, la estrategia estuvo enfocada al aumento en el acceso a la información y el entendimiento de las causas y las consecuencias del cambio climático por parte de los administradores y a proveer de las herramientas que les permitirán identificar y comparar las estrategias de mitigación y adaptación.

Mediante la metodología de Marco Lógico, se reconoció la problemática que enfrenta actualmente el sector pesquero y a partir de esta se reconocieron dos fines a lograr:

1: La autoridad cuenta con los elementos técnicos suficientes para el manejo adecuado de los recursos pesqueros masivos

2: El sector productivo, en su toma de decisiones para la continuidad del negocio, considera los efectos del cambio climático y otros riesgos.

Para cumplir con el primer fin, se considera como componentes indispensables la generación de conocimiento sobre las relaciones recurso-ambiente y su variabilidad, lo cual incluye una expansión y mejora de las bases de datos que existen actualmente en México, así como contar con la capacidad de detección temprana de cambios ambientales significativos mediante la generación de un sistema de observación oceanográfica, es decir, establecer una red de boyas y sensores fijos que transmitan información de manera remota hacia los centros de recepción. Esta información funcionara como herramienta para el desarrollo de herramientas que permitan la construcción de modelos climáticos adecuados para los mares mexicanos.

Para el cumplimiento del segundo fin, se propone generar mayor conocimiento sobre los efectos del cambio climático como un factor de riesgo en cada una de las partes de la cadena productiva de los recursos pesqueros masivos, para lo cual se plantea la creación de proyectos de investigación enfocados a la administración de los riesgos y a cuantificar los costos potenciales de los efectos del cambio climático y la variabilidad climática. Por otro lado, se plantea que es necesario promover mecanismos financieros para la cobertura de riesgos en el sector pesquero, creando fondos que apoyen o complementen los gastos asociados a la cobertura



de riesgo a micros y medianos productores pesqueros, permitiéndoles enfrentar los riesgos asociados a eventos climáticos de corto plazo.

Esquema de monitoreo.

Este módulo está formado por dos componentes, distintos en la forma en que se llevan a cabo, pero que de manera integrada resultan de gran importancia para mantener la observación a futuro de los cambios en cada uno de los componentes del plan de adaptación tanto en la evaluación constante de las medidas de adaptación, así como de cambios en el componente ambiental.

Dentro del esquema de monitoreo del plan de adaptación, se identificaron verificadores del éxito de cada una de las medidas de adaptación propuestas y la calendarización de las mismas. A partir de los trabajos realizados en diferentes estados del país, relacionados con las cuatro pesquerías masivas, se realizaron talleres con expertos con el objetivo de validar las estrategias y acciones para mitigar y/o adaptarse a los riesgos potenciales del cambio climático así como su factibilidad de aplicación y su priorización. Para esto, se utilizaron los criterios de: a) posibilidad, b) conveniencia, c) costo, d) impacto y e) efectividad.



Fig. 3: Boya oceanográfica instalada para el monitoreo continuo.

Para el monitoreo ambiental, se generaron capacidades para el monitoreo continuo del ambiente mediante la instalación de una unidad de observación (boya oceanográfica; fig 3) instalada en la costa occidental de Baja California y que actualmente se encuentra ya en funcionamiento. Además, se realizaron importantes aportaciones para el establecimiento de un proyecto de monitoreo oceanográfico a nivel nacional.

Plan de difusión

Este último componente tiene como objetivo principal el de ofrecer a la autoridad un plan de medios para promover la difusión de temas de cambio climático y pesquerías en la población general, así como de los avances obtenidos en el plan de adaptación. Esto se ha logrado hasta el momento gracias a la intensa participación del grupo de difusión del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, con el que se ha logrado difundir diversas entrevistas a expertos en los temas de cambio climático y pesquerías, así como producir un documental televisivo con el tema relacionado al plan de adaptación y diversos artículos publicados en la prensa nacional.

Adicionalmente, se desarrolló una importante actividad de socialización de los resultados con los involucrados en los talleres de adaptación por pesquería, mediante la visita del grupo de trabajo a los estados, la presentación de los resultados y su validación por parte de interesados. Consideramos que mediante estas actividades logramos no sólo transmitir a los usuarios de la información (principalmente sector pesquero), sino también al público en general, los alcances y resultados del proyecto.

Conclusiones del proyecto

- Distinguir la señal de cambio climático de otros impactos antropogénicos o variabilidad climática constituye un punto fundamental para evaluar los potenciales riesgos en los sistemas naturales, por lo que se hace necesario tener una mayor comprensión sobre la respuesta de diversos organismos ante la exposición de diversos factores de estrés derivados de cambio climático, tales como un incremento en la temperatura,



disminución en el pH del mar y disminución en la concentración de oxígeno.

- Los resultados derivados del uso de escenarios de cambio climático y de datos de captura de las especies de pesquerías masivas indicaron que al momento no es factible realizar pronósticos ni en el incremento de la temperatura a nivel nacional, ni en el comportamiento de las pesquerías. La alta heterogeneidad en el comportamiento de la temperatura superficial del mar encontrada en las costas mexicanas denota que es necesario desarrollar sistemas de monitoreo continuo de diversas variables oceanográficas y atmosféricas, lo que permita producir información que pueda ser utilizada como herramienta para generar modelos climáticos regionales adecuados para el territorio nacional, así como para ser utilizado como sistema de alerta temprana ante fenómenos climáticos extremos.
- La metodología del marco lógico para el plan de adaptación permitió identificar diverso indicadores y medios de verificación que permitan corroborar la efectividad del plan. Dichos indicadores consideran no solo se enfocan a los manejadores del recursos, sino también a los demás eslabones de la cadena productiva y en particular importancia a personal académico, ya que se considera indispensable para el funcionamiento del plan de adaptación, la generación de mayor información técnica y científica que permita incrementar el conocimiento sobre las variaciones climáticas y cambio climático, para que esta información pueda implementarse en los planes de manejo de las pesquerías.
- Parte de que el plan de adaptación se lleve a cabo con éxito, depende de que la información generada no se restrinja a los manejadores de los recursos y al personal académico, sino que esta se difunda hacia el resto de los involucrados en el sector pesquero y a un público en general. De esta manera se aumenta el conocimiento de los efectos del cambio climático en el sector económico y permite generar mayor conciencia de cada una de las partes del sector.

Fuentes de consulta.

1. Chavez, F.P., J. Ryan, S.E. Lluch-Cota y M. Niquen. 2003. From anchovie to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, 299.
2. Cochrane, K., C. De Young, D. Soto y T. Bahri. 2009. *Climate Change implications for fisheries and aquaculture. Overview of current scientific knowledge*. FAO. Roma, Italia. 212pp.
3. INP. 2001. *Evaluación y manejo de la pesquería del atún en el Golfo de México*. México. 25pp.
4. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change*. En S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and NY, USA. 996pp.
5. Parmesan, C. 2006. *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. *Annual Review of ecology, evolution and systematics*. 37. 637-669.
6. Quentin Grafton, R. 2010. *Adaptation to climate change in marine capture fisheries*. *Marine Policy*. 34. 606-615.
7. Torres-Orozco, E., A. Transviña, A. Muhlia-Melo y S. Ortega-García. 2005. *Dinámica de mesoscala y capturas de atún aleta amarilla en el Pacífico Mexicano*. *Ciencias Marinas*. 31(4). 671-683.

Adaptación



Mejoramiento del comportamiento térmico en vivienda de interés social, en clima cálido subhúmedo por medio de simulación.

Mareny Arredondo Martínez¹, Raúl Pável Ruiz Torres²

Universidad Autónoma de Chiapas

E-mails: ¹ m_a_r_e_n_y_@hotmail.com ² pavelvvg@msn.com

Resumen.

Se expone el resultado de la evaluación del comportamiento térmico de la vivienda de interés social, mejorada con estrategias pasivas en clima cálido subhúmedo, tomando un caso de estudio representativo en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Se abordó tres etapas: Evaluación experimental de la vivienda con la teoría de climatología dinámica, utilizando registradores de datos de la familia HOBO, durante un periodo crítico de calor; propuesta de estrategias pasivas de mejoramiento térmico y, evaluación por simulación del comportamiento térmico de la vivienda mejorada, mediante el software Energy Plus. Se demuestra la conveniencia de utilizar estrategias pasivas para el mejoramiento térmico de la vivienda. Los datos registrados en el software varían de acuerdo a las características físicas y regionales de estas. Finalmente se evidencia que el usar las estrategias pasivas de climatización para reducir las ganancias térmicas, propiciará minimizar el uso de sistemas mecánicos para climatizarla y por ende disminuir el consumo energético generado por esta.

INTRODUCCIÓN.

Se muestra la comparación térmica y resultados de simulación térmica de una vivienda de interés social, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, localizado en una zona tropical con lluvias en verano, con tipo climático Aw. por lo que en gran parte del año se viven altas temperaturas durante el día, llegando incluso, en casos excepcionales, hasta 42° C. (Ayllón, 1996)

Tuxtla Gutiérrez como muchos lugares del país han presentado un incremento de población en las últimas décadas, (INEGI, 2010) modificando las formas de vida entrando al mercado el sistema tradicional de vivienda¹, poniéndose de moda las

viviendas de interés social²; al ser prototipos pequeños que se insertan en cualquier lugar sin considerar condiciones de clima, materiales y necesidades de individuos, convirtiéndose en hogares inadecuados térmicamente en un clima cálido subhúmedo, al elevarse la temperatura interior por el almacenamiento de energía radiante durante el día y su liberación por la noche, teniendo que recurrir al uso de tecnologías de alta entropía para climatizar la vivienda, incrementando el consumo de energía y por ende gasto económico (CONAVI, 2001-2006). Siendo la climatización y los electrodomésticos los que ocupan el 3er lugar en consumo de energía, con el 20%, superado por el gas licuado con 40% y el uso de leña con 35.5%, consumos a considerar ya que el sol no es la única fuente de energía que adiciona ganancias de temperaturas al interior de la vivienda.

La inestabilidad térmica que se presenta, no solo provoca daños en la salud del propietario sino también deterioro al ambiente y efectos económicos negativos por el alto consumo de energía eléctrica para climatizar (González, 2007).

Los resultados están basados en el análisis térmico de dos zonas de la vivienda de interés social para evaluar experimentalmente y comparar a través del programa de simulación térmica EnergyPlus, la eficiencia de las estrategias pasivas como técnicas de enfriamiento que mejoren el comportamiento térmico interior, mostrando que las temperaturas superficiales interiores de la techumbre (TST) y temperatura superficial en muros (TSM) en la experimentación, están por arriba de los 30°C,

aspecto se evalúa en términos de cuánto dura la vivienda y el mantenimiento que tiene (GONZALEZ G, 2007)

² Lotes menores de 90 m², con un frente no menor de 6m y por las zonas en que se ubican sean promovidas por instituciones del sector público y privado (Ley de Fraccionamientos del estado de Chiapas.).

¹ En México, la tecnología tradicional se basa en el concreto y el tabique, por ello decimos que esas viviendas son de calidad, aunque hay otras más que tienen otros materiales, y este

temperatura que se considera límite para que el ser humano no sufra en su metabolismo problemas por estrés térmico, considerando que la temperatura superficial de la piel se mantiene entre los 31°C y 34°C (Auliciems, 1997); comprobando mediante la simulación térmica que el uso de estrategias y técnicas pasivas de climatización en la arquitectura, con clima cálido subhúmedo, mejoran el comportamiento térmico de la vivienda de interés social, obteniendo temperaturas de 34.70°C para la TST de la zona 1 y 31.79°C para la TST en la zona 2, cuando la temperatura del aire está entre los 30°C y disminuyendo el gasto económico, al evitar invertir en productos de alta entropía, o simplemente al reducir las horas de uso de estos equipos. Siendo el proceso de simulación (ENERGY PLUS), el que permitió simular y proporcionar resultados confiables.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.

Descripción.

Tuxtla Gutiérrez se ubica en latitud norte 16°45' y longitud oeste de 93°08', teniendo una altitud de 570 msnm con temperatura promedio anual de 25.7°C, temperatura promedio mínima anual de 19.4°C y una humedad relativa anual de 65.0% (Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional 1981-2000). El prototipo de vivienda se encuentra ubicado en el Fraccionamiento Jardines del Pedregal al nor-orienté de la ciudad, ubicado en calle Cornalina, con número 229, con fachada orientación sureste sin ninguna estrategia pasiva de protección.



Fig. 1 Fachada, prototipo experimental

Tipología Constructiva.

El prototipo experimental está conformado por muros de block hueco de concreto, losa de concreto armado de 10 cm de espesor, con acabados finos esponjados tanto el interior como exterior de muros y losas, firme de concreto pulido en pisos; con una superficie de terreno de 90 m² y una superficie construida de 60m².

Metodología.

Se midió el comportamiento térmico, donde se seleccionó una casa muestra y se determinó 2 zonas específicas de evaluación, para examinar la TA (Temperatura del aire), TST Y TSM de cada zona y Temperatura exterior, con el equipo de medición HOBO. Figura 2

Se Identificó estrategias pasivas, con sustento en la revisión del estado del arte y conceptos básicos en cuanto al tema de confort térmico y estrategias pasivas.

1. Se evaluó por simulación térmica (ENERGY PLUS) y se interpretó los resultados para dar recomendaciones pasivas que mejoren el comportamiento térmico interior.

Análisis Climático.

Se determinó un periodo representativo de calor en el contexto de dicha localidad, basadas en las Normales Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (1981-2000); identificando el periodo con temperaturas altas durante el año, desde el 23 de abril al 8 de mayo. Con apoyo en la teoría de la Climatología Dinámica (Vecchia, 1997) se tomó el día 7 de mayo del 2012, como el de excepcional calor rebasando el promedio de las máximas de 35.7°C para el mes de mayo, superando 1.80°C al promedio de las máximas anuales de las normales climatológicas, por lo que la temperatura del día 7 de mayo se consideró como frecuente de suceder en esta época, además de que no existió fenómenos especiales que modificaran las temperaturas exteriores.

Equipos de medición.

El equipo de mediciones térmicas utilizado durante el experimento fue de la familia HOBO 8 Pro Series loggers y mediante un canal externo, con un cable termopar TMCx-HA HOBO, Figura 5, a través de lecturas automáticas de datos cada media hora, este lapso fue del 23 de abril al 8 de mayo 2012, definido como nuestro periodo representativo.

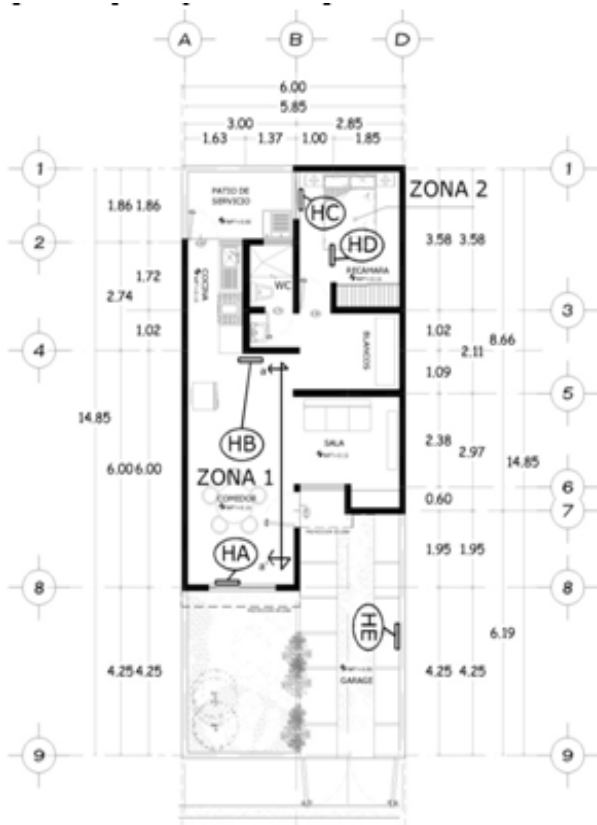


Figura 2. Ubicación de los equipos de mediciones térmicas en el espacio arquitectónico a evaluar. Fuente: Trabajo de campo

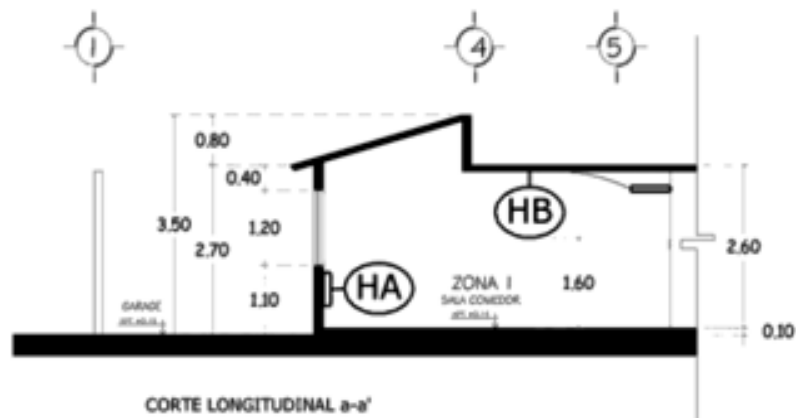


Figura 3. Localización HOBO A y HOBO B. Fuente: Trabajo de campo.

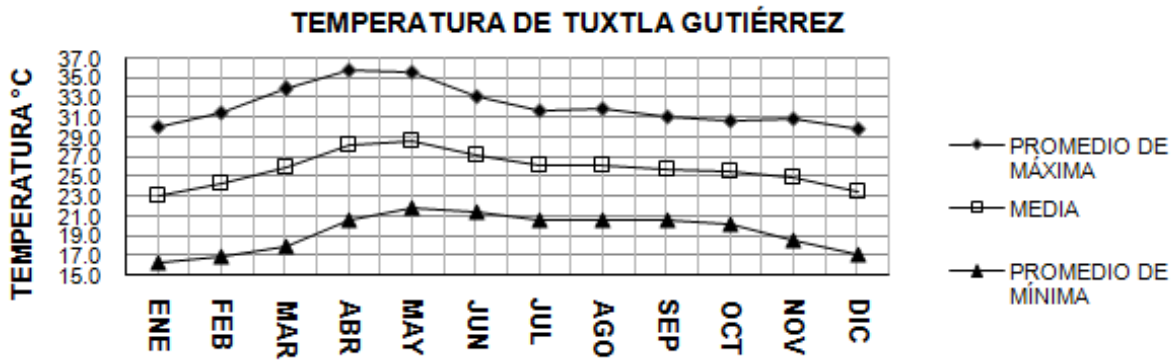


Figura 4. Temperaturas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas Fuente: Normales Climatológicas 1981-2000



Figura 5. Equipo de registro térmico continuo, de la familia HOBO 8. Fuente: Trabajo de Campo.

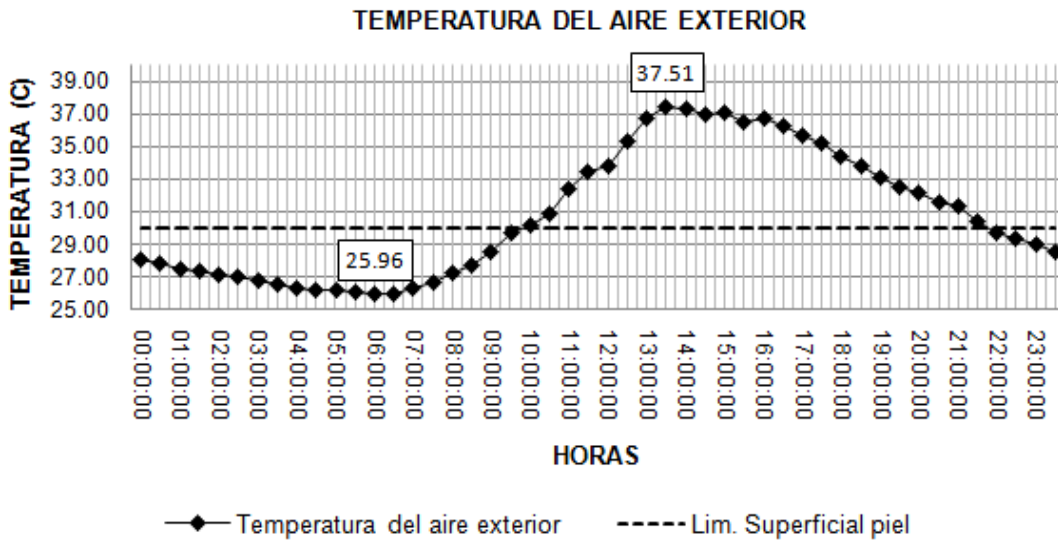


Fig.6. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con equipo de la familia HOBO.

Esta información es recabada por el equipo HOBO Shuttle y procesada mediante el programa de

cómputo Boxcar Pro 4.3. Es importante mencionar que para obtener mejores resultados en la medición

de temperatura superficial interior los sensores fueron aislados a través de Lim-Ter (grasa de silicón que evita la transferencia térmica de la marca steren) y poliestireno. Por último se comprobaron las estrategias pasivas de climatización con el programa Energy Plus para comprobar su eficacia.

Resultados.

Los registros térmicos de la Figura 6, realizados durante el día 7 de mayo de 2012, expone el comportamiento de la temperatura exterior, presentándose una temperatura máxima de 37.51°C, a las 13:30hrs y una mínima de 25.96°C, a las 6:00 hrs es decir, una amplitud térmica (AT) de 11.55°C en un lapso de 7:30 horas.

La Figura 7, refleja que la TSM, tiene ligeras variaciones de 2°C una de la otra, siendo el muro de la zona 2 con orientación poniente con mayor ganancia térmica, alcanzando temperaturas de 37°C a las 17:00 hrs, estando 18hrs del día, por arriba de la zona de confort, considerando como parámetro los 30°C, 1°C debajo de la temperatura superficial de la piel (Auliciems, 1997), con una amplitud térmica de 7.5°C en un lapso de 6hrs; caso similar para el muro sur de la zona 1 que alcanza TS 35.7°C para las 18:30 hrs, saliéndose de la zona de confort a partir de las 11:00hrs del día, hasta las 4:00hrs (16 hrs arriba de la zona de confort), con amplitud térmica de 7.39°C en un lapso de 9 hrs.

Mientras para la Figura 8, los techos se comportan de forma similar en las primeras horas del día hasta las 9:00 hrs, en donde se hace notable la diferencia de temperaturas entre las dos zonas, identificando que es en el techo donde recibe más aporte calórico, aumentando las temperaturas interiores, ilustrando que la amplitud térmica en la zona 1 es de 13.01°C, en un lapso de 8 horas y media, mientras que la amplitud térmica de la zona 2 del techo es 20.18°C en un lapso de 9 horas y media.

Estas temperaturas superficiales, generan ambientes inconfortables para los individuos como se muestra en la Figura 9, en donde la temperatura interior del aire está por arriba del límite superior de confort (Auliciems, 1997), comprobando que la zona 2 (cuarto), nunca alcanza un ambiente cómodo, con una amplitud térmica de 9.32°C, en 8hrs, caso contrario con la temperatura interior del aire en la zona 1 (muro sur), que a partir de las 5:00 hrs hasta las 10:30 hrs esta dentro de la zona de confort, presentando ganancias de temperatura elevadas las 19 horas restantes superando los 30°C, con una amplitud térmica de 8.22°C, en 8 horas y 30 minutos.

Para el análisis de las estrategias pasivas según el comportamiento térmico mostrado en las graficas anteriores, se apreció que las dos zonas sobre pasan el rango de confort térmico $Z_c = T_n \pm 2.5^\circ\text{C}$ (Auliciems, 1997), siendo la zona 2 la mas desfavorable. Ante este comportamiento se proponen 3 estrategias pasivas, la utilización del enfriamiento convectivo nocturno, elementos de protección para sombreado como louvers en ventanas y el doble techo.

El uso del enfriamiento convectivo nocturno se propuso, abriendo las ventanas de la vivienda a partir de las 22:00 hrs, cerrando estas a partir de las 8:00hrs durante todo el día hasta repetir el mismo proceso, el uso de louvers es únicamente para la ventana con orientación norponiente y evitar con estos la radiación solar directa, obteniendo el grado de inclinación a través del análisis de la grafica solar, protegiendo la ventana con louvers a cada 0.15m de separación y por último proteger el elemento con mayor ganancia térmica, la envolvente horizontal proponiendo colocar un impermeabilizante acrílico sobre la losa que sirva de aislante al igual que un doble techo al exterior³, formado por un bastidor de 1.50m x 2.00m (tipo galera), con una separación no mayor de 0.50m, por el lecho extreme de la losa, este módulo fue colocado en puntos estratégicos, generando sombras con el acomodo de estos con el recorrido solar y no sea necesario techar todo el elemento.

En la Figura 10, se muestran los resultados obtenidos de la simulación con las estrategias pasivas utilizadas, visualizando que en la zona 1 presenta una amplitud térmica de 4.4°C en un tiempo de 10 horas y la zona 2, 5.41°C de amplitud térmica en un lapso de 10 horas, teniendo una diferencia entre temperatura del aire experimental y simulada Figura 9 y Figura 10; alcanzando una diferencia de 6.85°C para zona 1 y 8.61°C para la zona 2. En la comparación anterior, se aprecia que las dos zonas mejoran sus condiciones térmicas ya que en todo el día se encuentran dentro de los límites del confort (Auliciems, 1997).

En la Figura 11 y Figura 12, se aprecia como disminuye las ganancias térmicas de los elementos constructivos (techos y muros), al usar estas estrategias pasivas. Registrando un comportamiento con una amplitud térmica de 8.55°C en un lapso de

³Falso plafón exterior, analizado experimentalmente como proyecto de tesis maestría en proceso de titulación, ejecutado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, en la Universidad Autónoma de Chiapas, a una casa habitación, comprobándose se logra reducir la temperatura interior 9°C



9 horas para la zona 1 y 5.64°C de amplitud térmica en un tiempo de 10 horas. Disminuyendo el comportamiento térmico para los techos 5.43°C en la zona 1 y 16.7 °C para la zona 2; en cuanto a los

muros la temperatura superficial disminuye 3.90°C para la zona 1 y 1.99 °C para la zona 2.

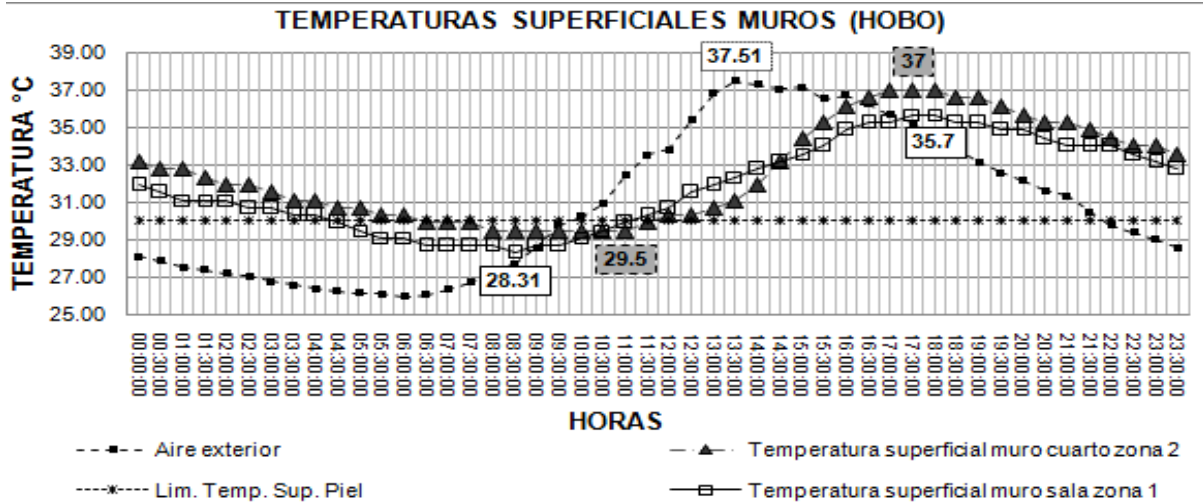


Figura 7. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con equipo de la familia HOBO

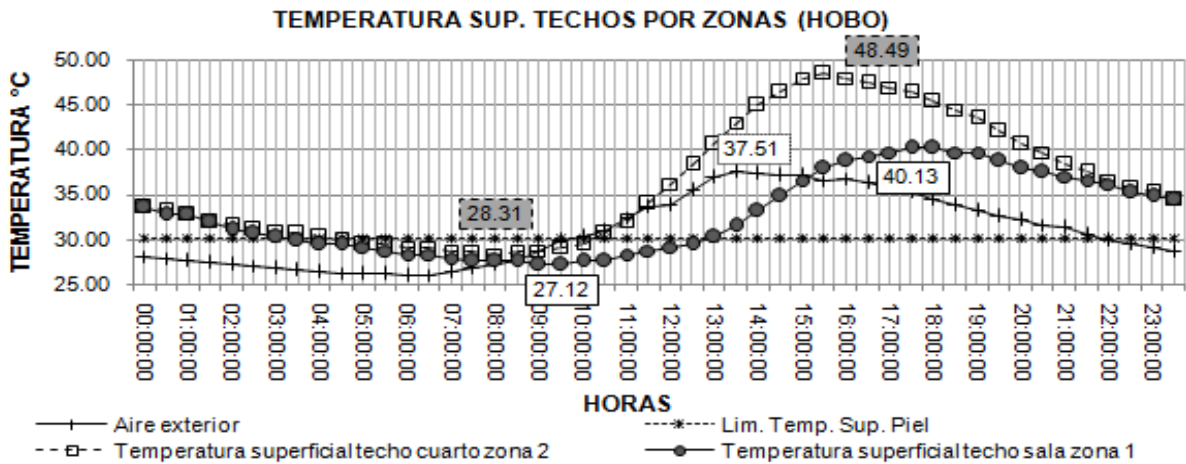


Figura 8. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con equipo de la familia HOBO

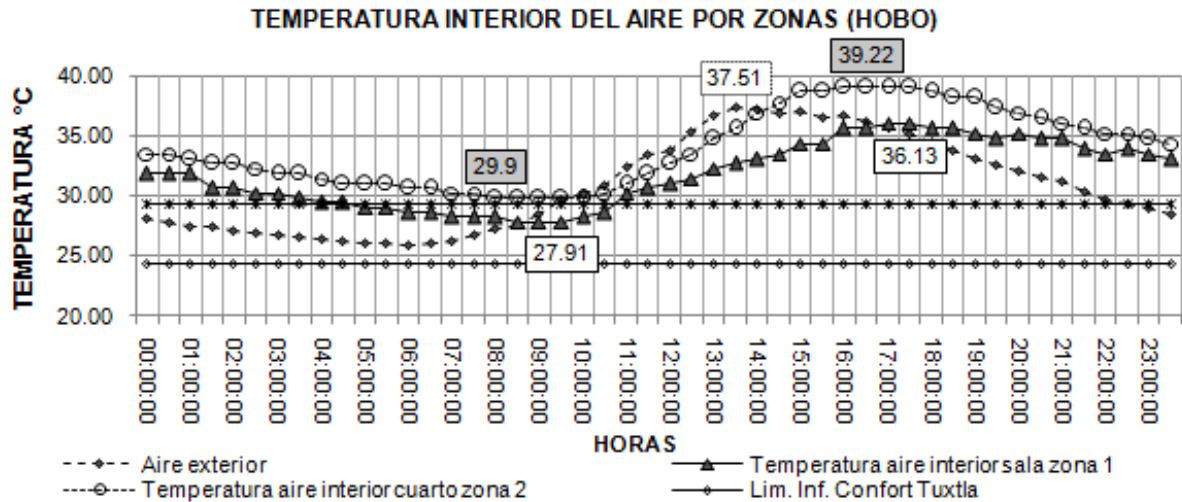


Figura 9. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con equipo de la familia HOBO

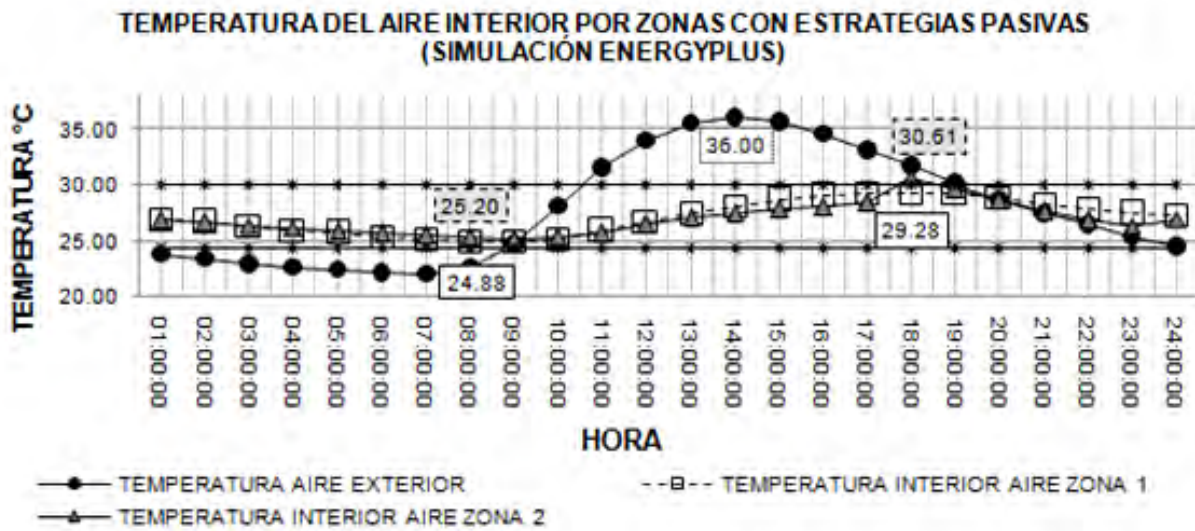


Figura10. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con simulación ENERGYPLUS.

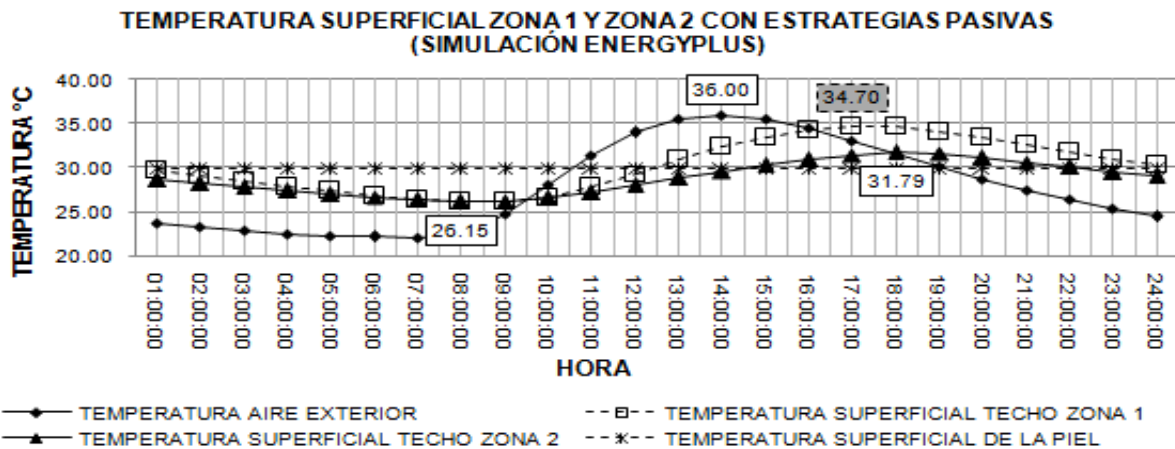


Figura 11. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con simulación ENERGYPLUS.

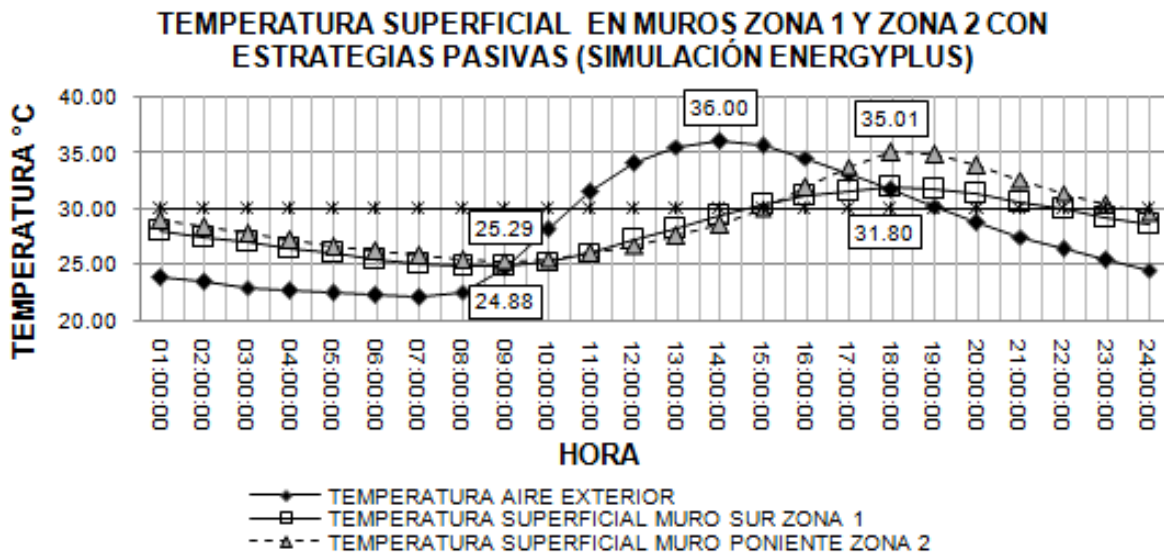


Figura 12. Día 7 de mayo, típico experimental. Fuente: Registro con simulación ENERGYPLUS.

Comentarios finales.

Resumen de Resultados.

Se observó un amortiguamiento de temperaturas, principalmente generado por el doble techo que permite sombrear gran parte de la losa con los módulos propuestos, en donde ayudados por el viento, permite que la inercia térmica de la envolvente se produzca en mayor tiempo y sean menos las ganancias por radiación directa, presentando mejores condiciones en la reacción frente al calor y más adecuadas condiciones de

confort térmico. La aplicación de estrategias pasivas permitirá a las personas la adecuada percepción de confort térmico en el interior, por la generación de temperaturas bajas durante el periodo de calor, caso contrario que no se presenta con la forma constructiva actual, al presentar temperaturas radiantes mayores a las soportables de 32.1°C (Auliciems, 1997) a partir de las 10:30 hrs hasta las 5:00 hrs y 7:00hrs respectivamente para cada zona, siendo la zona 2 la más afectada por la radiación directa y la orientación de su fachada, con 36.13 °C

de temperatura del aire interior, en la que más se mejoran las condiciones de comportamiento térmico ya que al equivaler a 1/3 de la superficie de la zona 1 se puede apreciar en mayor medida la reducción de las temperaturas. El amortiguamiento térmico generado por el uso de estas estrategias pasivas resulta mayor de 5°C, beneficiando a las zonas más desfavorables con el aire y el sombreado generado, logrando el máximo calentamiento del aire interior a las 18:00hrs pero con 30.61°C.

Conclusiones.

El uso de estrategias pasivas de enfriamiento en un clima cálido subhúmedo resulta viable, obteniendo mejoras considerables en los índices térmicos de este prototipo de viviendas que al estar orientadas a un sector específico de la población, muchas de las veces resulta difícil poder mantener el uso de sistemas mecánicos para climatizarla al ser incosteable para este tipo de familias; el probar la eficacia las estrategias pasivas garantizan la efectividad de esta ó como respuesta de solución a un mal diseño de la vivienda.

Teniendo en consideración que los valores obtenidos por el programa ENERGYPLUS, puede tener cierto margen de error, ya que suele resultar muy sensible a la variación de los parámetros, debido que al realizar los ajustes en valores necesarios para programar el software, pueda existir una diferencia térmica entre lo experimentado con lo simulado, presentándose por muchos factores como: el coeficiente de calor en los materiales, los datos del sistema meteorológico nacional al ser un día promedio evaluado de los 20 años de registro de las temperaturas (1981- 2000), las horas atípicas que se presentan en la ciudad en el día de evaluación, tener los datos reales de tipología constructiva de la vivienda, ya que al ser viviendas construidas no se consideran todos los datos exactos del proceso de elaboración, alterando el valor de las propiedades térmicas de los materiales, volviéndose interesante conocer el margen de error que presenta este programa de simulación. El reducir las ganancias térmicas, propiciará reducir el tiempo de uso de sistemas mecánicos de climatización al tener más tiempo temperaturas interiores por debajo de los 31 °Cy por ende disminuir el consumo energético generado en la vivienda, al no depender de los sistemas mecánicos para sentirse en ambientes confortables.

Referencias bibliográficas.

1. Auliciems, A. &. (1997). *Thermal comfort. PLEA: Passive and Low Energy*

2. Ayllón, T. (1996). *Elementos de meteorología y climatología*. México: Trillas.
3. CONAVI. (2001-2006). programa Sectorial de Vivienda. *Código de Edificación de Vivienda en México*, 9.
4. Cronembold, L. S. (Octubre de 2009). Estudio de ventilación en viviendas. *Memoria para obtener el título de ingeniero civil*. Chile, Santiago, Chile.
5. González, G. F. (2007). *imcyc*. Recuperado el 27 de abril de 2012, de imcic: <http://www.imcyc.com/ct2007/jun07/sustentabilidad.htm>
6. INEGI. (2010).
7. Vecchia, F. (1997). *Clima e Ambiente construido. A abordagem dinamica aplicada ao conforto humano*. Sao Paulo: Facultad de Filosofia, Letras e Ciencias Humanas.



Estudio comparativo del uso de humedales construidos en granjas de cultivo de camarón blanco como una alternativa para la producción acuícola frente al cambio climático

Yacciri Barrios Román¹, Oscar Laureano Casanova², Esther Llorens³

^{1,2} División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

³ Instituto Catalán de Investigación del Agua, Parque Científico y Tecnológico H₂O de la Universidad de Gerona, C/ Emili Grahit 101, E-17003, Gerona, Cataluña, España.

byacciri@yahoo.com.mx¹, olaurean@gmail.com², ellorens@icra.cat³

Resumen

La sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos es fundamental para la adaptación al cambio climático, por lo que en los sistemas acuícolas, la salud y la productividad están vinculados a la calidad y al flujo de agua, así como a la salud de los humedales naturales donde se establecen las granjas de cultivo de camarón. La operación de granjas de cultivo de camarón trae consigo el deterioro de la calidad del agua de cuerpos hídricos receptores, principalmente por la presencia de sólidos suspendidos. Este artículo muestra cómo operan las unidades de producción acuícola en cuatro casos internacionales de cultivo de camarón de la especie *Litopenaeus Vannamei*. En estas unidades de cultivo se utilizan humedales construidos para el tratamiento de efluentes, aprovechamiento del recurso hídrico y aumento en la producción. Se compararon parámetros de calidad del agua como sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, nitrógeno y fósforo de los cuatro casos de estudio. Como resultado se

encontró que la utilización de un sistema combinado de humedales de flujo superficial- subsuperficial teóricamente es la mejor opción removiendo 72.22% de sólidos suspendidos. Un sistema este tipo adaptado a un sistema de recirculación a la unidad de producción acuícola contribuye a una remoción efectiva de contaminantes, a un incremento en el crecimiento del camarón y por supuesto a la sostenibilidad de la actividad frente al cambio climático.

Palabras clave: granjas de cultivo de camarón, sólidos suspendidos, humedales artificiales.

Introducción

El cultivo de camarón es uno de los sectores de la acuicultura de más rápido crecimiento y también uno de los más polémicos en muchas partes del mundo. La rápida expansión de este sector generó ingresos para muchos países, pero ha estado acompañada por preocupaciones crecientes relacionadas con sus impactos ambientales y sociales (FAO, 2006). En este sentido el fomento de la acuicultura en México trae ventajas económicas y desarrollo del país; sin embargo, representa una problemática ambiental, ya que los marcos gubernamentales que regularizan la construcción y puesta en servicio de este tipo de cultivo resultan insuficientes, lo cual impide la sustentabilidad de esta actividad frente a fenómenos como el cambio climático.

Actualmente existen cada vez más restricciones para el uso de aguas naturales. Los gobiernos e instituciones ambientalistas internacionales prestan una mayor atención a la calidad del agua de descargas y a los efectos adversos que éstas pueden traer sobre el ambiente. La degradación ambiental causada por los efluentes de la acuicultura es hoy en día uno de los aspectos de mayor atención (Pardo Sandra, 2006). El aporte de los nutrientes por alimentos o medicamentos en las granjas de cultivo no es del todo aprovechado y es acumulado junto con las excretas en los sedimentos del suelo o es liberado en el efluente a cuerpos de agua receptores.

Algunos estudios de la industria acuícola (Messina, 2009); particularmente en las granjas de camarón, destacan la efectividad del uso de plantas como filtros biológicos capaces de disminuir o eliminar elementos indeseables en efluentes de salida lo que



minimiza el impacto ambiental a cuerpos de agua receptores. Se han descrito las bondades del uso de los bosques de manglar para el tratamiento de los drenajes de granjas de camarón en países como Colombia, Taiwán, Brasil, entre otros. El argumento principal de esta tendencia es que estos ambientes pueden favorecer a una remoción efectiva de sólidos así como la transformación a nutrientes a muy bajo coste. (Messina, 2009).

Las plantas acuáticas poseen la habilidad para asimilar nutrientes y crear condiciones favorables para la descomposición microbiana de la materia orgánica y el nitrógeno. Por esta razón son conocidas como autodepuradoras de ambientes acuáticos y son utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.

El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de efluentes es conocido como sistema de humedales artificiales o construidos. Ellos poseen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales:

1. Fijar los contaminantes y materia orgánica en la superficie del suelo.
2. Utilizar y transformar los contaminantes por medio de los microorganismos.
3. Lograr buenos niveles de tratamiento con un bajo consumo de energía, mantenimiento y costo.

La utilización de tecnologías de depuración natural y la minimización del uso de nueva agua es una parte esencial de la camaronicultura moderna ambientalmente responsable que beneficia al ambiente reduciendo la descarga de nutrientes y materia orgánica desde las granjas y disminuyendo la utilización de preciosos recursos de agua. Protocolos de manejo apropiados pueden reducir los requisitos de intercambio de agua, incluso en sistemas altamente intensivos, sin pérdida en el rendimiento de camarón. Esto tiene beneficios para todas las partes y debiera ser fomentado a todos los niveles. (FAO, 2006).

Metodología

La investigación consistió en un análisis comparativo de las variables de caracterización del agua en casos de estudio internacionales en los que se ha utilizado humedales construidos para tratamiento de efluentes acuícolas además de técnicas de aprovechamiento del recurso hídrico como la recirculación de agua.

El tipo de investigación es de tipo descriptiva-no experimental. Se analizaron cuatro casos de estudio donde se ha utilizado la tecnología de humedales construidos a fin de mejorar efluentes acuícolas del mismo tipo. Seguidamente se compararon los parámetros de caracterización del agua tratada con humedales construidos enfocándose en el parámetro de mayor atención: sólidos suspendidos totales. Por último se analizaron los resultados de la comparación para la elección del mejor sistema de humedales.

Caso 1. Uso del humedal de manglar como biofiltro para tratar efluentes de granjas de camarón: resultados preliminares de un experimento en la costa del Caribe en Colombia.

Algunas unidades de producción acuícola pueden ubicarse en zonas de bosques de manglar, tal es el caso de la unidad de producción acuícola Agrosoledad localizada en la costa caribeña en Colombia, dicha unidad fue construida detrás de un bosque de manglar. Los efluentes de la granja son principalmente recirculados a través de 120 ha del humedal de manglar que es usado como biofiltro.

El cultivo de esta unidad es de tipo semi-intensivo, con una densidad de cría de 2000 kg/ha de la especie *Litopenaeus Vannamei*, el área del biofiltro es de 120 ha y tiene una profundidad de 52.4 cm, un tiempo de retención del efluente desde la entrada a la salida del biofiltro de 4 días y una velocidad de flujo a través del biofiltro de 66%. El tipo de vegetación del biofiltro consiste en la combinación de 4 especies; *Rhizophora mangle* (46%), *Laguncularia racemosa* L. (11%), *Conocarpus erectus* L. (1%), *Acrostichum Aureum* L (42%).

El estudio demostró la eficiencia del uso de un sistema de depuración natural como lo es el bosque de manglar para eliminar los sólidos suspendidos del efluente final (salida del biofiltro). Esto implica un nulo o bajo coste de operación ya que se utiliza el medio ambiente para la solución de problemas de efluentes contaminados derivados del uso de cuerpos de agua para el cultivo de especies marinas. Se menciona además que el mejoramiento de la calidad del efluente puede ser alcanzado a través de un apropiado uso siguiendo las siguientes consideraciones: selección del sitio, diseño y construcción de la unidad de producción acuícola, buenas prácticas de manejo y tratamiento del efluente. (Dominique Gautier, 2001).



Tabla 1. Concentraciones para nitrógeno amoniacal, nitratos y nitritos en mg/l.

Sitio	Nitrógeno Amoniacal		Nitratos		Nitritos	
	Recirculación	Cosecha	Recirculación	Cosecha	Recirculación	Cosecha
Entrada	0.60 ± 0.32	0.64 ±	0.4 ± 0.2	0.9 ± 0.5	0.061 ±	0.228 ±
Canal de suministro	0.73 ± 0.29	0.30	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.2	0.072	0.059
Estanque de cultivo		0.78 ±			0.023 ±	0.130 ±
Entrada al humedal	0.97 ± 0.41	0.17	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.027	0.065
Sitio 1 humedal	0.77 ± 0.37	0.81 ±	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.014 ±	0.073 ±
Sitio 2 humedal		0.55			0.014	0.064
Sitio 3 humedal	1.08 ± 0.32		0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.1		
Sitio 4 humedal	0.98 ± 0.32	1.23 ±	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.1	0.007 ±	0.043 ±
Salida del humedal	1.11 ± 0.32	0.78	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.002	0.050
	0.98 ± 0.31		0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.1		
	1.14 ± 0.38	1.29 ±	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.006 ±	0.034 ±
		0.63			0.001	0.034
		0.58 ±			0.006 ±	0.017 ±
		0.71			0.002	0.008
		1.77 ±			0.006 ±	0.016 ±
		0.55			0.002	0.009
		1.74 ±			0.006 ±	0.018 ±
		0.70			0.001	0.009
		1.87 ±			0.006 ±	0.009 ±
		0.57			0.001	0.003

Tabla 2. Concentraciones para oxígeno disuelto y DBO₅ en mg/l.

Sitio	Oxígeno Disuelto		DBO ₅
	Recirculación	Cosecha	Recirculación y cosecha
Entrada	5.31 ± 1.06	4.83 ± 0.95	9.618 ± 2.598
Canal de suministro	5.13 ± 0.94	4.69 ± 1.72	9.054 ± 3.145
Estanque de cultivo	5.00 ± 1.25	6.36 ± 1.44	7.704 ± 3.099
Entrada al humedal	5.65 ± 1.66	6.15 ± 2.56	10.615 ± 3.818
Sitio 1 humedal	4.96 ± 1.74	5.45 ± 2.40	8.925 ± 4.082
Sitio 2 humedal	2.26 ± 1.51	2.96 ± 2.78	8.747 ± 4.082
Sitio 3 humedal	1.06 ± 0.73	2.36 ± 2.78	8.918 ± 2.969
Sitio 4 humedal	1.40 ± 0.85	1.80 ± 2.07	8.218 ± 3.516
Salida del humedal	2.13 ± 1.42	4.57 ± 1.94	8.775 ± 3.081

Tabla 3. Concentraciones para fósforo y sólidos suspendidos en mg/l.

Sitio	Fósforo		Sólidos Suspendidos Totales	
	Recirculación	Cosecha	Recirculación	Cosecha
Entrada	0.57 ± 0.28	0.35 ± 0.21	107 ± 51	140 ± 62
Canal de suministro	0.28 ± 0.24	0.18 ± 0.03	34 ± 30	76 ± 51
Estanque de cultivo	0.30 ± 0.19	0.16 ± 0.05	25 ± 24	40 ± 13
Entrada al humedal	0.33 ± 0.18	0.42 ± 0.12	47 ± 29	119 ± 99
Sitio 1 humedal	0.23 ± 0.15	0.36 ± 0.07	28 ± 43	134 ± 101
Sitio 2 humedal	0.23 ± 0.23	0.34 ± 0.07	24 ± 24	89 ± 58
Sitio 3 humedal	0.23 ± 0.21	0.34 ± 0.10	27 ± 31	87 ± 52
Sitio 4 humedal	0.25 ± 0.19	0.23 ± 0.08	37 ± 61	54 ± 22
Salida del humedal	0.25 ± 0.17	0.22 ± 0.05	23 ± 22	49 ± 36



Tabla 4. Concentraciones para salinidad en ppt

Sitio	Recirculación	Cosecha
Entrada	1.7 ± 0.8	1 ± 0.0
Canal de suministro	2.6 ± 0.9	2 ± 0.3
Estanque de cultivo	2.9 ± 0.9	3 ± 0.5
Entrada al humedal	2.8 ± 0.7	3 ± 0.5
Sitio 1 humedal	2.9 ± 0.7	3 ± 0.3
Sitio 2 humedal	3.2 ± 0.8	3 ± 0.3
Sitio 3 humedal	3.2 ± 0.7	3 ± 0.3
Sitio 4 humedal	2.9 ± 0.5	3 ± 0.4
Salida del humedal	3.5 ± 0.8	3 ± 0.4

Tabla 5. Resultados de parámetros de calidad del agua del humedal FWS-SF. (Ying-Feng Lin, 2002)

Parámetros	Concentración		Porcentaje de remoción
	Influyente	Efluente	
DBO ₅ (mg/l)	5.0 ± 2.3	3.8 ± 1.2	24
Sólidos suspendidos (ppt)	36 ± 17	10 ± 11	71
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0.21 ± 0.15	0.09 ± 0.07	57
Nitritos (mg/l)	0.05 ± 0.04	0.004 ± 0.006	90
Nitratos (mg/l)	0.41 ± 0.23	0.12 ± 0.13	68
Fosfatos (mg/l)	8.45 ± 0.73	7.99 ± 0.53	5.4
pH	7.83 ± 0.23	7.62 ± 0.20	-
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.4 ± 1.24	2.0 ± 1.12	-

Tabla 6. Resultados de parámetros de calidad del agua en tanque de cultivo del sistema acuícola de recirculación (RAS) y del sistema de control (CAS). (Ying-Feng Lin, 2002)

Parámetros	Valores principales	
	RAS	CAS
DBO ₅ (mg/l)	3 ± 2	4 ± 2
Sólidos Suspendidos (mg/l)	28 ± 16	56 ± 35
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0.28 ± 0.18	0.32 ± 0.21
Nitritos (mg/l)	0.013 ± 0.025	0.039 ± 0.034
Nitratos (mg/l)	0.39 ± 0.2	1.32 ± 1.7
Fosfatos (mg/l)	9.1 ± 0.2	10.8 ± 0.6
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.9 ± 1.5	6.5 ± 1.9
pH	7.9 ± 0.26	7.9 ± 0.23
Temperatura (°C)	23.5 ± 6.5	23.6 ± 6.6

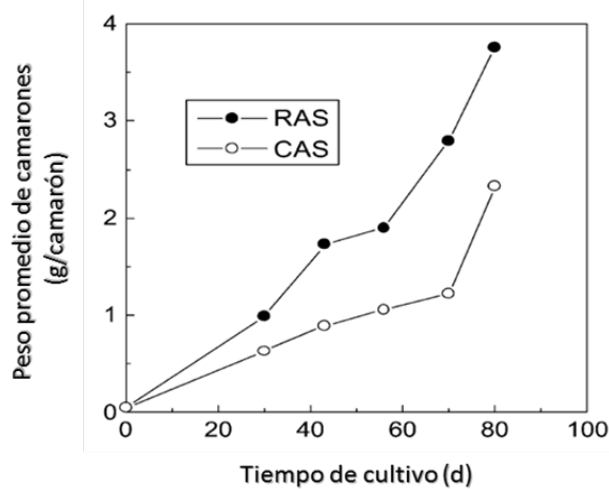


Figura 1. Curvas de crecimiento en unidades de peso de camarón en el sistema acuícola de recirculación (RAS) y el sistema de control (CAS) (Ying-Feng Lin, 2002).

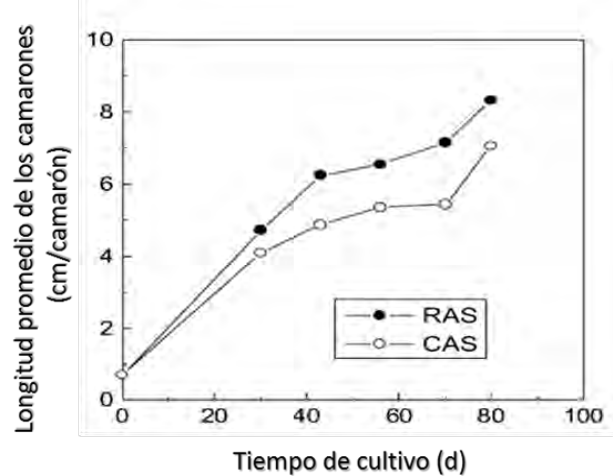


Figura 2. Curvas de crecimiento en unidades de longitud de camarón en el sistema acuícola de recirculación (RAS) y el sistema de control (CAS). (Ying-Feng Lin, 2002).

Tabla 7. Calidad del agua y velocidad de remoción durante el tiempo de monitoreo (Yonghai Shi, 2011).

Parámetro	Tanque de cultivo				Entrada de humedal subsuperficial vertical	Salida de humedal subsuperficial vertical	Salida de humedales subsuperficiales horizontales	Porcentaje de remoción del sistema de humedales
	824	825	826	827				
pH	7.86 ± 0.20	7.90 ± 0.19	7.91 ± 0.21	7.92 ± 0.20	7.90 ± 0.17	7.78 ± 0.17	7.92 ± 0.21	-
Oxígeno Disuelto (mg/l)	5.07 ± 0.96	5.11 ± 0.96	5.14 ± 0.94	5.14 ± 0.92	4.88 ± 1.10	2.92 ± 1.42	4.69 ± 1.27	3.8
Nitrógeno Total (mg/l)	14.3 ± 6.0	13.5 ± 5.7	14.0 ± 5.5	13.5 ± 5.6	13.9 ± 5.4	8.0 ± 2.4	4.6 ± 0.69	66.8
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	1.37 ± 1.38	1.37 ± 1.36	1.39 ± 1.27	1.34 ± 1.29	1.33 ± 1.27	0.88 ± 0.89	0.39 ± 0.24	70.8
Nitritos (mg/l)	0.15 ± 0.09	0.13 ± 0.09	0.13 ± 0.10	0.15 ± 0.12	0.16 ± 0.12	0.04 ± 0.05	0.02 ± 0.03	85.1
Nitratos (mg/l)	3.01 ± 0.81	2.62 ± 0.71	3.42 ± 1.45	3.05 ± 0.93	3.13 ± 1.25	1.66 ± 1.53	1.29 ± 0.86	58.7
Fosforo Total (mg/l)	0.08 ± 0.04	0.07 ± 0.03	0.08 ± 0.04	0.08 ± 0.04	0.08 ± 0.04	0.07 ± 0.04	0.06 ± 0.03	23.8
Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	10.06 ± 3.1	11.0 ± 2.5	10.06 ± 2.9	10.5 ± 3.1	10.5 ± 3.1	8.5 ± 3.1	7.7 ± 2.8	26.7
Sólidos Suspendedos Totales (mg/l)	205 ± 56	220 ± 53	207 ± 57	200 ± 50	200 ± 50	93 ± 31	69 ± 22	65.9

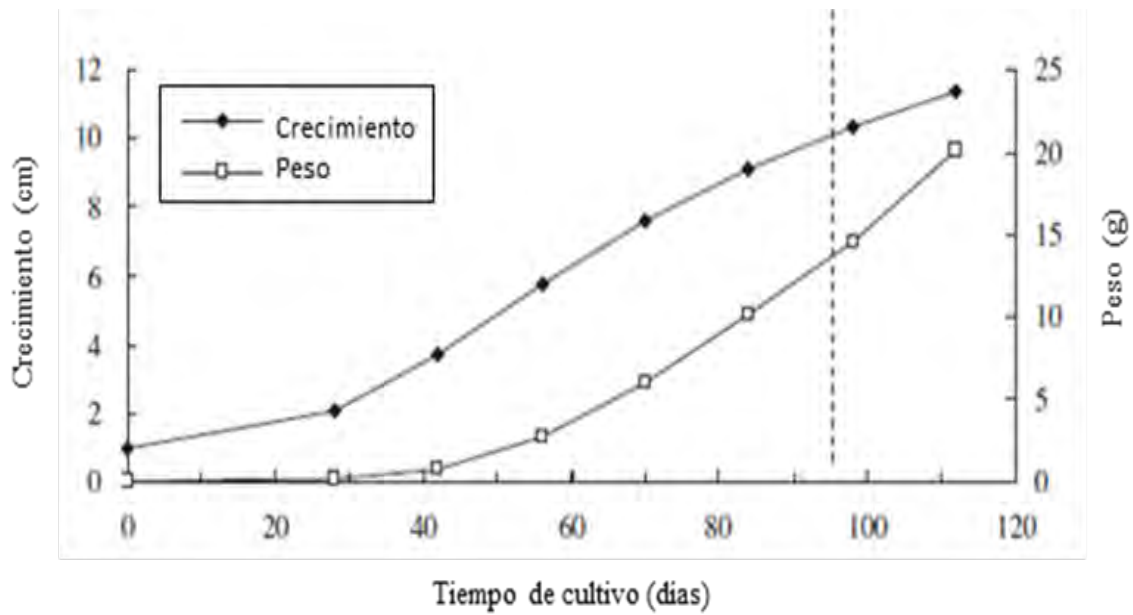


Figura 3. Curso del tiempo de crecimiento del camarón durante el periodo de cultivo en el sistema de recirculación y cultivo súper-intensivo de camarón (Yonghai Shi, 2011).

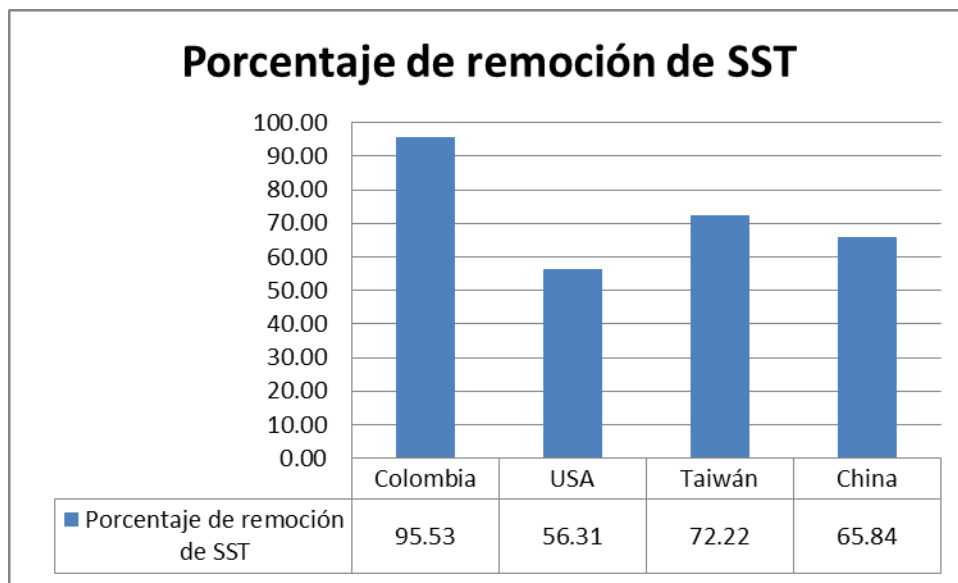


Figura 4. Porcentajes de remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en los casos 1-4



Tabla 8. Parámetros de calidad del agua en efluentes de unidades de producción acuícola implementando humedales construidos. Caso 1-4

Casos	Tipo de humedal		Parámetros de calidad del agua (mg/l)						
			SST	OD	DBO ₅	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NAT	P
Colombia	Bosque de manglar (humedal natural superficial)	Entrada	190 ± 80	6	-	0.01	0.05	0.04	0.05
		Salida	8.5 ± 3.5	0.05	-	< 0.01	0.08	> 0.04	0.3
USA	Humedal superficial*	Entrada*	79.20 ± 76.86	5.88 ± 2.07	10.615 ± 3.818	0.02 ± 0.04	0.37 ± 0.15	0.98 ± 0.62	0.50 ± 0.23
		Salida*	34.60 ± 31.18	3.23 ± 2.05	8.775 ± 3.081	0.01	0.37 ± 0.20	1.46 ± 0.59	0.23 ± 2.05
Taiwán	Sistema de humedales (1 flujo superficial + 1 subsuperficial)	Entrada	36 ± 17	5.4 ± 1.24	5.0 ± 2.3	0.05 ± 0.04	0.41 ± 0.23	0.21 ± 0.15	-
		Salida	10 ± 11	2.0 ± 1.12	3.8 ± 1.2	0.004 ± 0.006	0.12 ± 0.13	0.09 ± 0.07	-
China	Sistema de humedales (1 flujo subsuperficial vertical + 5 subsuperficial horizontal)	Entrada	202 ± 60	4.88 ± 1.10	-	0.16 ± 0.12	3.13 ± 1.25	1.33 ± 1.27	0.08 ± 0.03
		Salida	69 ± 22	4.69 ± 1.27	-	0.002 ± 0.03	1.29 ± 0.86	0.39 ± 0.24	0.06 ± 0.03

*promedio entre etapa de recirculación y cosecha.

Caso 2: Humedales construidos como filtros de recirculación en la acuicultura de camarón a gran escala en USA.

Se estudió una unidad de producción acuícola llamada Loma Alta Shrimp Aquaculture Facility (LASAF) localizada en Texas, con 4 estanques de cultivo con un total de 8.1 ha. (David Rogers Tilley, 2002).

El agua se distribuía en partes iguales a los estanques de cultivo y la descarga era recibida en los reservorios con los que cuenta cada una de las granjas para posteriormente ser enviado al humedal construido. Éste poseía varias secciones que eran provistas por barreras posicionadas en diversas zonas con el fin de que el agua tuviera un mayor tiempo de residencia dentro del humedal. Se ubicaron sitios de muestreo en cada sección para medir las características del agua en cada zona del humedal. Se utilizó el tipo de planta Enea (T. Latifolia). De los varios puntos de muestreo, se

tomaron mediciones de nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fósforo, sólidos suspendidos totales, salinidad y demanda biológica de oxígeno (DBO₅). Los resultados se muestran en las tablas 1 a la 4.

El humedal construido bajo estas condiciones de operación fue eficiente para la reducción de los niveles de fósforo y sólidos suspendidos; además de mantener la DBO₅, salinidad, nitrógeno amoniacal y nitratos a niveles bajos. Los humedales construidos no solo mejoran la calidad del agua residual, sino que también incrementan el tiempo de retención del agua en la granja lo que reduce obviamente los requerimientos de recurso hídrico, además de mejorar la calidad de cuerpos de agua receptores utilizados para el establecimiento de granjas de cultivo (David Rogers Tilley, 2002).

Caso 3: El uso potencial de humedales construidos en un sistema acuícola de



recirculación para el cultivo del camarón. Taiwán.

Se dispuso de un sistema acuícola de recirculación que consistía en un estanque de cultivo seguido de dos humedales: uno de flujo superficial y uno de flujo subsuperficial (sistema FWS-SF) (Ying-Feng Lin, 2002). El flujo tratado en los humedales era recirculado al estanque de cultivo. Ambos humedales fueron sembrados con la planta *Phragmites australis*. Junto con este estanque acuícola se encontraba otro estanque pero sin humedales para simular un estanque sin tratamiento y que sirva de medidas de control. Se cultivó la especie *Litopenaeus vannamei*.

Las muestras fueron tomadas cada semana en cada uno de los estanques de cultivo y en el influente y efluente del sistema FWS-SF. Los resultados de parámetros de calidad del agua en los puntos de muestreo (afluente y efluente del sistema FWS-SF) son los presentados en la Tabla 5. En la Tabla 6 se muestra la comparación entre los dos estanques de cultivo, observándose que las concentraciones de nitrógeno amoniacal, fosfatos, nitritos y DBO_5 en el estanque RAS (con recirculación) se muestran ligeramente más bajos que en el sistema de control (CAS).

En cuanto a crecimiento de la especie de camarón las Figura 1 y 2 muestran este aspecto en dos variables: el peso y la longitud. De este modo el sistema FWS-SF adaptado a un sistema de recirculación en la granja de cultivo contribuye a una remoción efectiva de contaminantes y a un incremento en el crecimiento de la especie del pacífico *Litopenaeus Vannamei*. Las únicas fuentes de energía necesarias son para la operación de la bomba que se encuentra en el sumidero y los aireadores del estanque de cultivo.

Caso 4: Desarrollo de un humedal construido en el tratamiento de agua residual salobre de sistemas comerciales de recirculación y cultivo súper-intensivo de camarón en China.

El sistema acuícola de recirculación está localizado en el Shanghai Fisheries Research Institute, Aquatic Animal Breeding Technology Center en Shanghai, China (Yonghai Shi, 2011). El sistema de cultivo consistió en cuatro tanques de cultivo, un humedal construido de flujo subsuperficial vertical y cinco humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal configurados en un modo de recirculación. Las plantas utilizadas fueron las siguientes: *Phragmites australis*, *Spartina alterniflora* *loisel* y *Scripus mariqueter*.

Las muestras de agua fueron tomadas de los tanques de cultivo del afluente del humedal de flujo vertical y en los efluentes de los humedales de flujo horizontal. Los resultados en cuanto a calidad del agua se muestran en la Tabla 7. Se logró la remoción simultánea de nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos, debido básicamente a la densidad macrófita (100 plantas/m^2) que provee de carbono necesario para la desnitrificación además de que la absorción directa de las plantas contribuye a la remoción de los nitratos. En la Figura 3 se muestra la tasa de crecimiento del camarón durante el periodo de cultivo, y se marca con una línea discontinua cuando inicia el periodo de cosecha.

Análisis de resultados y discusión

Los sólidos suspendidos resultan ser el principal problema al que se enfrentan las unidades de producción acuícola, debido a que el único valor que se puede pensar que afecte la calidad del recurso hídrico sería la de presencia de éstos sólidos suspendidos en efluentes que son enviados a ecosistemas acuáticos.

En la Tabla 8 se resume la información contenida en los cuatro casos de estudio.

1. En el caso 1 (Colombia) nos sitúa en la operación actual de las unidades de producción acuícola establecidas en humedales naturales, se puede observar que hay una efectiva eliminación de sólidos suspendidos totales (Figura 4) con un 95.53% de remoción. Sin embargo no hay un aprovechamiento efectivo del recurso hídrico ya que no hay ningún sistema de recirculación.
2. En el caso 2 (USA) que se trata de un humedal artificial de flujo superficial, el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales es importante siendo de 56.31% (Figura 4) aunque es menor que en el caso 1. Sin embargo, en el caso 2 se redujo la demanda de agua, se mejoró la calidad del efluente y sirvió como restablecimiento de zonas de humedales naturales.
3. En el caso 3 (Taiwán) se usó un humedal superficial conectado a un subsuperficial, el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales fue de 72.22%, un poco más alto que en el caso 2, además de reportar una ventaja más que es el incremento en el crecimiento de la especie *Litopenaeus Vannamei* (Figuras 1 y 2).
4. En el último caso (China) se utilizó un sistema de humedales más complejo que consistió en



humedales de flujo subsuperficial; uno de flujo vertical conectado a cinco más de flujo horizontal, presentando un porcentaje de remoción de 65.84% valor mayor que el reportado en el caso 2 y menor que el caso 3 (Ying-Feng Lin, 2002).

Conclusiones

De acuerdo a este análisis los humedales construidos utilizados en camaricultura funcionan eficientemente para la reducción de sólidos suspendidos totales en efluentes de cultivo.

Dos de los casos de estudio plantean un buen diseño del sistema acuícola, uno es el caso 3, en Taiwán, con un porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales de 72.22% y el caso 4, de China, con un porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales de 65.84%.

Al tener en cuenta estos valores se recomienda el uso de un sistema de humedales construidos como el caso 3 de Taiwán que consiste en un humedal de flujo superficial conectado a otro de flujo subsuperficial (sistema FWS-SF) adaptado a un sistema de recirculación a la unidad de producción acuícola ya que contribuye a una remoción efectiva de contaminantes y al incremento en el crecimiento de la especie del pacífico *Litopenaeus Vannamei*. Las únicas fuentes de energía necesarias son requeridas para la operación de la bomba que se encuentra en el sumidero y los aireadores del estanque de cultivo, por tanto el uso de esta tecnología trae beneficios importantes que son: el aprovechamiento del recurso hídrico, usos mínimos de energía, incremento en la producción y la mejora de la calidad del efluente de salida que impacta directamente sobre humedales naturales, estuarios y ríos los cuales deben ser utilizados de manera sostenible para la adaptación al cambio climático.

Fuentes de Consulta

1. David Rogers Tilley, H. B. (2002). Constructed wetlands as recirculation filters in large-scale shrimp aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 81-109.
2. Dominique Gautier, J. A. (2001). The use of mangrove wetland as a biofilter to treat shrimp pond effluents: preliminary results of an experiment on the Caribbean coast of Colombia. *Aquaculture Research*, 787-799.
3. FAO, N. U. (2006). *Principios Internacionales para el cultivo responsable*

del camarón. Obtenido de http://library.enaca.org/shrimp/publications/international_shrimp_principles_spanish_version1.pdf

4. Messina, E. P. (2009). El cultivo de camarón y la calidad ambiental: ¿Cómo disminuir sus efectos nocivos en las costas de nayarit? *Fuente*, 13-17.
5. Pardo Sandra, S. H. (2006). Tratamiento de Efluentes: Una vía para la Acuicultura Responsable. *Revista MVZ Córdoba*, 20-29.
6. Ying-Feng Lin, S.-R. J.-Y. (2002). The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. *Environmental Pollution*, 107-113.
7. Yonghai Shi, G. Z. (2011). Performance of a constructed wetland in treating brackish wastewater from commercial recirculating and super-intensive shrimp growout systems. *Sciencedirect: Bioresource Technology*, 9416-9424.



Modelo de ecotecnia para un ecobarrio en el D.F

Nandyelli Becerril-Galván, Alberto Rosillo-Ramírez, Fernando Jesús De Lorenz-Santos, y Alejandra Castro-González

Departamento de Sistemas Energéticos
Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, UNAM

Email: alcastro@unam.mx

Resumen

En la Ciudad de México existen 708 asentamientos irregulares, de los cuales, en la delegación Álvaro Obregón se encuentran 27. Uno de ellos es Santa Rosa Xochiac con 8,817 habitantes y donde se abordó la implementación de ecotecnias en esta zona. Para el caso legal, los habitantes en búsqueda por la legalización de predios, proponen convertir en ecotecnias los lugares en donde están viviendo. Así que se tomó como referencia una casa habitación de la zona para convertirla en una ecotecnia y el área tenga un modelo para su conversión a un ecobarrio.

La situación inicial del caso de estudio inició con una evaluación de gasto energético y se propusieron diversas tecnologías de ahorro de agua, manipulación del consumo eléctrico e introducción de energías renovables para generación de energía eléctrica. Se identificó que en el caso de estudio se tiene una tarifa DAC (tarifa doméstica de alto consumo). La propuesta derivó en el ahorro de 412 KWh al año con solo rediseñar el manejo energético evitando 1,358 kgCO₂eq/año. Un ahorro energético de 374 KWh al año en cambios en la iluminación para evitar 1,235 kgCO₂eq/año y un ahorro de 350 KWh anuales para el uso de sistemas eléctricos y electrónicos de la casa habitación evitando 1,150 kgCO₂eq/año. Se calcula que el uso de energías renovables como fotovoltaica y eólica tiene un ahorro de 1,824 KWh hasta 4,416 KWh anualmente. Se realizó el estudio financiero y el proyecto puede considerarse factible para la aplicación en otras zonas del DF.

Introducción

El crecimiento de la población ha provocado, a lo largo de los años, huellas negativas para el ecosistema, que conllevan un desequilibrio ecológico, entre otros daños. En los últimos años, el ser humano ha sido testigo de las consecuencias de

esto, por lo que, en la búsqueda de disminuir sus impactos negativos en el ecosistema, ha mirado hacia atrás, para retomar técnicas que le permitan satisfacer sus necesidades, así como se ha apoyado de la tecnología reciente para que su nuevo avance sea a manera de codesarrollo.

En ciudades como la Ciudad de México, se vive una problemática de sobrepoblación, lo que ha dado origen a que parte de la población se instale en asentamientos irregulares, dejando a un lado la conciencia sobre los efectos que trae consigo, no sólo el instalarse en un lugar y construir la comunidad, sino también, los impactos de la energía consumida a lo largo de los años.

En la ciudad de México existen 708 asentamientos irregulares, de los cuales, en la delegación Álvaro Obregón se encuentran 27. Uno de ellos es Santa Rosa Xochiac con 8,817 habitantes. En esta área es donde se abocó el caso de estudio de este trabajo. Para el caso legal, los habitantes en búsqueda por la legalización de predios, proponen convertir en ecotecnias los lugares en donde están viviendo. Por lo que se tomó como referencia una casa habitación de la zona para convertirla en una ecotecnia y el área tenga un modelo y pueda convertirse en un ecobarrio.

Los habitantes del caso de estudio ya han tomado iniciativa con algunas técnicas, como lo son calentadores solares, así con este mismo sistema, aprovechan el agua caliente para la climatización de la casa. Esta medida ha logrado evitar parte de la quema de gas para calentamiento de agua, lo que aporta menos emisiones contaminantes al ambiente. También, como medidas ya implementadas están: la instalación de un digestor, se hace compost y reforestación en una parte del bosque del Desierto de los Leones.



Sin embargo, las medidas tomadas son el inicio para la transformación deseada, ya que en la situación actual del caso de estudio, se cuenta con un elevado consumo energético, especialmente de energía eléctrica, debido a la expansión de la casa en cuanto a carga instalada y horas de uso de consumo para la carga, mayoritariamente en iluminación: Esto ha traído consigo que, por parte de la compañía suministradora, se les clasifique como clientes de tarifa DAC (tarifa domestica de alto consumo), lo que propicia que bimestralmente la factura por energía eléctrica llegue con un costo bastante elevado. Por lo tanto, se analizará la factibilidad de varias ecotecnias para que, en conjunto, logren disminuir la gran mayoría de sus impactos ambientales.

Metodología

Se tomó el ejemplo de una de las casas más representativas para la implementación de ecotecnias. Aunque se encontraron 5 casos diferentes. En este caso, se eligió el caso que consumía más recursos energéticos. A continuación se menciona la metodología a utilizar para la implementación de las ecotecnias.

Tarifas eléctricas

La forma que se utiliza para facturar el consumo de energía eléctrica en México es en base a tarifas, las cuales se clasifican de acuerdo al tipo de servicio, así como a la ubicación geográfica y para el caso de algunas de ellas la temporada del año. La Tabla 3.1 dice que, para el caso de la tarifa DAC, el costo aumenta 4.64 veces en comparación al rango de consumo básico, así como también en la facturación se suma un cargo fijo.

En lo que respecta al cargo mínimo mensual en facturación: Para tarifa 1, el mínimo mensual es el equivalente a 25 kWh.

$$\text{Cargo mínimo mensual} = 25 \text{ kWh} * 0.703 \text{ \$/KW} = \$17.58$$

Para la tarifa DAC el cargo mínimo mensual es el equivalente a 25 kWh (tarifa DAC) mas un cargo fijo.

$$\text{Mínimo mensual} = 25 \text{ kWh} * 3.26 \text{ \$/KW} + \$71.81 = \$153.31$$

Lo que representa que como consumo mínimo para tarifa DAC, se cobra alrededor de 8.7 veces la tarifa 1. Como se ve en la Tabla1, para entrar en tarifa DAC el promedio en los últimos 12 meses debe exceder 250 kWh. Para salir de ésta y regresar a la tarifa 1, el promedio de los últimos 12 meses debe ser menor a 250 kWh. El caso en estudio, a partir del año 2003 se encuentra clasificado en la tarifa Doméstica de alto consumo, por lo que una de las propuestas es el uso eficiente de la energía en el domicilio para regresar y conservar la tarifa 1, logrando con esto ahorros energéticos, económicos y ayuda a mejorar el tiempo de recuperación (CFE, 2010a).

Factores para la selección del tipo de bomba

Los tres factores principales para determinar si se usa una bomba de desplazamiento positivo son: Presión, gasto y que los líquidos a bombear en el sistema no sean muy viscosos, no tengan partículas suspendidas y pH no muy alejado del nivel neutro. Las bombas de desplazamiento positivo son aplicables para gastos pequeños, presiones altas y líquidos limpios. Las de desplazamiento positivo rotatorio, sirven para gastos pequeños y medianos, presiones altas, líquidos viscosos. Las bombas dinámicas del tipo centrífugo son útiles para gastos grandes, presiones reducidas o medianas, líquidos de todos tipos excepto viscosos.

Bombeo fotovoltaico

Existen dos tipos de bombeo fotovoltaico: los que están alimentados directamente a un conjunto de paneles solares fotovoltaicos a través de un adaptador intermedio (conexión directa), y los que tienen un conjunto de baterías anexadas al sistema de generación fotovoltaica. Para la última, la batería permite independizar la operación rutinaria del sistema de bombeo de la existencia o no de radiación solar. Para el bombeo fotovoltaico, es posible utilizar bombas de corriente continua o corriente alterna. Si se utiliza una bomba de corriente alterna es necesario un inversor de corriente, y un controlador de fase, el cual con frecuencia ya es incluido en el inversor (SWTDI, 2001). En cuanto a la estimación de la producción eléctrica diaria del generador fotovoltaico, que determinará el tamaño del mismo requerido para



cubrir la demanda energética de bombeo, la expresión de partida a considerar es la siguiente:

$$E_{FV} = \sum_{n=1}^t \eta_{FV} * S * P_s$$

donde:

E_{FV} : Demanda del sistema de bombeo J

η_{FV} : Eficiencia del generador

n : Muestras de radiación solar

t_{op} : Tiempo efectivo en el que el generador es capaz de producir energía suficiente como para impulsar el agua

S : Superficie del panel fotovoltaico m^2

P_s : Irradiación solar medida en un muestreo Wm^2

Un paso previo en este análisis es discriminar si la demanda a considerar es una hídrica instantánea, o se trata de una demanda hídrica estacional. El primer supuesto requiere que la potencia del generador fotovoltaico cubra la potencia solicitada por el sistema de bombeo en cualquier circunstancia. Suele estar relacionado con programas de impulsión que, de acuerdo a la no garantía de la existencia de irradiación suficiente, van a hacer indispensable la instalación de un sistema de almacenamiento eléctrico.

En el primer supuesto la determinación de la demanda eléctrica se puede abordar de forma inmediata sin más que multiplicar la PB por las horas o fracciones de:

$$E_e = \frac{P_B * h}{1,000}$$

donde:

E_e : Demanda de energía eléctrica kWh

P_B : Potencia eléctrica nominal del sistema de bombeo W

h : Horas de funcionamiento diario h

La potencia nominal de la instalación fotovoltaica podrá calcularse ajustando la ecuación 3.2. Si se relaciona la energía eléctrica demandada y la energía eléctrica producida, aunque la existencia de elementos intermedios como convertidores, líneas, baterías, etcétera; hace que deba establecerse un factor de rendimiento adicional:

$$P_{FV} = \frac{E_e - E_d}{h}$$

donde:

P_{FV} : Capacidad a instalar en paneles fotovoltaicos W

E_e : Demanda de energía eléctrica kWh

E_d : Demanda de energía de los demás dispositivos del sistema fotovoltaico kWh

h : Horas de funcionamiento diario h

En cuanto a la instalación, deberán tenerse en cuenta reglas generales como son minimizar los trazados eléctricos y evitar sombras entre paneles. Cuando éste se realiza en forma de depósitos de agua es bastante simple, ya que el único condicionante es el periodo de autonomía establecido (diario, semanal, mensual, estacional, etcétera). La estructura final del sistema, en términos de capacidad nominal de sus elementos y tensión, dependerá de las especificaciones técnicas del producto seleccionado y de la propia instalación (Castro y col., 2003).

Captación de agua de lluvia

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales (Garrido, 2007). Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

Producción de agua: está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por las estaciones meteorológicas de la región donde se pretende ejecutar el proyecto. La oferta y la demanda de agua, inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento.

Demanda de agua: A su vez, la demanda depende de las necesidades del interesado.

El sistema de captación de agua de lluvia entechos está compuesto de los siguientes elementos: Captación, recolección, conducción, intercepción y almacenamiento. La *captación* está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite



el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo.

$$Pp_i = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i)}{n}$$

donde:

Para la determinación de la precipitación promedio mensual, a partir de los datos promedio mensuales de precipitación, se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor se expresa en términos de litros por metro cuadrado y por mes que es capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo.

n: Número de años evaluados
 pi: Valor de precipitación mensual del mes i mm
 Ppi: Precipitación promedio mensual del mes i de todos los años evaluados mm

Tabla 1 Cargos por energía consumida para septiembre de 2010

CARGOS POR ENERGÍA CONSUMIDA PARA SEPTIEMBRE 2010						
Tarifa 1	Hasta 140 kWh/mes		Superior a 140 kWh/mes			Domestica de Alto Consumo (DAC) $\frac{\$}{kWh}$
	Básico $\frac{\$}{kWh}$	Intermedio $\frac{\$}{kWh}$	Básico $\frac{\$}{kWh}$	Intermedio $\frac{\$}{kWh}$	Excedente $\frac{\$}{kWh}$	
		0.703	0.843	0.703	1.169	2.473
Incremento con respecto al rango básico		19.9%		66.3%	352%	464%

Fuente: CFE, 2010a

Para la determinación de la demanda, a partir de la dotación asumida por persona, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades en cada uno de los meses.

$$Dm = \frac{(Nu)(Nd)(Dot)}{100}$$

donde:

Nu: Número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: Número de días del mes analizado

Dot: Dotación L/persona*día

Dm: Demanda mensual m3 (Robinson, 2003)

Indicadores de factibilidad

El estudio de factibilidad establece las condiciones que hacen viable el proyecto, define parámetros críticos, identifica tanto factores de riesgos como oportunidades y define un sistema de seguimiento del proyecto. El primer punto a evaluar es la factibilidad técnica, el cual, estudia la existencia y posibilidad de utilización de los medios físicos, tecnológicos y humanos para la realización del proyecto. El siguiente paso es estudiar si el proyecto en cuestión es rentable en términos económicos. Este estudio económico determinará el seguir o no adelante con el proyecto en estudio (Caño y Cruz, 1995).

Resultados

El sitio de estudio se localiza en los límites de la Región Suroeste de Santa Rosa Xochiac en la Delegación Álvaro Obregón, México D.F. Se ubica



en la parte baja del Cinturón Verde del Desierto de los Leones. La problemática de la poligonal en la que se encuentra ubicada la residencia de estudio, gira en torno a las causas, consecuencias y posibles soluciones relacionadas con el asentamiento irregular ubicado en el sitio de estudio. Los colonos de la poligonal, construyeron sus viviendas en suelos de conservación como resultado del crecimiento natural de la población y de la desregulación promovida por diversas autoridades locales a través del tiempo. Como consecuencia no hay una definición de los derechos de propiedad y un constante deterioro de la zona forestal. Los pobladores de la Colonia Santa Rosa Xochiac, han tenido que llevar a cabo una serie de acciones para obtener sus derechos de uso de suelo dentro del marco de la legalidad, no obstante, la poligonal en estudio es un asentamiento irregular.

Para el caso de estudio se realizaron varias propuestas:

- Ahorro de agua por medio de captación de agua pluvial
- Ahorro de energía eléctrica en bombeo
- Ahorro en energía eléctrica destinada a iluminación
- Ahorro de energía en electrodoméstico
- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico en isla
- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico interconectado
- Generación eléctrica eólica.

En México se han instalado casas que hacen uso de energías renovables, así como el uso eficiente de energía y recursos naturales. Algunas de ellas han servido como proyectos demostrativos para la difusión de los beneficios obtenidos.

Existe una casa ecológica en el Parque Ecológico de Loreto y Peña Pobre, en la delegación Tlalpan, en la Ciudad de México. Esta casa se construyó en el año de 1994, con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la UNAM, Universum, el Instituto Politécnico Nacional, la Lotería Nacional y la Fundación Manantial. En esta casa no hay una familia que la habite, sin embargo puede ser funcional para poder vivir en ella. Se hacen visitas guiadas a los visitantes por la casa de martes a domingo (GDF, 2010). En el Bosque de Chapultepec, en la Ciudad de México, se construyó en 1985 una casa ecológica financiada por la

Sociedad de Arquitectos Ecologistas de México. Los objetivos de esta casa eran didácticos y demostrativos. Las técnicas implementadas eran bastante prometedoras e innovadoras y aprovechaba casi todos los potenciales de aprovechamiento energético. En el 2005 fue demolida pues no redituaba lo suficiente a los concesionarios (Deffis, 1990). Existe otra vivienda sustentable en la Ciudad de México, de domicilio reservado, en la que también cuentan con tecnologías de aprovechamiento de energía y de reutilización de desechos. Esta casa está habitada por la familia de uno de los socios de la empresa OP Energía. Ofrecen visitas guiadas ocasionales para quien lo solicite (OE, 2010).

Estos y muchos otros más son ejemplos de viviendas sustentables en México. Instituciones públicas como la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) ha puesto en marcha el proyecto piloto "Programa para la Vivienda Sustentable", en la que se otorgan subsidios del 20% a los habitantes para que tengan una vivienda de interés social con uso de energías alternativas. Se han realizado estos proyectos en ciudades como Acapulco, Delicias, Monterrey, Villahermosa, Torreón, Tepic, Reynosa, Querétaro, Mexicali, Hermosillo y Ciudad Juárez. Un objetivo secundario es mejorar las Normas Oficiales Mexicanas a través del desempeño de los proyectos. También los gobiernos de Aguascalientes y el Distrito Federal iniciaron con el proyecto "Fraccionamiento Sustentable" el cual edificará 1518 viviendas (Angulo, 2009; Morillón, 2007; Llanos, 2010).

En la Tabla 2, se detallan las tecnologías implementadas en los sitios mencionados y el caso en estudio contemplando las propuestas del presente trabajo. Se consideró que el consumo de agua por vivienda en el Distrito Federal es de 1,635 L/día, el consumo de gas L.P. por vivienda en México es de 10.2 kg/día y el consumo de electricidad es de 9.7 KW/día (CONAGUA, 2007; SENER, 2009b; CFE, 2010b). La Figura 1 es un croquis del terreno con la ubicación de las tecnologías implementadas. En la Figura 2 está el croquis del terreno con las propuestas de este documento. Comparándolas, se nota que no se sacrifica más espacio en la casa para la implementación de los proyectos. La azotea es el lugar que tiene más modificaciones, pero no implica un cambio sustancial en la estética del lugar ni afecta las actividades de los habitantes.



Tabla 2 Comparativa de implementación de ecotecnias en otros trabajos con respecto a éste

Sitio	Construcción	Técnicas adoptadas	Ahorros
Casa ecológica autosuficiente del parque ecológico de Loreto y Peña Pobre	1994	<ul style="list-style-type: none"> - construcción bioclimática - calentamiento de agua con captador solar - generación eléctrica con paneles fotovoltaicos - sistema de compost - captador pluvial - luminarias eficientes - tragaluces y ventanales - huerto - invernadero - separación de desechos 	Electricidad $8.3 \frac{kWh}{día}$ Gas $7.7 \frac{kg}{día}$
Casa ecológica autosuficiente del bosque de Chapultepec	1985	<ul style="list-style-type: none"> - construcción bioclimática - climatización con trampa de calor de piedra - climatización de la casa con inducción de aire - invernadero adosado a la casa - calentamiento de agua con captador solar - secador de ropa solar - reutilización de aguas grises - ahorradores de agua de uso doméstico - captador pluvial - iluminación fotovoltaica - separación de desechos 	Electricidad $5 \frac{kWh}{día}$ Gas $8.2 \frac{kg}{día}$
Casa ecológica de la empresa OP Energía	No disponible	<ul style="list-style-type: none"> - calentamiento de agua con captador solar - captador pluvial - luminarias eficientes - tragaluces y ventanales - ahorradores de agua de uso doméstico - separación de desechos 	Electricidad $4.4 \frac{kWh}{día}$ Gas $7.7 \frac{kg}{día}$
Viviendas con tecnologías sustentables de interés social del programa "Vivienda Sustentable"	Fin de la construcción del proyecto programado a finales del 2010	<ul style="list-style-type: none"> - calentamiento de agua con captador solar - ahorradores de agua de uso doméstico 	Gas $5.1 \frac{kg}{día}$
Viviendas con tecnologías sustentables de interés social del programa "Fraccionamiento sustentable"	2010	<ul style="list-style-type: none"> - calentamiento de agua con captador solar - sensores para ahorro en iluminación - iluminación fotovoltaica - captador pluvial - reutilización de aguas grises - separación de desechos 	Electricidad $3.9 \frac{kWh}{día}$ Gas $7.7 \frac{kg}{día}$

Tabla 4.1 continuación. Comparativa de implementación de ecotecnias en otros trabajos con respecto a éste.

Sitio	Construcción	Técnicas adoptadas	Ahorros
Sitio en estudio Santa Rosa Xochiac	2003	<ul style="list-style-type: none"> - calentamiento de agua con captador solar - climatización de la casa con captador solar y muro radiante - sistema de compost - digestor para tratar las aguas grises - generación eléctrica con paneles fotovoltaicos - bombeo de bajo consumo - captador pluvial - luminarias eficientes - sensores para ahorro en iluminación - contactos de control para aparatos con circuitos de espera - tragaluces y ventanales - separación de desechos 	Electricidad $11.3 \frac{kWh}{día}$ Gas $9.9 \frac{kg}{día}$ Agua $4.2 \frac{l}{día}$
Casa típica en México sin tecnologías de beneficio ambiental y energético		<ul style="list-style-type: none"> - consumo de electricidad por la red de la CFE - calentamiento de agua con gas LP - aparatos con consumo de carga en espera - luminarias ineficientes - climatización con máquinas de aire acondicionado - uso del agua sin dispositivos de ahorro 	Consumo de electricidad $9.7 \frac{kWh}{día}$ Consumo de gas $10.2 \frac{kg}{día}$ Consumo de agua $1,635 \frac{l}{día}$



Figura 1 Sitio en estudio actual

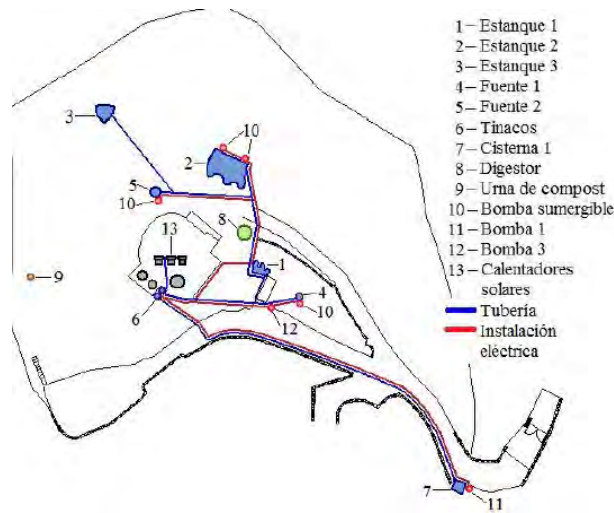
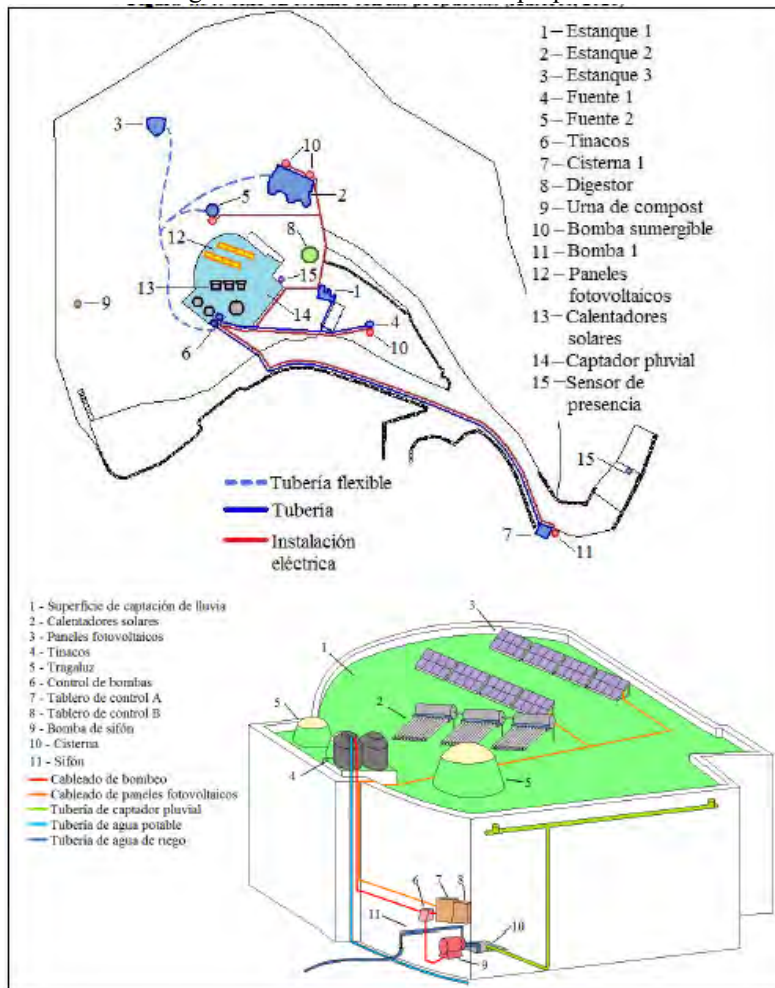


Figura 2 Sitio de estudio con las propuestas





Conclusiones

Siguiendo los objetivos propuestos, se ha tratado de encontrar la forma de reducir los impactos ambientales que provoca el habitar en una casa en suelo de conservación. El método que se eligió fue el de reducir impactos ambientales a través de ahorros energéticos, generación eléctrica alternativa y captación de agua.

Para la propuesta de captación de lluvia, se concluye que el proyecto sería rentable y recomendable su instalación debido a lo siguiente:

El periodo de recuperación llegaría a ser de 5 meses, un tiempo bastante bueno,

No requiere de un gran capital inicial (\$2,060 aproximadamente)

La instalación se puede realizar con materiales de fácil adquisición, pues en cualquier ferretería se puede proveer de ellos

Disminución del consumo del agua destinada en riego y ornamentación hasta el 100% en siete meses del año.

Aplicación mayoritaria de dispositivos pasivos para su funcionamiento

Uso de bomba hidráulica al mínimo, menos de un minuto de uso de la bomba por aplicación

No altera el estilo de vida de los habitantes

Las desventajas del proyecto son:

Captación variable en algunos meses

No se puede hacer su uso después de 1 mes de sequía

Requiere limpieza periódica en la cisterna de captación debido a las partículas suspendidas en el agua

El agua captada no es aprovechable para consumo humano.

Para la propuesta de ahorro energético en bombeo, se obtuvieron tres alternativas: “Solo sustitución de bombas”, “Sustitución de bombas adaptadas a un

sistema fotovoltaico sin captación de agua” y “Sustitución de bombas adaptadas para un sistema fotovoltaico con captación de agua”. Se recomienda ampliamente la sustitución de bombas, y en caso de implementarse un sistema fotovoltaico, también se recomienda cualquiera de los dispositivos de acoplamiento.

Las ventajas y desventajas de estas tres alternativas de proyecto son:

La sustitución de bombas y adaptadores de acople al sistema fotovoltaico tienen un periodo de recuperación de 19 meses, un periodo de recuperación aceptable

Disminución del 83% en el consumo de la energía destinada al bombeo

Disminución en la carga eléctrica en bombeo

Permite la elección de instalar el captador de agua de lluvia propuesto o el sistema fotovoltaico

Los acopladores para el sistema fotovoltaico, evitan el sobredimensionamiento de capacidad a instalar en el sistema en isla

Ahorro de 412 KW/año en el consumo de bombeo

Se evitan 1,358 kg/año de CO₂ emitidos, que equivalen a un automóvil en un año y a 0.3 de la absorción de un árbol de oyamel

Evita el bombeo de la cisterna 1 a la cisterna 2

Se puede aprovechar la instalación de tuberías actual

Inversión inicial moderada

Fácil reemplazo de dispositivos en el circuito acoplador

No afecta el estilo de vida de los habitantes

La principal desventaja es el llenado lento de los tinacos.

La tercera propuesta fue ahorro energético en iluminación, se optó por recomendar la utilización de sensores infrarrojos y la instalación de los sensores



en el jardín y la escalera. La instalación de estos sensores es recomendable si los habitantes desean disminuir su consumo eléctrico o implementar sistemas de generación eléctrica alternativos.

Los aspectos positivos de esta propuesta son:

1. Inversión inicial pequeña
2. Periodo de recuperación de 5 meses para el sensor de la escalera y 3 meses para el sensor del jardín. Estos tiempos resultan muy favorables
3. Ahorro del 6.1% en el consumo eléctrico en iluminación de toda la casa, es decir 374 KW/año
4. Se evitan 1,235 kg/año de CO₂ equivalente que es equivalente a la emisión cercana de un automóvil en un año, así como, a la absorción de 0.3 de árbol de oyamel
5. Instalación sencilla y barata, 6) Permite la operación manual y automática del encendido y apagado de luces.

Las desventajas para la implementación de sensores de presencia son

1. Posibles incomodidades por parte de los usuarios, debido al apagado no deseado de las luces
2. Requiere limpieza periódica de los sensores, en especial los que se ubican en el jardín
3. El periodo de recuperación puede variar drásticamente, debido a las horas de uso
4. Disminuye ligeramente el tiempo de vida útil de las lámparas.

La recomendación hecha a los habitantes, para el ahorro de energía a través de la desconexión de algunos de sus electrodomésticos, resultaría muy conveniente para el desarrollo del proyecto de generación eléctrica alternativa, a la facturación del consumo y a los impactos ambientales.

Los beneficios, de aceptar el nuevo hábito de desconectar los electrodomésticos, son:

1) Disminuye la capacidad a instalar de paneles fotovoltaicos

2) Pueden ahorrar hasta 350 KW/año

3) Se evita la emisión de 1,150 kg/año de CO₂ que es equivalente a la emisión aproximada de un automóvil, y la absorción de 0.3 de un árbol de oyamel

4) Se ahorran hasta \$1,140 al año, en caso de no instalar un generador eléctrico alternativo

5) Protege los aparatos en caso de haber fallos eléctricos

6) La generación de energía eléctrica por medio de paneles solares en isla no es factible técnicamente ni económicamente, por lo tanto no es recomendable su desarrollo, debido a lo siguiente

6.1) Inversión inicial demasiado alta

6.2) El periodo de recuperación se acerca demasiado a la vida útil de los paneles

6.3) No hay suficiente espacio para ubicar los paneles

6.4) No es posible la instalación parcial del sistema fotovoltaico en isla, forzosamente se deben cubrir todos los consumos

6.5) Ninguna de las propuestas anteriores beneficia lo suficiente para disminuir la capacidad a instalar.

En la evaluación de la posibilidad de instalar un sistema fotovoltaico interconectado, se propusieron cinco escenarios, los cuales todos resultan viables técnicamente. Los periodos de recuperación resultan elevados, sin embargo, hay que tener en cuenta que para un sistema de este tipo, es una situación común tener remuneración a largo plazo.

Cada uno de los cinco posibles escenarios permite la venta de energía sobrante a la CFE, de acuerdo a lo establecido en el contrato de interconexión. Cada uno de los escenarios descritos, están dimensionados para la instalación de un sistema fotovoltaico a diferentes escalas.

El proyecto es recomendable si se desea compensar los impactos ambientales en cuestión energética y se cuentan con los recursos



necesarios. Se recomienda la instalación del sistema de generación eléctrica fotovoltaico con la adición de los proyectos de ahorro de energía, ya que este es el escenario con mejor compensación de los impactos ambientales.

Hay que tener en cuenta lo siguiente en caso de instalar uno de estos sistemas:

1. La inversión inicial es alta
2. La energía vendida a la CFE puede ser usada en los 12 meses siguientes
3. La energía vendida a la CFE no será remunerada con dinero
4. Los precios de los productos varían según la cotización del dólar
5. La compensación de la inversión inicial se percibirá a través de ahorros en la facturación eléctrica

6. Los posibles ahorros son mayores del 50% para cualquiera de las alternativas propuestas
7. Se pueden evitar de 6.02 kg/año a 13.67 kg/año de CO₂ equivalentes a la emisión de aproximadamente 6 automóviles y la absorción de casi 3 árboles de oyamel
8. La instalación de cualquier alternativa de sistema de generación fotovoltaica permite permanecer en la tarifa 1 de consumo eléctrico

La última propuesta fue la generación de electricidad por medio de aerogeneradores. Debido a que no se cuenta con un buen recurso eólico, ninguna de las tecnologías a la venta sirve para la implementación de un generador eólico. Por lo tanto, al no ser sustentable, no se recomienda su instalación. En la Tabla 3 se resumen las opciones que se consideran más recomendables para la realización de la ecotecnia.

Tabla 3 Resumen Tecnologías actuales y propuestas para la realización de la ecotecnia

IMPLEMENTACIÓN PARA LA ECOTECNIA			
	Tecnología actual	Tecnología propuesta	Costo propuesta
Agua	Compra para toda la casa	Captador de agua de lluvia	\$2,059.44
Bombeo	Bombas sobredimensionadas	Sustitución de bombas	\$4,094.00
Iluminación	Lámparas ahorradoras	Sensores de presencia	\$320.00
Carga en espera en electrodomésticos	Ninguna	Separación de circuito para la fácil desconexión de carga en espera.	\$416.20
Generación de electricidad	Conexión CFE (generada a partir de combustible fósil)	Generación fotovoltaica (interconexión con CFE)	\$78,758
Gas	Calentadores solares de agua para climatización y uso personal de la casa	Misma	\$0.00
Otras	Compost y reforestación	Misma	\$0.00
Costos total de las propuestas			\$85,647.64

De instalarse el captador de aguas, sustituir el equipo de bombeo, instalar sensores de presencia en la casa, instalar un generador fotovoltaico de 1,530 W y ahorrar energía en electrodomésticos, se podría hacer el símil de haber plantado dos árboles

de oyamel maduros de 45 m de altura, el cual, es el tipo de árbol típico del Desierto de los Leones (CMC, 2009; Flores, 1999; ETB, 2010). Por otro lado, actualmente, existen asociaciones que apoyan proyectos en pro del medio ambiente, dos de ellas



son: Fundación ADO y Fundación Gonzalo Rio Arronte. Dichas fundaciones, aceptaron dar un donativo para la realización del ecobarrio en Santa Rosa Xochiac. Por lo tanto el análisis en este trabajo es de gran valor para la ejecución del proyecto.

Fuentes de consulta

1. Angulo, C. 2009. Inician construcción de fraccionamiento sustentable. Publicado en la Agencia de Noticias del Estado Mexicano, Notimex el 13 de agosto 2009. México D.F., México.
2. Caño, A. y Cruz, P., 1995. Conceptos básicos de la dirección de proyectos. Ed. Uned. 426 pág. España.
3. Castro, M., Colmenar, A., Pérez, M., Perulero, J. y Fiffe, R. 2003. Sistemas de bombeo eólicos y fotovoltaicos. Ed. Progesa. Sevilla, España.
4. CFE, 2010a. Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica (2009 - 2010). Publicación de la Comisión Federal de Electricidad. México D.F., México.
5. CFE, 2010b. Estadísticas de clientes de la CFE. 2010. Publicación de la Comisión Federal de Electricidad. México D.F., México.
6. CMC, 2009. Calculadora Mexicana de Carbono en Internet. Grupo Bimbo, México D.F, México.
7. CONAGUA, 2007. Indicadores del agua potable, alcantarillado y saneamiento. Publicación Comisión Nacional del agua. México D.F., México.
8. Deffis, A. 1990. La casa ecológica autosuficiente para climas templado y frío. Ed. Concepto. México D.F., México.
9. ETB, 2010. Wood Species - Weight at various Moisture Contents. Publicado por la Engineering Toolbox. La Habra California, EEUUA. EEUUA.
10. Flores, A. 1999. Registro Oyamel. Publicación de la Universidad Autónoma del Estado de México. Acervo cultural del Instituto de Investigaciones Biológicas. Cuernavaca, Morelos, México.
11. Garrido, S. 2007. Rescatando el agua del cielo para su uso doméstico en la tierra: Captación y tratamiento del agua de lluvia en Morelos. Publicación del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México D.F., México.
12. GDF, 2010. Visita a la Casa Ecológica Autosuficiente, llamada "Casa Ecológica de Loreto y Peña Pobre". Tlalpan, D.F., México.
13. Llanos, R. 2010. Crea el INVI el primer desarrollo habitacional de interés social sustentable. Publicado en el periódico La Jornada el 15 febrero 2010.
14. Morillón, D. 2007. Prospectiva de las fuentes renovables de energía para el sector de la vivienda de interés social en México. En memorias del 6° Seminario Regional de Innovación organizado por el Instituto de Ingeniería UNAM. Ciudad Universitaria, D.F., México.
15. OE, 2010. Casa Autosuficiente habitada. Publicación de la empresa mexicana Openergía. México D.F., México.
16. Robinson, K. 2003. Concrete paving blocks. Requirements and test methods. Publicación de la British Standards Institution. Londres, Inglaterra.
17. SENER, 2009b. Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2009-2014. Publicación de la Secretaría de Energía. México D.F., México.
18. SWTDI, 2001. Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con Energía Fotovoltaica, Vol. 1. Publicación del Southwest Technology Development Institute en colaboración con FIRCO, ENERSOL, SNLEyNT, WINROCK, CIE-UNAM. Temixco, Morelos. México.

Temas que pudieran ser objeto de ser investigados en el contexto del cambio climático

- Afectaciones debido al desordenamiento territorial
- Sobre población en países del tercer mundo
- Implementación de ecotecnias



Cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola como herramienta para hacer frente al cambio climático

Belfort Martínez Adriana¹, Rodríguez Rosa Ana², Laureano Casanova Oscar³, Ventura Santillán Jazihel⁴, Belfort Martínez Lorena⁵.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, ²Universidad Nacional de San Juan, ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, ⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, ⁵Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

Email: adriana.belfort@hotmail.com

Resumen

La huella de carbono es un indicador ambiental que busca cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La medición de la misma se convierte en una herramienta que permite trabajar bajo el concepto de eco-eficiencia e identificar oportunidades reducción de consumo energético, ya que este último es la principal fuente de emisión de GEI a nivel mundial. El presente trabajo aplica la metodología PAS 2050:2011 para la medición de la huella de carbono a la producción del vino blanco. La misma excluye las emisiones asociadas con los insumos humanos de energía a los procesos, el transporte de los consumidores al punto de venta y el transporte provisto por animales. Sin embargo, se consideran todas las emisiones involucradas con el ciclo de vida del producto. Como producto principal de este trabajo, se obtuvo una planilla electrónica que puede aplicarse al cálculo de huella de carbono de cualquier producción de vino blanco, independientemente de su tamaño y proceso. La misma incluye una estimación de la emisión de GEI teniendo en cuenta todas las posibles variantes que pudiese tener el proceso en la zona, definiéndose los límites de la empresa y operaciones a evaluar, desde la vendimia hasta la disposición final.

Palabras clave: Huella de carbono, ciclo de vida, producción de vino.

Introducción

Las altas emisiones de GEI durante un proceso de manufactura, implican un impacto negativo sobre el medio ambiente, lo cual repercute directamente en el cambio climático. Por lo que resulta necesario conocer las fuentes de emisión de GEI dentro de un proceso productivo para calcular la huella de carbono, es decir la cantidad de GEI liberados a la atmósfera en unidades de dióxido de carbono

(CO₂), (Wackernagel, 1995). El objetivo entonces de conocer la huella de carbono es lograr la reducción de emisiones de GEI a la atmósfera y por tanto, la reducción del consumo energético, ya que es la principal fuente de emisión de GEI a nivel mundial (Edwing et. al., 2010).

Calcular la huella de carbono ayuda a distinguir a las empresas en un mercado cada vez más concientizado y que valora preferentemente a las empresas y productos sostenibles. La industria vitivinícola en Argentina, es un sector industrial impulsor de la economía nacional (INV, 2011), el cual tras la inserción en los mercados internacionales generó una notable innovación en la vitivinicultura motivada principalmente, por la necesidad de adecuarse a las nuevas exigencias de los mercados importadores. Dicha industria pretende establecer estrategias en sus procesos de manufactura para mitigar los efectos negativos al ambiente y promover la sustentabilidad.

Dentro de una bodega vitivinícola, las emisiones gaseosas incluyen GEI, las cuales provienen de los procesos de sulfitación (SO₂) y fermentación (CO₂) como así también desde las calderas. Las calderas se utilizan para suministrar agua caliente y vapor. Estos suministros son usados en varias etapas en el proceso de producción de vino (maceración, fermentación, pasteurización y embotellado) y en las tareas de limpieza y esterilización (Rodríguez y Udaquiola, 2009).

Existen varios métodos de cálculo, debe de identificarse el más adecuado y confiable para identificar los puntos críticos y potenciales de reducción dentro del proceso productivo del vino blanco. La falta de un procedimiento estandarizado para la estimación de emisiones de CO₂ que involucre todos los factores asociados a la



elaboración del vino blanco en la industria argentina, genera inconvenientes al momento de proyectar una estimación de las emisiones. El análisis del proceso de elaboración del vino blanco permitirá mediante un método de cálculo adecuado, conocer la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera para determinar la huella de carbono.

Se describe la aplicación de la metodología PAS 2050:2011 para el cálculo de la huella de carbono en la producción del vino blanco. La misma es una especificación pública disponible realizada por BSI y co-patrocinado por la Carbon Trust y Departamento de Medio Ambiente y Asuntos Rurales (Defra) para la cuantificación y evaluación de la huella de carbono del ciclo de vida de un producto. Fue publicada en el año 2008, y cuenta con una revisión en el año 2011(BSI, 2011).

En este trabajo se obtuvo una planilla electrónica que puede aplicarse al cálculo de este indicador para cualquier producción de vino blanco, independientemente de su tamaño y proceso.

Geográficamente, el documento se limita a la zona vitivinícola de San Juan, Argentina ya que todos los factores involucrados en el cálculo de la huella de carbono serán tomados de doce bodegas locales; donde el proceso analizado será la elaboración de vino blanco. Se pretende que el modelo de cálculo pueda extrapolarse a otras empresas vitivinícolas presentes en otras regiones tanto de Argentina mundo como del mundo.

Metodología

Cálculo de huella de carbono en la industria vitivinícola: Metodología PAS 2050

Fijar objetivos

El objetivo de calcular la huella de carbono es reducir las emisiones de GEI en el proceso de elaboración del vino blanco de las bodegas de San Juan, en la provincia de San Juan en Argentina. Se identifican los puntos de mayor emisión para una posterior reducción, como así también para certificar y comunicar la huella de carbono a los clientes.

Descripción del producto y establecer la unidad funcional

Debido a que el proceso consiste en la elaboración del vino blanco, se toma éste como unidad funcional, considerando como referencia para estudiar el ciclo de vida 1 hectolitro.

Realización del mapa de ciclo de vida del producto

El cálculo de la huella de carbono requiere el análisis del ciclo de vida el cual está estandarizado internacionalmente por la ISO (International Organization for Standardization) bajo la norma 14040. Las etapas del ciclo son: obtención de la materia prima, producción, distribución y almacenamiento, uso y disposición final. La figura 1 muestra el mapa del proceso de elaboración del vino blanco, separando cada proceso dentro de cada una de las etapas del ciclo de vida.

Etapa 1. Obtención de la materia prima. Para elaborar el vino blanco se requieren las siguientes materias primas: uva, SO₂, levadura, filtro auxiliar, agua, floculantes, embalaje, botellas, etiquetas y tapas. Para el cálculo de la huella de carbono se consideraron las emisiones generadas por el cultivo de la uva y las etapas involucradas. Para los otros insumos e contabilizaron las emisiones generadas por concepto de transporte desde el punto de venta hasta la bodega y el camino de regreso con la unidad móvil vacía.

Etapa 2. Producción. Esta etapa comienza cuando la materia prima entra la bodega y termina cuando se obtiene el vino. Se analizan todas las operaciones unitarias y las respectivas emisiones de GEI generadas. En algunas operaciones de la producción se requiere agua a diversas temperaturas, su acondicionamiento ha sido considerado en la planilla de cálculo de Excel.

Etapa 3. Distribución y almacenamiento. En esta etapa se toma en cuenta el traslado del producto desde el sitio de producción hasta comercios o lugares de almacenaje. El almacenamiento no produce emisiones de GEI debido a que el producto no necesita estar bajo una atmósfera controlada de humedad, presión o temperatura. Tanto en los camiones como en su sitio de venta, el vino blanco permanece a temperatura ambiente, es decir, a las condiciones que se tengan en el lugar a donde el cliente realizará la compra.

Etapa 4. Uso. Esta etapa comienza cuando el consumidor adquiere el producto. El consumo puede ser inmediato o bien, se puede dar almacenamiento del mismo a temperatura ambiente o en un refrigerador.



Etapas 5. Disposición final. Se contemplan los residuos del producto una vez consumido y los residuos del proceso industrial.

a) Los residuos del proceso industrial:

- Restos de hojas, y uva en mal estado que se generan en la etapa de cosecha.
- Racimos, brotes que se generan en la etapa de deshoje y bota de carga. Estos residuos se disponen en los mismos campos de cultivo, se les deposita en un área determinada dentro del terreno o se envían a centros de acopio de materiales orgánicos, para ser convertidos en compost.
- Restos de papel y cartón envases plásticos, tijeras: estos materiales se almacenan en contenedores para ser trasladados a su disposición final.
- Efluentes líquidos provenientes de operaciones de lavado. El caudal del efluente generado es variable de empresa a empresa y oscila entre 1 a 7 l de agua de residuo por litro de vino producido.
- Residuos sólidos derivados de restos de materias primas. Se incluyen, orujos, escobajos, borras, lodos del proceso (sustancias pépticas y mucilaginosas, retirados en la operación de estrujado y escurrido), residuos de estabilización (cristales, crémor tartárico), lodos de tratamiento (adicionalmente, las bodegas que cuentan con sistemas de tratamiento de efluentes de tipo biológico).

b) Los residuos del uso/consumo del producto. El residuo generado después de haber sido consumido el producto es la botella de vidrio. Las botellas son llevadas al relleno sanitario donde son separadas del resto de los desechos para ser llevadas en autobús a una planta de reciclaje ubicada en la municipalidad San Juan, en la provincia de San Juan, Argentina.

Delimitación del sistema del producto

Para calcular la huella de carbono se tomarán en cuenta las cinco etapas del ciclo de vida, incluidas todas las operaciones involucradas en cada una de ellas. Desde la obtención de la materia prima, que es la uva, hasta la disposición final de los residuos que resulten del consumo del producto.

La metodología PAS 2050:2011, excluye las emisiones asociadas con los insumos humanos de energía a los procesos, el transporte de los

consumidores al punto de venta y el transporte provisto por animales.

Plan de recolección de la información

Los datos necesarios para calcular la huella de carbono en el proceso de elaboración del vino blanco, se clasifican en primarios y secundarios de acuerdo al origen de su obtención. Los datos recolectados serán de carácter primario y secundario, puesto que no se tiene acceso a todos de forma directa. Alguna de la información será extrapolada al proceso de producción del vino blanco en San Juan, siendo ésta perteneciente a procesos de otros lugares con distintas características de operación (tecnología, equipos, condiciones, etcétera).

Recolección de información

La información necesaria para el cálculo de la huella de carbono, es la que satisface la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones CO}_2\text{e} = \text{Actividad} \cdot \text{Factor de emisión} \quad (1)$$

Todos los factores de emisión (FE) deben ser expresados en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Esto se logra multiplicando las emisiones individuales por el potencial de calentamiento global (GWP).

Analizando el proceso productivo de elaboración del vino blanco, se esquematizan las variantes en el proceso y se genera un proceso estándar de la industria regional, con el objetivo de identificar las fuentes de de emisión de GEI y así lograr generar las herramientas de cálculo específicas para esta industria.

Emisiones por agricultura (Cultivo de la uva)

Las emisiones de GEI en el proceso de agricultura de la uva, son producto de la fertilización, cosecha y riego. Los principales GEI estimados para la agricultura con el CO₂ y N₂O.

- a) Fertilización. El sistema se evaluó tomando como unidad funcional el cultivo de 1 hectárea de viñedo en espaldera, sin cubierta vegetal, a razón de 3, 000 cepas/ha, usando ambos tipos de cultivo, tradicional y ecológico.
- b) Cosecha. De acuerdo al tipo de maquinaria y combustible utilizado para la cosecha se utilizan



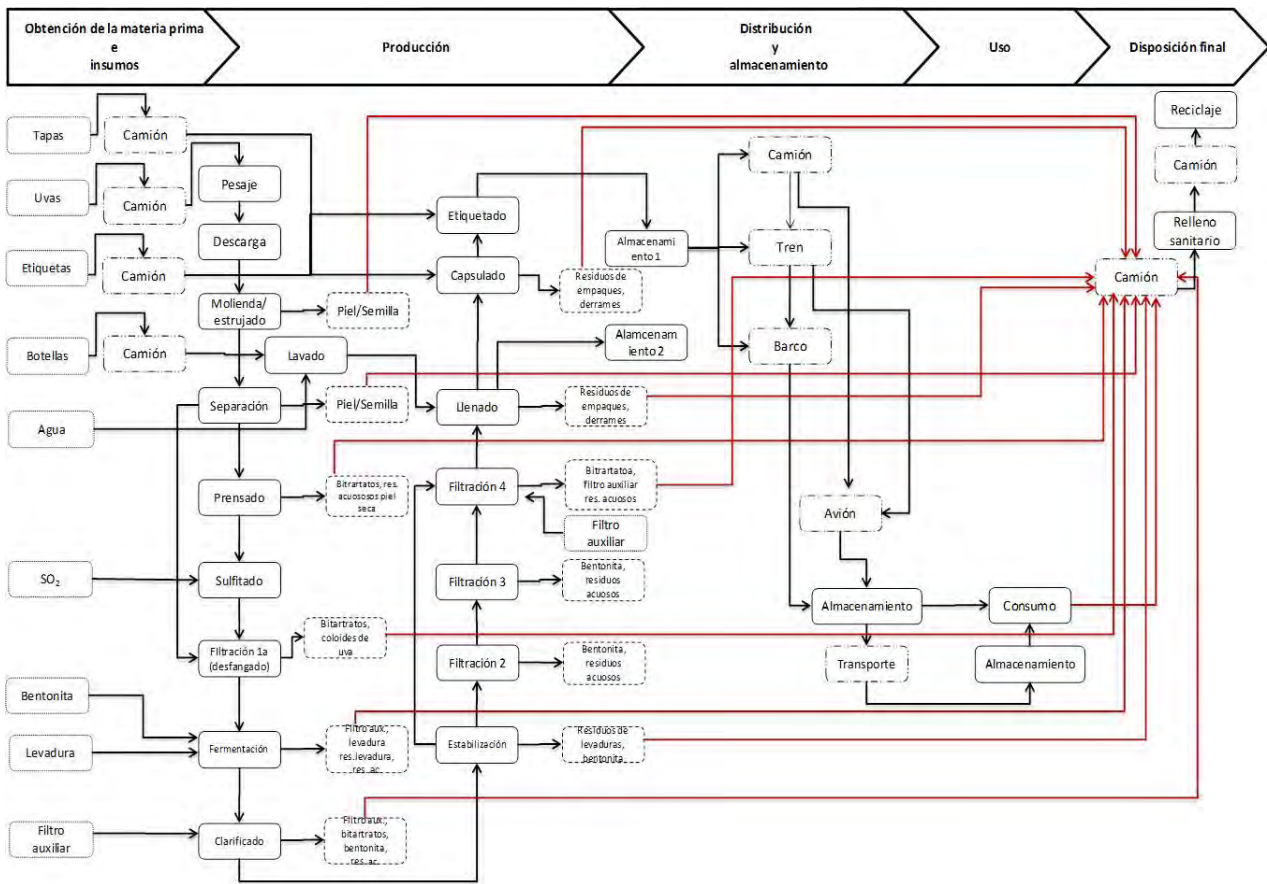
distintos factores de emisión. Las emisiones se calculan con la siguientes fórmulas:

$$E = CC \cdot FE \quad (2)$$

$$CC = T \cdot Ef \quad (3)$$

Donde E, CC, FE, T y Ef son las emisiones de GEI (kg CO₂/hl), consumo de combustible por hectolitro producido (l/hl), factor de emisión del combustible. (kg CO₂/l), tiempo de utilización del vehículo (h) y eficiencia del combustible (l/h), respectivamente.

Fig. 1. Mapa de proceso de producción de vino



Emisiones por transporte de la materia prima e insumos

Para transportar todos los insumos se utilizan camiones. Los GEI que se contabilizan son el CO₂, CH₄ y NO₂.

La fórmula para la estimación de emisiones de GEI de un vehículo es la siguiente:

$$E_i = \sum_{kt} \text{Nivel de actividad}_k \cdot FE_{ikt} \quad (4)$$

Donde E_i, Nivel de actividad_k, FE_{ik}, k y t son las emisiones del contaminante i por hectolitro producido (kg CO₂ /hl), nivel de actividad de la categoría vehicular k (kilómetros recorridos) (km/hl), factor de emisión del contaminante i para la categoría k, para el tipo de emisiones t (kg/km), categoría vehicular k y tipo de gas de emitido t, respectivamente. Los FE que se utilizaron fueron desarrollados por AEA en acuerdo con el Departamento de Transporte, UK Greenhouse Gas Inventory en el 2010.



Emisiones durante la producción

a) Emisiones consumo de energía eléctrica. La fórmula utilizada para calcular las emisiones de GEI a partir de la energía eléctrica consumida es la siguiente (SAyDS, 2008):

$$E = C \cdot FE_{red} \quad (5)$$

Donde C y FE_{red} son consumo de energía eléctrica (kWh/hl) y factor de emisión de la red de suministro de energía eléctrica (0,5 kg CO₂/KWh), respectivamente. Las emisiones se obtienen para cada uno de los equipos utilizados en la producción que requieren energía eléctrica para funcionar.

b) Emisiones en la fermentación de la uva. Las uvas prensadas o mosto tienen un contenido de azúcar entre 22 y 28° Brix. Una vez conocida la cantidad de azúcar, se puede determinar la cantidad de CO₂ producido en la reacción de fermentación de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E = (m_M / \rho_M) \cdot C \quad (6)$$

Donde E, m_M , ρ_M y C son cantidad de CO₂ producido en la reacción de fermentación (kg CO₂/hl), masa del mosto que se fermentó (kg CO₂/hl), densidad del mosto (134.5 kg/hl) y ratio de conversión del CO₂ de 10.7 kg CO₂/hl respectivamente.

Estimación de emisiones por distribución

En esta etapa, se contemplan las emisiones generadas por el vehículo que transporta al producto. El tipo de transporte en el que es distribuido el producto o unidad funcional puede ser terrestre, aéreo o marítimo. Si se utilizan camiones, la fórmula para calcular las emisiones es la (4), para avión, tren y barco se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_i = W \cdot D \cdot EF_{ik} \quad (7)$$

Donde E_i , W, D, EF_{ik} y k son las emisiones del contaminante i por hectolitro producido (kg CO₂/hl), carga del vehículo k (ton/hl), distancia recorrida (km) y factor de emisión del contaminante i para la categoría k (kg CO₂/ton km), respectivamente. Los FE que se utilizan para emisiones en distribución fueron CE Delft 2006, DEFRA 2005, Australian Greenhouse Office 2006 y Apelbaum Consulting.

Emisiones por uso/consumo del producto

El consumo del producto no provoca emisiones de GEI, las emisiones se generan cuando no se consume de forma inmediata y se utilizan equipos de refrigeración para mantenerlo a una baja temperatura. En el presente trabajo asumiremos que no hay emisiones para únicamente cuantificar las emisiones asociadas al proceso industrial.

Emisiones en la disposición final

En el proceso productivo se genera un caudal de efluentes líquidos variable entre 1 a 7 l por litro de vino producido (Oreglia, 1978). El gas cuantificado es el CH₄.

a) Metano (CH₄). Los pasos para calcular las emisiones son los siguientes:

1. Calcular la cantidad de materia orgánica degradable en el efluente.

$$TOW = P \cdot W \cdot COD$$

(8)

Donde TOW, P, W y COD son el total de materia orgánica degradable en el efluente industrial (kg COD/año), producto industrial total (ton/año), efluentes generados (m³/ton producto), demanda química de oxígeno. (kg COD/m³)

2. Obtener el FE. Se debe estimar el FE usando la máxima capacidad de producción de metano y el factor de corrección de metano para las industrias.

$$FE = B_0 \cdot MCF$$

(9)

Donde B_0 y MCF son la capacidad máxima de producción de CH₄ (kg CH₄/kg COD) y factor de corrección del CH₄, respectivamente.

3. Estimar las emisiones de CH₄.

$$Emisiones de CH_4 = \sum [(TOW - S)EF - R] \quad (10)$$

Donde S es el componente orgánico removido como lodo (kg COD/año) y R la cantidad de CH₄ recuperada. (kg CH₄/año).

Se contabilizan en la huella de carbono los GEI presentes en las emisiones de los desechos sólidos orgánicos una vez que se encuentran en el relleno sanitario, sitio de su disposición final. El CO₂ producido no se toma en cuenta, debido que es considerado como ciclo natural del carbono (DCCEE, 2010).

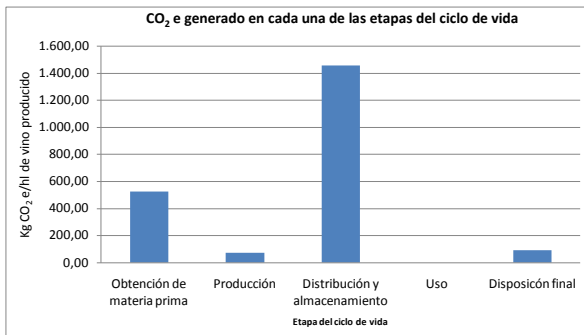


Cálculo de la Huella de carbono

La huella de carbono se obtuvo mediante una planilla electrónica elaborada para el cálculo de los GEI presentes la producción de vino blanco. La planilla ofrece la flexibilidad para calcular la huella independientemente del tamaño y proceso analizado. Las hojas de cálculo, se ordenaron de acuerdo a las etapas del ciclo de vida, y ahí se anexaron todas las fórmulas correspondientes a las operaciones y a las etapas a las que pertenecen. Se diseñó de tal forma que sea de fácil utilización, tanto en el ingreso de la información como en la actualización de la información de las bases de datos.

El cálculo de la huella de carbono para este estudio se realizó tras estandarizar el proceso de elaboración de vino blanco en las industrias vitivinícolas sanjuaninas; con el fin de obtener datos generales que den un panorama de la situación actual de las bodegas, sin enfocarnos en una en particular. El resultado obtenido fue de 16.12 kg CO₂e por una botella de vino blanco producida. En la Figura 2 se observa la cantidad de kilogramos de CO₂e emitidos a la atmósfera en cada una de las etapas del ciclo de vida.

Fig 2. Kilogramos de CO₂e generados en cada una de las etapas del ciclo de vida.



Identificación puntos críticos

Tras calcular la huella de carbono y analizar cuál es la etapa en la que se emite mayor cantidad de GEI, se observa que es la de distribución y almacenamiento, seguida de la obtención de la materia prima. Los medios de transporte que se utilizan para la distribución y comercialización del vino, son los que emiten más GEI a la atmósfera, debido a que la trayectoria que recorren para llegar a su lugar de venta es larga dada la posición

geográfica de la región de San Juan. Esto se debe a las largas distancias que se recorren para trasladar al producto terminado, ya que las materias primas recorren distancias cortas puesto que las bodegas trabajan con proveedores locales. Otro factor que incrementa la cantidad de emisiones y que es una desventaja con la que cuenta la región de San Juan, es la abundante cantidad de vehículos con más de veinte años de antigüedad; lo que forzó a buscar FE que proporcione altas emisiones para que se asemejen a la realidad.

Se puede decir que la huella de carbono que se genera por el transporte de los bienes exportados perjudica la competitividad en cuanto a emisiones de GEI con los demás países. Por tanto las bodegas sanjuaninas deben buscar otras alternativas para disminuir la huella de carbono del vino y poder ser competitiva en el mercado internacional.

Identificación oportunidades de reducción

Se analizan los resultados arrojados por la planilla electrónica y en base a ellos se toman decisiones para reducir las emisiones de GEI a la atmósfera durante el proceso de elaboración del vino blanco.

Apegándonos a los resultados obtenidos, la primera estrategia para la reducción de la huella de carbono estaría relacionada con el transporte. Se recomienda restablecer las unidades, con motores en buen funcionamiento para que sus emisiones sean menores. Resulta imposible reducir las emisiones por concepto de distancia, sin embargo, una forma de reducir la huella de carbono es utilizar una botella más liviana, debido a que de esta manera en una tonelada se podrán transportar más botellas de vino disminuyendo la cantidad de traslados.

Las empresas vitivinícolas también pueden reducir la huella de carbono en el proceso de la elaboración utilizando fuentes de energía más amigables con el medio ambiente tales como eólicas, solares entre otras, e invertir en proyectos de mecanismos de desarrollo limpio. Así como sustituir equipos eléctricos por equipos que no necesiten energía, como filtros ecológicos de tierra en lugar de filtro de placas o membranas. También utilizar centrifugación en lugar de SO₂ y bajas temperaturas en operaciones de separación.

La cantidad de CO₂ emitido en el proceso de fermentación actualmente es liberada a la atmósfera



mediante ventilación natural, sin embargo se propone la instalación de una chimenea de extracción y tratamiento de gas (Rodríguez, 2006) , para impedir que lleguen a la atmósfera y sea parte de la huella de carbono. Se sugiere que en el área del proceso, donde se encuentren los fermentadores, se coloque una chimenea de extracción, la cual no debe tener salida directa a la atmósfera, sino a un tanque de almacenamiento en donde se llevará a cabo el proceso de tratamiento del CO₂. El tanque de almacenamiento, en forma de columna de depuración, deberá contener una solución de hidróxido de sodio (NaOH). El producto principal tras una cadena de reacciones es el carbonato de sodio (Na₂CO₃) y el secundario el agua (H₂O).

El precipitado blanco (carbonato de sodio) se asienta en el fondo de la columna. Posteriormente se realiza una separación física (Cusi, 2006). El exceso de humedad se puede quitar de dos formas, en un horno a 110°C, o bien, al aire libre.

Conclusiones

A nivel mundial la reducción de la huella de carbono está siendo ejecutadas por algunas bodegas, lo que significa una desventaja para Argentina debido, a que si bien unas cuantas bodegas argentinas han colaborado para la realización de estudios e investigaciones en el área, la mayoría sigue sin aún siquiera considerar la importancia de calcular la huella de carbono. Es importante que las bodegas nacionales consideren las emisiones de GEI y busquen las alternativas de reducción, debido a que en el mediano plazo las exportaciones se podrían ver perjudicadas si la huella de carbono del argentino es superior a la de sus competidores. En el caso de que las bodegas argentinas no adopten estas nuevas tendencias corren el riesgo de ser desplazadas del mercado por sus competidores.

Algunos países europeos comienzan a exigir a los productos importados límites de la huella de carbono, además algunas importantes cadenas de tiendas de Alemania, Suecia, Reino Unido, Estados Unidos entre otros, exigirán que productos como el vino tengan en sus etiquetas información de las emisiones de CO₂ que se emitieron en su elaboración y distribución, además los consumidores extranjeros tienen mayor conciencia ambiental por lo que preferirán productos de acuerdo a la huella de carbono. Es por ello que las empresas productoras de vino blanco en San Juan

deberán comenzar calcular su huella de carbono para posteriormente reducir sus emisiones, con la finalidad de permanecer como un exportador vigente y atractivo para el mercado internacional y con conciencia del cuidado al medio ambiente.

Fuentes de consulta

- British Standard Institution.(2011). [en línea]. PAS 2050:2011 *Your questions answered*. Reino Unido. Disponible en: <http://www.bsigroup.com>
- Cusi P. (2006). *Eliminación del dióxido de carbono del gas natural por depuración húmeda empleando compuestos de sodio*. Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Ica, Perú
- DEFRA. (2005) *Guidelines for Companies Reporting on Greenhouse Gas Emissions*. London: Department for Environment Food and Rural Affairs, 2005
- Ewing B., A. Reed, A. Galli, J. Kitzes, and M. Wackernagel.(2010). *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts*. Oakland: Global Footprint Network.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura (2011). [en línea]. *Vitivinicultura argentina*. Disponible en: <http://www.inv.gov.ar>
- Oreglia, F. (1978). *Enología Teórico-Práctica*. Buenos Aires: Instituto Salesiano de Arte
- Rodríguez, Rosa Ana; Oliver, Patricia; Castro, María Rosa; Echegaray, Marcelo; Palacios, Carlos Alberto; Hektor, Klaus; Udaquiola, Stella Maris.(2006) *Producción limpia en la industria vitivinícola*. AIDIS; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Uruguay
- R. Rodríguez y S. Udaquiola (2009). *Evaluación Medioambiental de la Industria del Vino. Alternativas para alcanzar una Producción Limpia*. Argentina: Revista de Ingeniería Química. ISSN: 0797-4930 Vol: 35. Pp 10-18.
- SAYDS (2008). [en línea]. *La huella de carbono del argentino promedio*. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar>
- Wackernagel, M., Rees, W. (1995). *Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth*. E.U.A.: New Society Publishers. ISBN: 0-865-71312-X

Fuentes no referenciadas

1. British Standard Institution (2008). [en línea]. *Guide to PAS 2050: How to assess the carbon footprint of goods and services*. Reino Unido. ISBN: 978-0-580-64636-2. Disponible en:



<http://www.bsigroup.com/upload/Standards%20&%20Publications/Energy/PAS2050%20Guide.pdf>

2. EPA (1995). *Emission Factor Documentation for AP-42, Section 9.12.2 Wines and Brandy*, Final Report. E.U.A.: EPA/MRI
3. IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.
4. World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development (2011). *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard Edición Revisada*. E.U.A.: GHG Protocol Initiative. ISBN: 978-1-56973-773-6



Áreas verdes, diseño urbano y calentamiento global. La Ciudad de Mérida, México como caso de estudio

Raúl Canto Cetina, Gladys Arana López y Lucía Tello Peón

Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán

Resumen

Se realiza un análisis crítico y reflexivo en relación a los patrones de crecimiento de la ciudad de Mérida en los últimos años, y en particular de cinco fraccionamientos desarrollados en diversos momentos de los siglos XX y XXI, con el afán de establecer una comparación ambiental entre ellos. También se presenta en términos de dotaciones los recorridos, tamaños de manzanas y lotificaciones y donaciones de áreas verdes.

Para hacer objetivo el resultado de esos patrones de crecimiento, partiendo de los datos de un estudio previo acerca del calentamiento de Mérida, se analizan sus repercusiones con relación al bienestar térmico y los requerimientos de energía para acondicionamiento. Adicionalmente, se hace un cálculo preliminar de las emisiones de CO₂ debidas a esa energía y de la cantidad de árboles que serían necesarios para contrarrestar el efecto de invernadero que ocasionan.

Como conclusión, se hace una relación concatenada de los diversos problemas urbanos resultantes de supeditar el crecimiento de la ciudad a intereses particulares, con poco interés en la calidad de vida de la sociedad y en los problemas que impostergablemente deben ser atendidos, como el calentamiento global

Introducción

Es por todos sabido, que la forma como las ciudades crecen tiene efectos interdependientes entre sus condiciones climaticoambientales, en el bienestar térmico, en el consumo de energía, la economía, el consumo de combustibles fósiles y la liberación de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) que producen el calentamiento global.

En este sentido, la clases socioeconómicamente privilegiadas, impactan a la ciudad debido a la necesidad que tienen de transportarse individualmente hacia y desde desarrollos habitacionales alejados de la ciudad, al localizarse en su periferia e incluso más allá de los límites

físicos impuestos exprofeso; por otra parte, la búsqueda del constante confort térmico, ha propiciado que todas estas habitaciones, estén climatizadas aunque paradójicamente en estas unidades habitacionales de exclusividad, es en donde el diseño de los espacios abiertos, arbolados y con un adecuado mobiliario urbano, si son incluidos.

En contraparte, se encuentran los desarrollos urbanos populares, también localizados en las periferias interna y externa de la ciudad, cuyos habitantes emprenden largos recorridos desde sus hogares hasta su centro de trabajo o estudio; por otra, sus viviendas construidas a partir de diseños que en su gran mayoría no consideran las condiciones climáticas de la región ni el contexto cultural de sus moradores, presentan condiciones termoclimáticas insatisfactorias, mientras que las áreas verdes correspondientes por normatividad, son obviadas, no desarrolladas o bien al paso del tiempo vendidas.

Todas estas condiciones se pueden observar en fraccionamientos de la ciudad de Mérida, México, sobre todo en aquellos desarrollados en las últimas décadas, ante las prácticas políticas y económicas propias del neoliberalismo. Teniendo en consideración este contexto general, se puede inferir que debido a la pobreza existente en México, no se libera mas GEI puesto que la mayor parte de la gente no puede costear las necesidades de acondicionamiento con equipos que requieren de combustibles fósiles para su funcionamiento. Esto, desde luego, no debe verse como un aspecto positivo, sino que debe servir de motivación para atender más la planeación de las ciudades que propicie mejores condiciones climaticoambientales en las mismas.

El presente trabajo se desarrolla en cuatro secciones:

- a) sintéticamente y de forma contextual se plantea el proceso de crecimiento de la ciudad de Mérida, así como las condiciones



climáticas imperantes en la región. En este sentido vale la pena mencionar que el tema del crecimiento físico de esta ciudad, ha sido una preocupación y ocupación constante, como lo demuestran diversos estudios como lo son los de los años 1950, los análisis y propuestas de Tomassi y de Pani, los realizados por el grupo Tecnología Alternativa en la década de los 1970 y varios otros como los de Tello, García, Bolio, Reyes y Laucirica, en las décadas de los 1980-1990,

- b) análisis crítico y reflexivo en relación a los patrones de crecimiento de la ciudad en los últimos años y en particular de cinco fraccionamientos desarrolladas en diversos momentos de los siglos XX y XXI, con el afán de establecer una comparación ambiental entre ellos. También se presenta en términos de dotaciones los recorridos, tamaños de manzanas y lotificaciones y donaciones de áreas verdes,
- c) estudio de las repercusiones del calentamiento de la ciudad de Mérida, capital del estado de Yucatán, México con relación al bienestar térmico y los requerimientos de energía para acondicionamiento. Adicionalmente, se hace un cálculo preliminar de las emisiones de CO₂ debidas a esa energía y de la cantidad de árboles que serían necesarios para contrarrestar el efecto de invernadero que ocasionan.
- d) reflexiones y conclusiones finales.

Antecedentes generales

Localización, desarrollo y crecimiento urbano de la ciudad de Mérida

Mérida, considerada como la capital regional de la Península de Yucatán –abarcando los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, en la república Mexicana- presenta un clima, según el sistema de Köppen modificado por García de AW0^{ig}.

Cálido, con temperatura media anual de 25.9°C, es el subhúmedo de menor humedad con cociente precipitación/temperatura de 35.0; con régimen de lluvias de verano y presencia de canícula, isotermal, 5.0°C de diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente que es mayo, el cual registra en promedio 28.1°C. ... tiene 5 meses lluviosos que van de junio a

septiembre y 7 meses secos. (Instituto de Geografía, 1986, p: 67)

Toda la Península de Yucatán tiene zonas costeras que presentan gran vulnerabilidad a los cambios climáticos. Sus condiciones geográficas la hacen sensible debido a que está en una zona de transición entre los climas secos y húmedos; tiene alta influencia marítima; está sujeta al embate de fenómenos hidrometeorológicos (nortes, ondas tropicales y ciclones), los que pueden intensificarse en número, frecuencia e intensidad como producto del calentamiento de la superficie oceánica; está en una zona de altas presiones, lo que además puede ocasionar procesos de desertización. (SEDUMA, 2010) (Figura 1)

Figura 1. Localización de la península de Yucatán en la república mexicana. Fuente: Google earth, consultado del 15 de octubre de 2012



Su desarrollo económico se debe al fuerte impulso que se ha dado al sector terciario, apoyado principalmente en la prestación de servicios de administración pública, en los servicios turísticos, en la oferta educativa de alto nivel y por contar con equipamiento para la salud, así como por contar con infraestructura de comunicaciones con una buena cobertura.

Obviando el período de desarrollo urbano desde su proceso fundacional y hasta la guerra de castas, en la época de porfirismo coincidente con el auge henequenero regional, las innovaciones tecnológicas y la vinculación con el mercado internacional, se dieron las condiciones propicias para el primer crecimiento de la ciudad y su desborde físico, generando las primeras conurbaciones en el siglo XX y nuevos polos de



desarrollo habitacional con condiciones de habitabilidad diferentes a las prevalecientes.

Entre 1900 y 1950 se fundaron diversas colonias como la San Cosme, Vicente Solís, Dolores Otero, México, Castilla Cámara, Carranza y la colonia Miguel Alemán en 1950, en esta época el crecimiento de la ciudad de Mérida fue un proceso lento cuyo incremento poblacional se mantuvo prácticamente a ritmo del crecimiento natural hasta la década de 1960. (Tello, 2005:79)

Mérida actual. Tres momentos

Posterior a los procesos mencionados, se observan al menos tres momentos importantes en el crecimiento y desarrollo urbano de la ciudad (Bolio: 2004: 71-73, García: 2003) –mismos que a consideración de algunos investigadores podría entenderse como anárquico y desordenado, todas ellas relacionadas con la aplicación de políticas neoliberales:

1. crecimiento de las colonias y fraccionamientos hacia la pequeña propiedad de exhaciendas henequeneras (1950-a la fecha)
2. la expansión no controlada y dispersa sobre terrenos ejidales (entre 1970 y 1990). A partir de la década de 1970, la tasa de crecimiento anual de la población fue mayor al promedio nacional debido principalmente al impulso que la inversión pública federal proporcionó a la dinámica de la economía regional como parte de un Proyecto Nacional de Desarrollo. (Reyes, 1994). En 1980, la ciudad se desborda nuevamente, creciendo de forma anárquica y en desorden, iniciándose la construcción de edificación masiva de fraccionamientos para atender a un sector específico de la población. (Bolio, 1992, García y Tello, 1993)
3. anarquía ordenada y despilfarro de las reservas territoriales (1990 a la fecha). En este período los ejidos ubicados en los sectores norte y noreste de la ciudad fueron los más afectados por un proceso de privatización iniciado por las reformas constitucionales del año 1993. Ante el frenesí especulativo que se desató desde fines de los noventas en la periferia norte de Mérida, sobre todo en los ejidos-comisarías de Dzityá, Xcanatún, Temozón, Santa Gertrudis Copó, Komchén, Xcunuyá, Chablekal, Tamanché, Tixcuytún, Cholul,

Sitpach, Chichí Suárez y Santa María Chí, el municipio sólo podía interponer la regulación del uso del suelo mediante la negación de licencias y permisos de construcción en esos terrenos lotificados, pero sin ninguna infraestructura ni servicios urbanos. (Bolio:2004)

A partir del año 2000, se dejan sentir los efectos de la globalización en el territorio yucateco, a partir de las siguientes grandes áreas de cambio urbano:¹

1. en la organización y el funcionamiento del territorio y la ciudad,
2. en la morfología urbana, y
3. en la modificación de la Figura y el paisaje urbanos.

Resultado de estas condiciones, se desarrollaron varios megaproyectos entre el que se encuentra Ciudad Caucel, Altabrisa, cuyo objetivo inicial era el de ser un pulmón metropolitano, aunque finalmente se destinó a un subcentro urbano con hospitales, vivienda residencial y áreas comerciales. Al norte del periférico se plantearon diversos desarrollos, como el Real Montejo, las Américas, Residencial Xcanatún y otros más en Temozón Norte, Cholul y Komchén por mencionar algunos.

Casos arquetípicos del siglo XXI en contrastación con los del siglo XX. Cantidad vs. Calidad

A pesar del crecimiento de la ciudad de Mérida en los últimos años y a las políticas de los fondos nacionales vivienda social y popular en México, la relación entre la población y el total de superficie urbanizada disminuyó en el período comprendido entre 1980 y el año 2000, siendo de las más bajas en el contexto nacional en ciudades similares a Mérida. (Bolio: 2004, p: 75)

Entre los fraccionamiento más representativos de la región desarrollados en los últimos años se encuentran Ciudad Caucel, Juan Pablo II, Las Américas.

Ciudad Caucel, es un fraccionamiento iniciado en el año 2005 en el poniente de la ciudad² a 10km del

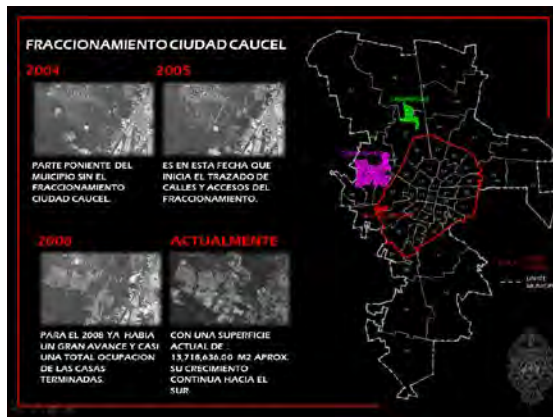
¹ Planteadas por Demattos. Complementariamente se refiere a los efectos de la reestructuración económica sobre los mercados metropolitanos de trabajo y a la financierización de la economía urbana y alta movilidad y autonomía del capital inmobiliario.

² Dentro de los límites municipales, aunque fuera del periférica. N. del A.



centro de esta. El día de hoy, a siete años de su génesis, se encuentran ocupadas 1, 371.8636 Ha con veintidós fraccionamientos, con una construcción de 12,000 viviendas, mismas que están ocupadas por un promedio de 46, 800 habitantes.³ La vivienda predominante es la vivienda media y media baja, tanto unifamiliar como multifamiliar. (Figura 2)

Figura 2. Fraccionamiento Ciudad Caucel. Localización en la mancha urbana de Mérida. Crecimiento del asentamiento desde 2005 hasta la actualidad. Fuente: Dirección general de Catastro. Mérida, Yucatán, información obtenida en Septiembre 2012



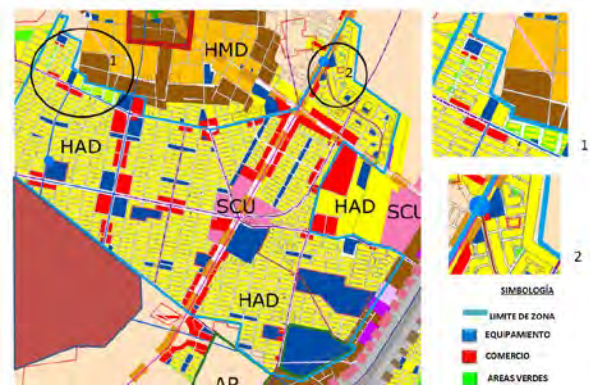
Este fraccionamiento tiene un porcentaje de uso del suelo habitacional del 65% y de donación áreas libres del 5.3% porcentaje que incluye al nuevo zoológico regional Animaya.⁴ Si bien en el plan rector de este gran desarrollo habitacional se indicó que se dejan áreas de donación equivalentes al 17%, realmente gran parte de la donación se ha convertido en equipamiento comercial privado y en el subcentro se ha construido un deportivo techado con lámina, el cual está por iniciar su funcionamiento en la modalidad público-privado.

³ Considerando 3.9 miembros por familia, considero como media para la ciudad de Mérida según el último PDU. N. del A.

⁴ Este zoológico tiene el 3.3% del 5.3% total de áreas libres. De este 5.3% también se incluye el 0.2% correspondiente a un camellón por donde cruzan las líneas de alta tensión. N. del A.

Las manzanas tienen un promedio de 140 x40 metros con treinta y cuatro lotes por manzana, siendo cada lote de 8x20 mts. Las viviendas ocupan entre el 40 y el 70% de la superficie total del terreno. En general la población tiene de dos a cinco años viviendo ahí, no tienen aires acondicionados y la mayoría no ha podido consolidar sus propiedades. (Figura 3)

Figura 3. Carta síntesis de Ciudad Caucel. Fuente: Programa de desarrollo urbano del municipio de Mérida (2012) Consultado el 24 de septiembre de 2012.



Uno de los principales problemas observados en este fraccionamiento es la conectividad que tiene con el resto de la ciudad, no sólo en términos funcionales sino ambientales contribuyendo así en el deterioro de la calidad de vida y en el medio ambiente. Como se había señalado anteriormente, este centro habitacional se encuentra a 10 km del centro de la ciudad y tiene una sola vía de acceso ocasionando que los usuarios hagan uso del autobús con recorridos muy largos y con alta carga vehicular en donde las emisiones ambientales son muy severas. (Figura 4)

Por su parte el fraccionamiento Juan Pablo II, se encuentra en el sur poniente de la ciudad a 7km del centro de este, en la parte interna del periférico. El inicio de su construcción data de los años 1990 utilizando la visita del Papa al sitio para la promoción y conocimiento del mismo. El fraccionamiento tiene dos secciones, la segunda se denomina ampliación Juan Pablo II, ocupa un área de 347.72Ha con un 10% de donación en su primera parte de las cuales el 6% están ocupadas por un ancho camellón donde pasan las tuberías de PEMEX.



La manzana tipo de Juan Pablo II mide 4960m^2 y tiene 27 lotes pudiendo ser de 8×20 , 10×27 o de 10×20 , mientras que las viviendas tienen 58m^2 de construcción. En la ampliación, las manzanas son más grandes y las casas son más chicas, las primeras tienen 5740m^2 y las segundas 52m^2 de construcción. Estos fraccionamientos son básicamente planchas grises de concreto en el territorio.

El último fraccionamiento masivo es el llamado Las Américas, localizado al norte de la ciudad de Mérida afuera del área del periférico y a 13.8 km del centro de la ciudad. En el año 2005 se iniciaron los primeros trabajos y actualmente ocupa $3,737,600\text{ m}^2$ distribuidas en un crecimiento a siete etapas. Las manzanas tipo de esta unidad habitacional tienen una superficie de 5500.00 m^2 aprox. y un perímetro de 350.00 m . aproximadamente con veintiocho predios de 160.00 m^2 (8×20) y cuatro más en las esquinas de 245.00 m^2 (12.50×20). Estos treinta y dos predios dispuestos a dos vistas en los lados largos de la manzana, cuentan con banqueta perimetral de 1.50 m de ancho en su mayoría. (Figura 5)

Figura 4. Desarrollo habitacional Juan Pablo II. Juan Pablo II, cuenta con un área de 347.72 hectáreas con: 31.88% de áreas verdes en la zona de tuberías de Pemex, 0.079% de equipamiento, 0.08 de comercio y 21.97% de área verde. Consultado el 24 de septiembre de 2012.

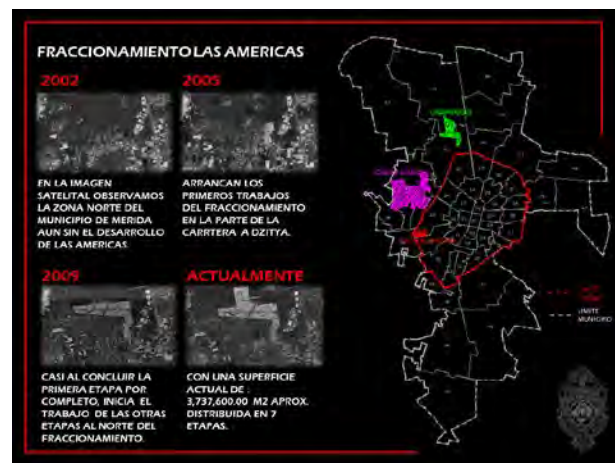
<http://earth.google.com>



Como elementos de comparación, se presenta a continuación los casos de dos fraccionamientos desarrollados en los primeros años de la segunda mitad del siglo XX, siendo estos la Unidad Habitacional Revolución, conocida como CORDEMEX y la colonia Miguel Alemán.

El primero se construyó alrededor de los años 1970 en el kilómetro ocho de la carretera Mérida-Progreso. Actualmente se encuentra conurbado con el resto del crecimiento de la ciudad. Fue construido sobre 30 ha , e inicialmente el 90% del terreno fue destinado a vivienda los lotes median $12 \times 16\text{ m}$ y su área construida fue de 54 m^2 , siendo sus casas pegadas a ambas colindancias laterales. Debido al crecimiento de las viviendas en sus lotes, el porcentaje de ocupación actual fluctúa entre el 80% y el 90% del total del terreno. Las calles son de cinco metros de ancho y las manzanas en sus extremos produjeron calles ciegas al no haber lotes cabeceros.

Figura 5. Fraccionamiento Las Américas. Localización en la mancha urbana de Mérida. Crecimiento del asentamiento desde 2002 hasta la actualidad. Fuente: Dirección general de Catastro. Mérida, Yucatán, información obtenida en septiembre 2012



Por último la colonia Alemán fue construida en los años 1950. Desarrollada en sesenta hectáreas, 70% de estas fue destinado a vivienda y a vialidades, mientras que el 6% a comercio, educación y recreación. Los lotes fueron inicialmente de 12 por 25 m^2 con construcción que iba de 57 a 130 m^2 en promedio, representando un 60% de ocupación del terreno aproximadamente. Sus manzanas miden en promedio 170×40 metros. El equipamiento original se encuentra concentrado y el ancho de sus vialidades le han permitido un crecimiento ambiental con árboles, haciendo del parque central significativo por su espacialidad, calidad ambiental y vida social. (Figuras 6 y 7)



Figura 6. Unidad Habitacional Revolución



Consultado el 24 de septiembre de 2012.
<http://earth.google.com>

Figura 7. Colonia Miguel Alemán, 94.49 hectáreas.



Consultado el 24 de septiembre de 2012.
<http://earth.google.com>

Consideraciones generales del calentamiento urbano

Aunque la mayor parte de las edificaciones se realizan en las ciudades, los datos del clima que se utilizan en el proceso de diseño son representativos de condiciones macroclimáticas y no urbanas, ya que, por lo general, provienen de estaciones meteorológicas cuyas funciones son tales como medir la marcha natural del tiempo o las condiciones atmosféricas en el entorno de los aeropuertos. Contradictoriamente el clima de las ciudades es precisamente una alteración del clima natural

atribuible a las transformaciones que el hombre ha realizado en la naturaleza para hacer su vida en sociedad.

Por otra parte, muchas de las estaciones meteorológicas ya no cumplen con los requisitos para las cuales fueron implementadas puesto que al crecer las ciudades las estaciones han quedado dentro de sus perímetros. En tales casos sus datos tal vez sí sean representativos de condiciones urbanas. Las alteraciones de los ambientes térmicos de la ciudad son una respuesta a los cambios en la geometría de la superficie, tipos de materiales y composición atmosférica de las ciudades.

Así, para determinar las características de la variabilidad de la temperatura en la ciudad de Mérida se realizó un estudio, para el que se eligieron 15 sitios fijos de medición, distribuidos en diferentes tipos de zonas de la ciudad.

En estas estaciones se instalaron instrumentos automatizados programados para tomar la temperatura y la humedad del aire cada hora, durante doce meses consecutivos (seis de 2004 y seis de 2005). Los registros se concentraron en hojas electrónicas de cálculo, con las que se obtuvieron promedios de 24 horas por mes, tanto por sitio de medición, como promedios de todos los sitios, mismos que se utilizaron como representativos de cada caso.

Entre los sitios de medición, se eligió en el centro histórico (estación Centro), que teóricamente es el que registra las temperaturas más altas, y otro en las afueras, contiguo a la zona urbana (estación Ceiba). El calentamiento de cada uno de los sitios medidos se obtiene restando a las temperaturas registradas en el sitio las temperaturas de las condiciones más representativas del medio rural que, en este caso, se consideró la de la estación ubicada en el fraccionamiento la Ceiba, ubicada al norte de la ciudad, a seis kilómetros de distancia.

Las Tabla 1 muestra la variabilidad térmica anual de una zona cercana a Mérida (estación Ceiba), en condiciones rurales no afectadas por la dirección de los vientos; para los fines de este trabajo estos datos se consideraron representativos de condiciones naturales de la zona, sin alteraciones climáticas ocasionadas por la ciudad; la Tabla 2 muestra la variabilidad térmica anual promedio de la ciudad de Mérida.



Evaluación del calentamiento por encima del confort

Para cuantificar la cantidad de calor y energía requerida para contrarrestarlo se usó el concepto de Grados Día, que se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento, necesarios para lograr el confort, durante un cierto período de tiempo (Fuentes, V., 2008).

En el caso de la Península de Yucatán, y de Mérida en particular, existen tres temporadas, que son la templada, la calurosa seca y la calurosa húmeda, de las cuales sólo son de consideración las dos calurosas, por lo que para el acondicionamiento artificial sólo hay que tener en cuenta grados día que exceden el límite superior de la zona de confort (Canto R. 2010).

Estrictamente hablando, los Grados-Día se refieren al déficit o superávit acumulado de los 365 días del año, se calcula con la fórmula:

$$GD = \sum_1^{365} (T - T_{base}) \quad (\text{Fuentes, V., 2008})$$

Donde: GD = grados día, T_{base} = temperatura base (límite de referencia superior de confort), T = Temperatura media diaria °C.

Aunque también puede analizarse mes por mes, con los ajustes necesarios, como se hará en este trabajo.

Debido a que se evaluarán los grados día de acondicionamiento artificial, el parámetro de confort que se ha seleccionado no es de los determinados por los métodos conocidos como adaptativos⁵. Se ha escogido 26°C como parámetro, acorde con los resultados obtenidos por el método de Fanger (1973).

En las tablas 1 y 2 se presentan los grados día de las condiciones naturales y de las condiciones promedio, respectivamente (filas sombreadas). Cada celda es el resultado de restar a la celda superior, en las que se indica la temperatura horaria promedio, 26°C; cuándo el valor de la celda superior es igual o inferior a 26°C, el resultado se establece

⁵ Los modelos adaptativos son adecuados para edificios de libre ventilación. Son modelos de determinación de las zonas de confort basados en estudios empíricos realizados en campo y son llamados adaptativos debido a que los parámetros de percepción térmica que de ellos se obtienen son incluyentes de los impactos potenciales de adaptación fisiológica o del comportamiento, tal como ocurre en la realidad. (Canto, R. (2008)

como cero. Los grados día de cada mes son la suma de las celdas de cada fila multiplicada por el número de días de cada mes (bajo la columna Σ GDM). La última celda de la tabla contiene los GD totales que sobrepasan las condiciones de confort.

De tal manera, de las tablas 1 y 2 se tiene que los GD de todo el año para las condiciones naturales son 13077GD y 15841GD para las condiciones promedio, respectivamente. Los grados día por el calentamiento urbano serán entonces, la diferencia entre los GD de calentamiento de las condiciones naturales menos los GD del calentamiento promedio de la ciudad. Esto es, $15841GD - 13077GD = 2764GD$. Por tanto, la demanda potencial de electricidad requerida para enfriamiento sería esa cantidad por cada vivienda. Sin embargo, como se ha mencionado, no todas las personas están en la posibilidad de costear el acondicionamiento y causar los correspondientes daños al medio ambiente.

Evaluación del consumo de energía por el calentamiento urbano

a) Porcentaje de Grados Día por calentamiento urbano

Los grados día que ocasionan demanda de climatización, son la suma de los necesarios por las condiciones naturales más los que demanda el calentamiento de la ciudad. Por tanto, la relación entre ambas debe ser la misma que la energía necesaria para contrarrestar el efecto de cada una. Por dicha razón se calculó la proporción de los GD por el calentamiento urbano de los GD por las condiciones promedio de la ciudad, esto es: $2764GD/15841GD = .17448$; (17.45%).

Ahora, se puede hacer un cálculo aproximado de la cantidad de electricidad que se requiere para el total de climatización de las condiciones urbanas promedio y utilizar el porcentaje anterior (17.45%) para determinar la energía para climatización debida al calentamiento urbano.

b) Consumo eléctrico urbano

De acuerdo con INEGI (2012), la demanda doméstica de electricidad en el municipio de Mérida en el 2009 fue de 1,902,836MW y con datos del mismo año de la CFE, se calculó que el consumo doméstico fue del 34.4% del total de la demanda. Cruzando datos de INEGI, acerca del número de viviendas y del número de habitantes por vivienda, y del Ayuntamiento de Mérida, acerca del número de habitantes de las comisarías y subcomisarías del municipio, se obtuvo que el consumo doméstico del



municipio fue de 654,575 MWh, y el de la ciudad 626,033 MWh.

c) Consumo de energía por calentamiento urbano

Se calculó una aproximación de la parte proporcional del consumo doméstico que corresponde a la climatización para condiciones muy calurosas, que de acuerdo con Ramos, G. (2009), es de 34%. Éste porcentaje aplicado al consumo doméstico (626,033 MWh) resulta: 626,033 MWh * 34% = 212,851MWh. Esta cantidad de electricidad es la suma de la energía que se requiere tanto por la climatización por las condiciones naturales como las ocasionadas por el calentamiento promedio de la ciudad. Para determinar la cantidad de energía que se requiere tan sólo por el calentamiento urbano, se utilizó el porcentaje determinado en el inciso (a) de la sección anterior. Entonces la cantidad de energía necesaria para la climatización por calentamiento urbano es 212,851MWh*17.45% = 37,142.5MWh.

Evaluación de emisiones de CO₂ por climatización por calentamiento urbano

La cantidad de CO₂ emitido por la electricidad depende de las fuentes de energía que se utilizan para producirla. Cada fuente puede ser caracterizada por un factor que indica cuántos kilogramos de CO₂ se emiten a la atmósfera para producir 1KWh de electricidad.

Cada nación tiene una mezcla de plantas de energía que utilizan diferentes fuentes de energía, entonces el valor de kg de CO₂ /KWh será diferente para cada país.

En México la SENER y la CONUEE (2009) han establecido una metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto de invernadero (SENER-CONUEE, 2009), su utilización es nuestra próxima meta, pero en este trabajo se hará uso del parámetro utilizado por el software para el cálculo de CO₂, que tiene el nombre de Calculadora Mexicana para el cálculo de CO₂, patrocinada por Reforestemos México, A.C., Instituto Nacional de Ecología y Pronatura A.C. El factor de conversión empleado por la Calculadora es .5487Kg de CO₂/KWh.

Tabla 1. Temperaturas y grados día de la **estación representativa de las condiciones naturales** de la zona en la que se ubica la ciudad de Mérida. Las columnas corresponden a las horas del día y las filas, alternadamente, a las temperaturas y grados hora.

La última columna corresponde a los grados día (GD) por mes.

Temp	Horas	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Min.	Med.	Max.	GD	
temp	Ene.	15	18	17	18	15	12	12	10	23.6	25.5	26.9	27.8	28.5	28.7	28.5	27.4	25.6	23.5	22.2	21.4	20.8	20.1	19.5	19.0	16.2	22.0	28.7	366	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	18	2.5	2.7	2.5	14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	362	
temp	Feb.	20.4	17	19	12	16	12	17	21.2	24.8	26.5	28.1	29.2	30.2	30.3	29.8	28.6	26.8	24.5	23.3	22.8	22.3	22.0	21.4	20.7	17.2	23.4	30.3	602	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.2	4.2	4.3	3.8	2.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	602	
temp	Mar.	21.0	20.5	20.1	19	19	19	20.2	23.7	26.1	27.5	29.5	30.5	31.3	31.5	30.8	29.5	27.4	25.5	24.1	23.5	23.2	22.8	22.5	22.0	19.3	24.7	31.5	933	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	3.5	4.5	5.3	5.5	4.8	3.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	933	
temp	Abr.	21.0	21.4	20.7	20.3	19	19	22.4	25.9	28.0	29.7	30.9	32.2	33.0	32.9	32.4	31.1	29.2	27.4	26.1	25.2	24.7	23.9	23.0	22.5	19.9	26.0	33.0	1407	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.7	4.9	6.2	7.0	6.9	6.4	5.1	3.2	1.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1407	
temp	May	23.7	23.2	22.8	22.4	22.3	22.3	24.7	27.5	29.1	31.2	32.4	33.6	33.8	33.6	32.6	31.2	29.2	27.7	26.5	25.9	25.4	25.0	24.6	24.2	22.3	27.3	33.8	1748	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	3.1	5.2	6.4	7.6	7.8	7.6	6.6	5.2	3.2	1.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1748	
temp	Jun.	24.0	23.8	23.7	23.6	23.3	23.6	25.7	28.1	29.5	31.0	31.8	32.6	32.5	31.8	30.8	29.6	29.0	28.1	26.9	26.2	25.5	25.1	24.7	24.4	23.3	27.3	32.6	1494	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.5	5.0	5.8	6.6	6.5	5.8	4.8	3.6	3.0	2.1	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1494	
temp	Jul.	23.7	23.4	22.9	22.5	22.0	21.9	22.0	24.0	27.8	29.6	30.9	32.0	32.9	32.6	32.1	31.3	29.7	28.7	27.3	26.4	25.6	24.9	24.6	24.1	21.9	26.8	32.9	633	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.6	4.9	6.0	6.9	6.6	6.1	5.3	3.7	2.7	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	633	
temp	Ago.	24.3	24.0	23.5	23.2	22.8	22.5	22.5	24.4	27.9	30.1	31.3	32.2	33.6	34.1	33.1	31.5	30.4	29.2	27.6	26.1	25.3	24.8	24.6	24.4	22.5	27.2	34.1	1709	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	4.1	5.3	6.2	7.6	8.1	7.1	5.5	4.4	3.2	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1709	
temp	Sep.	23.9	23.7	23.3	23.0	22.7	22.5	22.2	23.9	27.0	29.2	30.6	31.4	32.4	31.8	30.9	30.7	30.1	28.6	27.3	26.0	25.3	24.9	24.5	24.1	22.2	26.7	32.4	1116	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.2	4.6	5.4	6.4	5.8	4.9	4.7	4.1	2.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1116	
temp	Oct.	23.4	23.1	22.6	22.1	22.0	21.7	21.7	23.3	26.2	28.0	29.2	29.9	30.6	31.0	30.6	29.7	28.8	27.7	26.1	25.2	24.6	24.3	23.9	23.6	21.7	25.8	31.0	989	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	3.2	3.9	4.6	5.0	4.6	3.7	2.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	989	
temp	Nov.	21.0	20.6	20.2	20.0	19.6	19.4	19.6	21.1	24.2	26.9	28.3	29.5	30.3	30.1	29.9	29.1	27.7	25.8	24.4	23.6	23.2	22.6	22.1	21.5	19.4	24.2	30.3	714	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.3	3.5	4.3	4.1	3.9	3.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	714	
temp	Dic.	19.1	18.4	18.1	17.8	17.7	17.5	17.7	20.5	24.1	25.8	27.1	28.0	28.1	28.0	27.1	26.1	24.5	23.0	21.9	21.1	20.9	20.5	20.0	19.3	17.5	22.2	28.1	264	
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.0	2.1	2.0	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	264	
temp	MED.	22.1	21.6	21.2	20.8	20.5	20.3	21.0	23.6	26.5	28.4	29.8	30.7	31.4	31.4	30.7	29.7	28.2	26.6	25.3	24.5	23.9	23.4	22.9	22.5	20.3	25.3	31.6		
TOTAL DE GRADOS DÍA DE ENFRIAMIENTO PARA LA ZONA DE LA ESTACIÓN CEIBA, REPRESENTATIVA DE LAS CONDICIONES NATURALES																											13077			



Tabla 2. Temperaturas y grados día de la **estación representativa de las condiciones promedio** de la temperatura de Mérida. Las columnas corresponden a las horas del día y las filas, alternadamente, a las temperaturas y grados hora. La última columna corresponde a los grados día (GD) por mes.

Var. Temp.	Hora Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Min.	Med.	Max.	Grados
temp	Ene.	20.2	19.8	19.3	18.9	18.6	18.3	18.2	18.8	22.7	25.2	27.0	28.3	29.1	29.5	29.6	28.7	27.3	25.4	24.0	23.0	22.3	21.8	21.2	20.7	18.2	23.3	29.6	542
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.3	3.1	3.5	3.6	2.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	Feb.	21.7	21.1	20.6	20.1	19.7	19.3	19.3	21.3	24.1	26.5	28.3	29.6	30.6	31.2	31.0	29.9	28.3	26.3	24.8	24.0	23.5	23.0	22.5	22.1	19.3	24.5	31.2	773
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.3	3.6	4.6	5.2	5.0	3.9	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	Mar.	22.4	21.9	21.5	21.2	20.9	20.7	21.2	23.2	25.6	27.6	29.5	30.8	31.8	32.4	32.0	30.7	29.0	27.3	25.6	24.8	24.4	24.0	23.6	23.1	20.7	25.6	32.4	1160
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	3.5	4.8	5.8	6.4	6.0	4.7	3.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	Abr.	23.6	23.1	22.6	22.2	21.8	21.7	23.0	25.2	27.4	29.5	31.2	32.5	33.5	33.9	33.6	32.4	30.9	29.2	27.7	26.7	26.0	25.4	24.8	24.3	21.7	27.2	33.9	1695
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	3.5	5.2	6.5	7.5	7.9	7.6	6.4	4.9	3.2	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	May.	25.1	24.7	24.3	24.0	23.7	23.7	25.1	27.1	29.1	31.1	32.9	34.2	35.1	35.0	33.7	31.9	30.2	28.8	27.6	26.9	26.5	26.2	25.8	25.3	23.7	28.2	35.1	2058
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.1	5.1	6.9	8.2	9.1	9.0	7.7	5.9	4.2	2.8	1.6	0.9	0.5	0.2	0.0	0.0				
temp	Jun.	25.0	24.8	24.6	24.5	24.3	24.6	25.8	27.5	29.0	30.5	31.8	32.7	33.1	32.6	31.8	30.5	29.6	28.7	27.9	27.1	26.5	26.1	25.6	25.4	24.3	27.9	33.1	166
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	3.0	4.5	5.8	6.7	7.1	6.6	5.8	4.5	3.6	2.7	1.9	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0				
temp	Jul.	25.0	24.8	24.4	24.1	23.8	23.6	24.0	25.5	27.8	29.8	31.2	32.4	33.4	33.8	33.7	32.4	30.7	29.3	28.2	27.4	26.8	26.3	25.8	25.4	23.6	27.9	33.8	1830
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.8	5.2	6.4	7.4	7.8	7.7	6.4	4.7	3.3	2.2	1.4	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0				
temp	Ago.	25.5	25.2	24.9	24.6	24.3	24.1	24.2	25.6	27.9	30.0	31.5	32.8	33.7	34.3	34.0	33.0	31.7	30.3	28.8	27.5	26.7	26.2	26.0	25.7	24.1	28.3	34.3	1993
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	4.0	5.5	6.8	7.7	8.3	8.0	7.0	5.7	4.3	2.8	1.5	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0				
temp	Sep.	25.2	24.9	24.6	24.3	24.0	23.8	23.8	25.2	27.4	29.4	31.0	32.0	32.8	32.9	32.0	31.1	30.2	29.2	28.3	27.4	26.8	26.4	26.0	25.6	23.8	27.7	32.9	1695
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	3.4	5.0	6.0	6.8	6.9	6.0	5.1	4.2	3.2	2.3	1.4	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0				
temp	Oct.	24.5	24.3	23.9	23.6	23.4	23.1	23.1	24.1	26.1	27.9	29.6	30.6	31.1	31.5	31.5	30.9	30.1	29.0	27.8	26.8	26.1	25.7	25.3	24.9	23.1	26.9	31.5	1265
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.9	3.6	4.6	5.1	5.5	5.5	4.9	4.1	3.0	1.8	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	Nov.	22.6	22.2	21.9	21.6	21.4	21.1	21.0	22.1	24.2	26.5	28.4	29.7	30.4	30.7	30.9	30.5	29.5	27.7	26.2	25.1	24.6	24.1	23.6	23.1	21.0	25.4	30.9	97
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.4	3.7	4.4	4.7	4.9	4.5	3.5	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	Dic.	21.1	20.7	20.3	19.9	19.7	19.4	19.3	20.3	22.4	24.7	26.4	27.5	28.3	28.7	28.5	27.8	26.5	25.1	23.9	23.1	22.5	22.1	21.7	21.3	19.3	23.4	28.7	363
GH		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	2.3	2.7	2.5	1.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				
temp	MED.	23.5	23.1	22.7	22.4	22.1	22.0	22.3	23.9	26.1	28.2	29.9	31.1	31.9	32.2	31.8	30.8	29.5	28.0	26.7	25.8	25.2	24.8	24.3	23.9	21.9	26.4	32.3	
TOTAL DE GRADOS DÍA PARA ENFRIAMIENTO PROMEDIO DE LA CIUDAD																												584	

La cantidad de CO₂ debido al calentamiento urbano es igual, haciendo las conversiones necesarias para la utilización de parámetros, de 37142000KWh al año *.0005487ton de CO₂/KWh = 20322 Ton CO₂.

La misma Calculadora Mexicana de CO₂ propone para esa cantidad de GEI la siembra de 60964 árboles.

Conclusiones. Diferencias urbanas, transporte y desarborización

En la actualidad en la ciudad de Mérida, Yucatán el crecimiento urbano y la producción masiva de vivienda responden mucho más por una parte a intereses políticos y negociaciones con los desarrolladores y sus deseos de producción y ganancia ilimitada y por otra a la dotación de un bien inmobiliario, la vivienda, que permite atender una necesidad patrimonial y de protección física elemental que conlleva paz social, atendiendo en muy poca medida las condiciones ambientales.

Como resultado de estas circunstancias, se pueden observar sintéticamente los siguientes-aspectos que de una u otra forma impactan en la calidad de vida, en la percepción del medio ambiente vivido y en la emisión de gases de tipo invernadero:

- a) diferencias medio ambientales y de calidad de vida, entre la parte centro de la ciudad, los fraccionamientos desarrollados hasta los años 1970 y aquellos construidos de esa década hasta la actualidad;
- b) los fraccionamientos residenciales de niveles medio y alto, diseñados integralmente, con buena calidad ambiental, baja densidad constructiva, diseño de accesos, áreas comunes arboladas, servicios urbanos y equipamiento, servicios tecnológicos y de comunicación y localizados en la periferia de la ciudad. Estos están localizados al norte de la ciudad;
- c) los fraccionamientos masivos, conformados con vivienda media, media baja. Con proyectos de provisión de vialidades



adecuadas, así como de equipamiento e infraestructura en general;

- d) los asentamientos irregulares o marginados con viviendas construidas con materiales de desecho y procesos de urbanización popular, con infraestructura incipiente y equipamiento escaso en los mejores casos. Estos están localizados al sur de la ciudad. (García: 2003).

Dos son los problemas observados al respecto: saturación del transporte y la desarborización urbana.

El transporte interurbano de personas se ha intensificado notablemente como efecto de este crecimiento de la ciudad. La creciente mancha urbana, ha propiciado graves problemas de la vialidad mismos que están íntimamente ligados con la aportación de emisiones contaminantes del medio ambiente urbano. La expansión de la ciudad y la localización de las grandes fraccionamientos de vivienda popular en la periferia de la ciudad, su organización radiocéntrica de las vialidades primarias y la concentración de comercio y servicios en el centro de la ciudad, cuyos usuarios son predominantemente de las zonas medias y populares de esta, obliga a realizar mayores recorridos en el transporte público con el consecuente impacto en el consumo de combustibles, tiempo y emanación de contaminantes.

Pero el problema no termina ahí, gran parte de esta población, llega al centro de la ciudad, realiza un transbordo y se traslada hacia el norte, sitio en donde se encuentra su punto de trabajo y consecuentemente el punto final de su trayecto. Sin embargo, el uso del automóvil particular también representa una importante saturación vial y una consecuente contribución a la emisión de gases contaminantes. Entre estos se encuentran los traslados, realizados de manera independiente y de zonas alejadas de la ciudad, predominantemente las del norte. (Figuras 8 y 9)

Por otra parte, se observa una carencia casi total de árboles en distintas zonas de la ciudad. Ante la densificación del denominado centro histórico y de las colonias desarrolladas hasta aproximadamente los años 1970, se han perdido espacios que otrora eran arbolados. Tales son los casos de los centros o corazones de manzana que se han convertido en estacionamientos o bien debido a la fragmentación o

subdivisión de los lotes para construcción de otras viviendas.

Igual de grave es el hecho de que en los nuevos desarrollos inmobiliarios, las áreas abiertas comunes, mismas que deben de guardar una relación con la vivienda propuesta, se pierden en múltiples lagunas normativas. Muchos espacios que se dejan como donación para áreas verdes, son al poco tiempo vendidas, ocupadas ilegalmente y finalmente transformadas en espacios rentables. En general no hay árboles en los fraccionamientos nuevos y sus áreas consideradas como donación se encuentran por debajo de lo recomendado por la ONU.⁶

Figura 8. Parque de la colonia Alemán.



Figura 9. Problema de transporte en Mérida.



⁶ La ONU considera que el área verde mínima por habitante debe de ser de 12 mt². N. del A.



Los fraccionamientos enfocados a la población con más poder adquisitivo, cuentan con espacios diseñados para el disfrute y consecuente contribución a la calidad ambiental, que no necesariamente es compartida con la ciudad, pero irónicamente, muchas de las personas que habitan estos desarrollos prefieren la permanencia en ambientes con climas controlados.

En pocas palabras, se protege al mercado a costa del incumplimiento de compromisos manifiestos con la solución de las problemáticas más alarmantes, como es el calentamiento global y si bien mucho se ha avanzado en el estudio de cada uno de los aspectos propuestos en este documento, el trabajo requiere apoyarse en datos menos genéricos, muchos de los cuales falta aún construirlos de forma particular.

Bibliografía

1. Ayuntamiento de Mérida, *Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Mérida (2012)*. Carta Síntesis. Consulta: 24 septiembre 2012, <http://isla.merida.gob.mx/serviciosInternet/wssIDU/html>
2. Bolio, J. (1992), Mérida: una década de políticas urbanas en *Cuadernos Arquitectura de Yucatán*, No. 5, FAUADY, Mérida
3. Bolio, J. (1996), Mérida y su región en *Revista ciudades*, No. 31, RNIU, México
4. Bolio, J. (2004), Globalización y transformaciones urbanas en Mérida, 1990-2004, tesis de maestría, UPI-FAUADY, Mérida
5. Canto, R. (2008), Evaluación de las Diferencias, Características y Alteraciones por Factores Urbanos de las Condiciones Térmicas de una Ciudad de Clima Cálido y Húmedo. La Ciudad de Mérida como Caso de Estudio, tesis doctoral, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.
6. Canto, R. (2010), Características Arquitectónicas de las Viviendas Yucatecas, necesarias para lograr ambientes confortables, en Lucía Tello, *Definiendo la Vivienda Sustentable*, Universidad Autónoma de Yucatán y Consejo de Ciencia y Tecnología, Mérida, Yucatán
7. Fanger, P. (1973), *Thermal Comfort*, McGraw-Hill. New York
8. Fuentes Freixanet, V. (2008), *Grados-día en arquitectura*, material presentado por el autor en la 32 Semana Nacional de Arquitectura Solar. Sin más datos.
9. García, C., A. Álvarez (2003), ...y sin embargo se vive. De la infravivienda a la vivienda urbana en Mérida Yucatán México en *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, Universidad de Barcelona, Barcelona
10. INEGI (2012), página electrónica consultada en octubre de 2012 <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=31>
11. Instituto de Geografía. DGIA, UAM, (1986), *Ciudades Alternativas para la Descentralización*. UNAM, México
12. Ramos, G. (2009), ponencia en el seminario sobre la situación actual y prospectiva energética en México y el Mundo. Potenciales y principales medidas de ahorro en el sector doméstico, ai academia de ingeniería, consultada en: <http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/seminarios/situacion-actual-prospectiva-energetica/Mesa-4/Potenciales%20y%20principales%20medidas%20de%20ahorro%20en%20el%20sector%20domestico.pdf>
13. Reforestemos México, A.C., Instituto Nacional de Ecología y Pronatura A.C., patrocinadores (2007), *Calculadora Mexicana de CO₂*, consultada en <http://www.calculatusemisiones.com/main.html> en octubre de 2012
14. Reyes, J., L. Tello, (1994), La ciudad actual en *Cuadernos Arquitectura de Yucatán* No. 7, FAUADY, Mérida
15. SEDUMA (2010), Observatorio de Cambio Climático de Yucatán, Cambio Climático en la Península de Yucatán, SEDUMA, Mérida, México.
16. SENER, CONUEE (2009), Metodologías para la Cuantificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de Consumos Energéticos Evitados por el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
17. Tello, L. (2005), La colonia miguel alemán, un entorno de calidad, transformación con identidad regional en *Cuadernos Arquitectura de Yucatán*, No. 18, FAUADY, Mérida
18. Tello, L. (1988), *Producción y consumo de vivienda en Yucatán, con énfasis en diagnóstico y perspectivas del desarrollo*



tecnológico de la misma. ITM-FAUADY,
Mérida

Temas sugeridos de investigación:

1. Previo acuerdo de una metodología común, que investigadores de cada estado determinen las características adecuadas de los edificios de cada una de sus condiciones bioclimáticas, para lograr las mejores condiciones térmicas por medios naturales; que se establezcan como criterios oficiales de proyectación; que se promueva su difusión en los programas educativos y en actualización de profesionistas.
2. Previo acuerdo de una metodología común, que investigadores de cada estado determinen, para cada condición bioclimática, los períodos en que las condiciones naturales no son confortables. Tiene el propósito de tener un parámetro para normar el consumo eléctrico.



Análisis de los impactos ambientales ante escenarios de cambio climático y oportunidades sitio-específicas de adaptación: estudio de caso en un ejido agrícola de la costa de Michoacán

Minerva Campos¹, Michael K. McCall² y Alejandro Velázquez³

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

Emails: ¹mcampos@ciga.unam.mx

²mccall@ciga.unam.mx

³alex@ciga.unam.mx

Resumen

Se prevé que a nivel local el cambio climático se manifieste en torno a un mayor riesgo sobre los medios de vida rurales. Esto se debe, entre otras cosas, a que estos grupos, y sus medios de subsistencia, están expuestos a una serie de condiciones y estímulos exógenos que incluyen variables condiciones espaciales y climáticas. Los enfoques explícitamente espaciales son cruciales para mejorar el conocimiento sobre los impactos del cambio climático. A través de este trabajo realizado en un ejido agrario de la costa de Michoacán, exploramos las diferencias que surgen entre grupos sociales con diferentes estrategias de subsistencia y su relación espacial con diferentes unidades de paisajes y los servicios ambientales que estas generan. Además, exploramos los posibles impactos y consecuencias sobre cada unidad de paisaje.

Para la caracterización del perfil socio-cultural y de las unidades de paisaje, se aplicaron diferentes técnicas de investigación geográfica. Debido a que el ejido depende directamente de la agricultura, al igual que más de un tercio de la población de México, su verdadera vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático es obvia e inmediata, y la necesidad de planificar la adaptación resulta urgente. Los resultados muestran que los ejidatarios están desarrollando estrategias de adaptación, espacialmente localizadas, para contrarrestar los impactos del cambio climático. Por ello sugerimos que la planificación debe tener en cuenta la eficacia de estas estrategias, así como las específicas oportunidades de adaptación que ofrece el medio biofísico de cada localidad.

Introducción

México es un territorio vulnerable al cambio climático (IPCC 2007; Samaniego 2009) porque una proporción significativa de su territorio es considerado semi-árido, con climas caracterizados por precipitaciones estacionales y muy variables

(Appendini y Liverman 1994; Liverman 1999; Magaña et al. 2004). Además, México ha experimentado recientemente un rápido ritmo de cambio en el sector agrícola, con profundas transformaciones en la mayoría de los sistemas tradicionales de producción campesina (Eakin 2005). En las regiones que enfrentan los peligros climáticos, como las comunidades agrícolas, la sensibilidad del sistema natural a los impactos ambientales varía considerablemente. Esto también afecta la capacidad de los grupos sociales para responder y adaptarse, porque los sistemas naturales y sociales están influenciada por una gama de variables ambientales, socio-económicas e institucionales (Eakin et al. 2006; Patiño y Gauthier 2009) las cuales son específicas a cada sitio (Cutter et al. 2008).

El marco conceptual utilizado en este estudio parte de la hipótesis de que la capacidad de adaptación de los diferentes grupos de personas está influida por variables ambientales, socio-económicas e institucionales que actúan conjuntamente. Por lo tanto los grupos sociales, así como sus medios de subsistencia se encuentran expuestos a la vez, ante una serie de condiciones y estímulos externos. El concepto de adaptación se utiliza para denotar cambios en el comportamiento y las características de un grupo social que mejora su capacidad para hacer frente a los impactos y presiones externos, en consecuencia el efecto directo de la adaptación es reducir la vulnerabilidad social (Brooks 2003).

La oferta de servicios ambientales en los paisajes depende del estado del sistema ambiental (Holling y Gunderson 2002), que a su vez se ve afectada por la distribución y gestión de los servicios. El funcionamiento de los paisajes a largo plazo y de los servicios que estos generan, y por lo tanto las oportunidades de adaptación para la gente dependerán de que no se excedan los límites



ambientales dentro del contexto del cambio climático. Levin (1992) señaló que las descripciones de la previsibilidad del entorno no tienen sentido sin referencia espacial, muchos han argumentado que se trata de un atributo necesario para el análisis y la comprensión de los fenómenos ambientales (ver, entre muchos otros, Pickett y Cadenasso 1995; Wilbanks y Kates, 1999; Fortin y Dale 2005), incluido el cambio climático.

En consecuencia, el paisaje debe ser considerado como una entidad cognitiva y holística que incluye todos los factores locales, y que permite la perspectiva espacial, la inmediatez y la especificidad de la información espacial objetiva. Al mismo tiempo, se reconoce que las poblaciones locales poseen una riqueza de conocimiento sobre el medio ambiente natural y los procesos ecológicos, con un contexto integrado geográficamente así como asociaciones espaciales específicas (McCall y Dunn 2012). En este trabajo, se exploran de forma explícita las relaciones espaciales de diferentes grupos sociales con los diferentes paisajes que ofrecen un conjunto de servicios ambientales, y por lo tanto oportunidades diferentes para la adaptación en un contexto local.

Las localidades

El estudio se realizó en el ejido de Ticuiz situado en el suroeste del municipio de Coahuayana en el estado de Michoacán, entre los 18° 38' y 18° 43' de latitud norte y 103° 44' y 103° 40' oeste. El ejido Ticuiz cubre 3,123 hectáreas, aproximadamente el 10% del área municipal. El área de estudio se seleccionó debido a sus características socioeconómicas (proximidad a importantes zonas urbanas, y un sistema comunitario de organización), la diversidad de los ecosistemas, su riesgo ambiental (vulnerabilidad de la zona costera), y su importancia para la conservación - en concreto por su zona de manglares. La población del ejido Ticuiz se distribuye en 3 pequeñas localidades donde habitan aproximadamente 1000 personas, de los cuales en la actualidad 294 son ejidatarios (aquellos que poseen derechos para administrar las tierras ejidales).

La estación seca se extiende de noviembre a mayo, y la temporada de lluvias de junio a octubre. La temperatura media anual es de 26 ° C, con una precipitación media anual de 700-900 mm (GEM 2003; Sáenz-Romero et al. 2010). Irregularidades climáticas reportadas entre 1997 y 2007 causaron meses de extremas sequías, seguidos de fuertes lluvias. En consecuencia, se

experimentaron importantes pérdidas económicas en la región (Granados-Ramírez y Longar 2008).

Métodos

Para llevar a cabo este estudio, en primer lugar, identificamos y caracterizamos las estrategias de sustento clave de los diferentes grupos sociales, con énfasis en aquellos que dependen directamente de los servicios ambientales. Esta información se obtuvo a partir de un conjunto de entrevistas semi-estructuradas. La muestra estuvo conformada por 47 ejidatarios (13 mujeres y 34 hombres). Para identificar la vulnerabilidad de los hogares a los impactos del cambio climático, la encuesta recogió datos sobre las características de las parcelas (por ejemplo, el tipo de sistema de producción, tamaño de la propiedad, las prácticas agrícolas, fuentes de ingresos), sobre los factores asociados con la capacidad de adaptación de los ejidatarios (por ejemplo, la educación formal, la edad, el uso de la tecnología, la migración, la percepción del riesgo, la diversificación económica). A partir de esto fue posible diferenciar entre cuatro grupos sociales en función de la similitud de sus características relacionadas con las estrategias de medios de vida.

En segundo lugar, se utilizaron unidades de paisaje diferenciadas dentro del área de estudio. A los efectos de este trabajo las unidades de paisaje se consideraron como las extensiones de tierra que los ejidatarios reconocen, describen y gestionan en base a tres criterios: forma del terreno (grado de pendiente y aspecto), el tipo y características del suelo y de acuerdo al uso/cubierta del suelo. Se ha demostrado que estas unidades de paisaje definidas por los ejidatarios en base a las tipologías locales anteriormente descritas, corresponden con la clasificación en base a principios científicos biofísicos (Campos y Priego-Santander 2011; Campos et al. 2012a). Por lo tanto estas unidades representan la estructura básica del paisaje local. Las unidades de paisaje funcionan como un ajuste básico espacial y territorial para las actividades de la población local y las decisiones, por lo que consideramos que estas unidades como fundamentales para el análisis y discusión de los problemas del cambio climático.

En tercer lugar, a partir de las mismas entrevistas se identificaron las estrategias y respuestas de adaptación de los ejidatarios ante el estrés ambiental (*sensu* Nicholas y Durham 2012). A partir de estas entrevistas se desprende que los ejidatarios consideran factores en sus decisiones de producción, así como las funciones específicas del



clima. Los ejidatarios proporcionaron información acerca de sus estrategias de gestión de los riesgos climáticos locales actuales. En este sentido las diferentes estrategias de adaptación están vinculadas a grupos sociales específicos, así como también están vinculadas a unidades de paisaje específicas.

En cuarto lugar, por medio de entrevistas y la técnica del free-listing, se obtuvo el valor de importancia/relevancia de las diferentes unidades de paisaje para cada grupo social (GS). Free-listing es una técnica de obtención de exploración que permite la obtención de elementos de la lista en un dominio cultural y determinar su significancia o importancia relativa (Weller 1998).

A partir de los listados se obtuvo el valor del índice de significancia (Smith 1993) calculado en el software ANTHROPAC 4 (Borgatti 1996).

Posteriormente, utilizando los valores de significancia de las unidades de paisaje y suponiendo que la adaptación de los ejidatarios a los cambios climáticos depende directamente de la capacidad de paisajes para ofrecer un conjunto de bienes y servicios ambientales, así como la superficie de la unidad de paisaje, fue posible crear un Índice de Potencial de Adaptación del Paisaje (IPAP). Para ello, el valor de significancia de todos los paisajes para cada GS fue sumado y expresado en porcentaje. Luego, la superficie total de cada unidad de paisaje también fue sumado y expresado en porcentaje. A su vez, se calculó la diferencia entre el valor de significancia y el área, ambos en porcentaje. Los valores de IPAP de los paisajes fueron ponderados y graficados para distinguir entre los que proporcionan más oportunidades de adaptación al cambio climático y aquellos más vulnerables al cambio climático.

Resultados

Grupos sociales, medios de subsistencia y vulnerabilidad

Las diferencias socioeconómicas presentes dentro de una comunidad desempeñan un papel clave en la composición de las estrategias de subsistencia (Scoones 1998). Después de agrupar la población entrevistada por edad, nivel de educación, las actividades agrícolas y actividades económicas secundarias, se identificaron cuatro GS que siguen estrategias similares de subsistencia. Aunque hemos identificado únicamente cuatro grupos por sus características similares y estrategias de supervivencia particulares, las estrategias descritas

representan sólo algunas de las muchas posibles combinaciones de recursos y oportunidades en el ejido.

Dentro de estos cuatro grupos, el GS1 es el grupo mayormente responsable del sistema de milpa. En contraste, los GS2 y GS3 dependen principalmente de la producción de ganado (75% de cada grupo). Mientras que el GS2 está compuesto por hombres mayores que complementan sus ingresos con la pesca en el estuario y el mar, el GS3 está compuesto por hombres jóvenes que están involucrados en la actividad turística como fuente de ingresos secundaria. El GS4 es el único grupo compuesto exclusivamente por mujeres (todas casadas) que se dedican principalmente a actividades agrícolas. El GS1 se compone de pequeños campesinos sin educación formal, los cuales son altamente dependientes de la agricultura de temporal, por lo que tienen estrategias limitadas de adaptación ante el cambio climático.

En contraste, los ejidatarios dentro del GS2 y el GS3, están innovando e invirtiendo para mejorar sus actividades agrícolas. Por ejemplo, se han conectado a los sistemas de riego, ya que están preocupados por la disponibilidad de agua, además en los últimos años han evolucionado desde únicamente productores a ser los productores y comerciantes. Debido a esto, tienen más recursos financieros disponibles que los otros grupos, y por lo tanto pueden enfrentar mejor las incertidumbres y situaciones inesperadas. Además el GS3 está formado por el grupo de jóvenes ejidatarios, con mayor nivel de educación formal, incluida la formación universitaria a la universidad, por lo que, hipotéticamente, son más propensos a ser receptivos a las nuevas tecnologías e ideas, así como para apoyar las iniciativas locales de conservación.

El GS4 comprende el sector social de menores ingresos, lo que los convierte en el grupo más vulnerable a los efectos nocivos del cambio climático, el cual es el patrón en las mujeres campesinas en todo el mundo (Buechler 2009; Denton 2002; Lambrou y Piana 2006; Pincha 2008). En general, las mujeres del ejido tienen bajos niveles de educación, por lo que será difícil para ellas tener acceso a otros empleos fuera de la agricultura, limitándose por ejemplo, a prestar servicios en el sector turístico como cocineras o meseras.



Impactos del cambio climático en las diferentes unidades de paisaje

En la región, los terrenos ejidales se transformaron con fines productivos agrícolas en los primeros años de la creación de los ejidos (entre 1920 y 1960), sin embargo, en los últimos 30 años ha mostrado pocos cambios. Por lo tanto, debido a la falta de más tierra disponible en el ejido, las unidades de paisajes agrícolas tradicionales pueden dirigirse hacia dos direcciones: en algunas parcelas, la agricultura intensiva sustituirá los sistemas tradicionales (milpa), o bien, la tendencia será hacia un aumento significativo en la producción ganadera, en gran parte debido a los subsidios nacionales, ambas tendencias ya son evidentes en el territorio (Campos et al. 2012b).

Se prevé que la producción agrícola y los rendimientos se reducirán, al menos en el corto plazo, con la necesidad de cambiar los cultivos o a las variedades que son más resistentes a las temperaturas más altas y menores precipitaciones. En estas unidades de paisaje, dichos cambios, aunados a la degradación del suelo y el agotamiento de los nutrientes afectarán de manera importante la capacidad productiva.

Paisajes costeros: manglares y dunas costeras

Esta unidad protege los asentamientos humanos de las inundaciones y las tormentas tropicales. Sin embargo, el aumento de la frecuencia de huracanes no sólo puede afectar a la estructura de los manglares, y reducir la producción primaria neta de este ecosistema y su capacidad de secuestro de carbono en el suelo, sino también su capacidad para ofrecer protección costera. Sin embargo, a pesar de las condiciones extremas del clima son más frecuentes y las personas más vulnerables (Martínez y Patiño 2010), otro riesgo evidente para estas unidades es el aumento del nivel del mar proyectado para los próximos años (IPCC 2007).

En México del nivel del mar se espera que sea de aproximadamente 1 m, sin embargo, la velocidad a la que esto puede ocurrir es incierto (Dasgupta et al. 2009). Para los manglares, aumento del nivel del mar afectará sus posibilidades de conservar su sustrato (Ellison 2000). Además, la disminución de las precipitaciones y la escorrentía en las zonas de manglares se puede traducir en una mayor salinidad, y por lo tanto en la consecuente disminución de la producción debido a los cambios en las condiciones físico-químicas del agua.

El paisaje forestal

La evidencia científica sugiere que los bosques tropicales no pueden ser resistentes al cambio climático en el largo plazo, debido principalmente a una reducción prevista de las precipitaciones y la sequía creciente (IPCC 2007; Malhi et al. 2009), para lo cual la capacidad del bosque para mantener el medio ambiente servicio es altamente incierto (Cramer et al. 2004).

Los efectos de los cambios climáticos en las diferentes unidades de paisaje y los servicios ambientales que proveen, en el área de estudio, incluirá modificados los ciclos biogeoquímicos, la modificación de la escorrentía, la pérdida de fertilidad del suelo y los cambios en la estructura de la comunidad de plantas a través de cambios en la composición y abundancia de especies. Estos cambios pueden disminuir el acceso local de los recursos naturales y el consiguiente aumento de la dependencia de insumos externos. Según los ejidatarios, la modificación en la escorrentía debido a la disminución de la disponibilidad de agua y la pérdida de fertilidad del suelo, ya son evidentes en esta unidad de paisaje.

Unidades de Paisaje y oportunidades de adaptación para los diferentes grupos sociales

Cada uno de los diferentes paisajes juega un papel clave en los medios de vida de las personas del ejido, pero existen varios impactos locales, algunos de ellos relacionados con los cambios climáticos, lo que puede disminuir el acceso local de los recursos naturales y el consiguiente aumento de la dependencia de las personas en exterior los insumos. A la vista de tales impactos climáticos, las oportunidades de las personas para adaptarse al cambio climático dependen directamente de la capacidad de los paisajes para ofrecer un conjunto de bienes y servicios ambientales, así como la superficie de este paisaje.

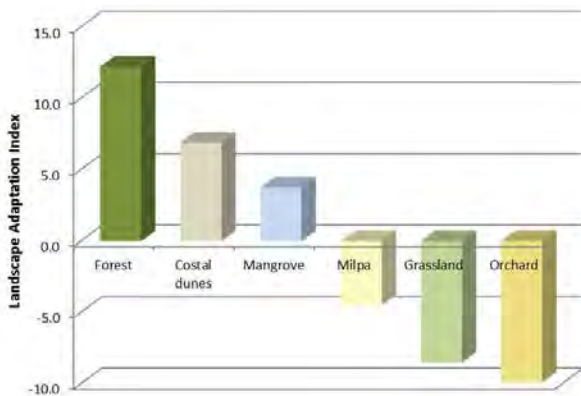
En la Figura 1 se muestran los valores obtenidos de la IPAP para cada unidad de paisaje, en este sentido los valores por encima de cero expresan las unidades de paisaje con más oportunidades de ofrecer alternativas de adaptación ante el cambio climático, y los valores por debajo de cero expresan los paisajes más vulnerables a los impactos del cambio climático, y por lo tanto representan las unidades con menor potencial para la adaptación.

Lo que muestran los resultados es que aunque el bosque en sí no es importante como una fuente inmediata de alimentos, y que cubre sólo el 19% de



la superficie total, es una unidad esencial en la prestación de los bienes y servicios ambientales más sobresalientes, tales como el suministro de agua y el mantenimiento de la calidad del aire, que muchos habitantes argumentan son elementos fundamentales de su bienestar. Este mantenimiento de la calidad de las unidades de paisaje forestal facilita la adaptación de los pueblos mediante la reducción de su vulnerabilidad al cambio climático, debido a que proporcionan redes de seguridad para las comunidades locales cuando los cultivos agrícolas fallan debido a eventos climáticos. Por el contrario, la gente sigue favoreciendo el establecimiento de campos de pastoreo y huertas lo cual puede conducir a la homogeneización del paisaje y por lo tanto a la mayor vulnerabilidad de los paisajes monotípicos.

Figura 1. Índice de Potencial de Adaptación del Paisaje (IPAP)



Conclusiones

En este estudio de caso, como en otros lugares (Bryan et al. 2009; Mertz et al. 2009; Feng et al. 2010), el clima no es el único conductor directo del cambio en los paisajes rurales. Hay otros grandes factores socioeconómicos y biofísicos que determinan los cambios, tales como la presión demográfica sobre el suelo y los recursos, las externalidades económicas, y la emigración debido a las limitaciones de la economía local y el mercado de trabajo.

La inferencia es que los factores climáticos no son las causas primarias de cambio, pero que las cuestiones políticas, culturales, socio-económicos y ambientales propias de cada sitio, son las que determinan las distintas opciones de adaptación de las personas. En el área de estudio, durante los últimos quince años, los ejidatarios han cambiado

algunas prácticas agrícolas tradicionales y han introducido actividades más diversificadas, todo ello fuertemente influenciado por las reformas agrarias y políticas.

Así, mientras que la adaptación local está ocurriendo y es probable que continúe ocurriendo, la eficacia de estas adaptaciones al riesgo climático se verá fuertemente influenciada por las formas en que la política permite o inhibe la capacidad de las comunidades para hacer frente a los desafíos climáticos (Moser 2010; Pelling 2011).

El cambio climático afecta a los grupos sociales de manera diferente porque algunas son más vulnerables que otros. En las zonas rurales, como Ticuiz, las personas dependen directamente de los servicios ambientales proporcionados por los paisajes de los alrededores. No podemos estar seguros en detalle cómo la gente va a reaccionar o responder al cambio climático en el futuro, pero a partir del conocimiento de las estrategias de supervivencia, las características demográficas y el contexto socio-ambiental, se hace factible planificar y disminuir las vulnerabilidades de los diferentes grupos sociales.

Dentro del área de estudio, es evidente que la gente del ejido Ticuiz está experimentando cambios graduales en el clima, y que la gente siente y entiende estos cambios como amenazas reales que requieren acciones locales. Los datos climáticos disponibles confirman lo que los campesinos ya han percibido sobre el patrón de cambio de temperatura local en los últimos años. Su preocupación y percepción de los riesgos asociados con los efectos locales negativos del cambio climático puede ser identificado como una dimensión de la resiliencia (Gramling y Freudenberg 1992, Marshall y Marshall 2007).

La habilidad para hacer frente a los retos ambientales emerge de la capacidad de las personas de comprender los riesgos climáticos, y de su profundo conocimiento y comprensión de su entorno biofísico y del capital social de su comunidad. El capital natural de las diferentes unidades de paisaje con su “stock” de servicios ambientales es el recurso que la gente utiliza para adaptación al cambio climático en el corto y mediano plazo. Hay un gran potencial para que dicho “stock” continúe en el largo plazo, pero aún quedan desafíos como mejorar las acciones básicas de gestión, lo cual es crucial para la adaptación a



los cambios climáticos irreversibles (Folke et al. 2002; Scheffer et al. 2001).

Al ubicar espacialmente las estrategias de subsistencia en las unidades de paisaje del territorio y relacionarlas directamente con los servicios ambientales, fue posible entender los límites ambientales. Es decir, en lugar de considerar el territorio como un todo homogéneo, es posible representar una compleja matriz de escala transversal relaciones humano-ambientales. El presente enfoque demuestra el potencial para apoyar la adaptación de los medios de subsistencia y mejorar oportunidades para fortalecer la resiliencia de las personas de la localidad ante los efectos del cambio climático.

Fuentes de Consulta

1. Adger, W. N., Brown, K., Fairbrass, J., Jordan, A., Paavola, J., Rosendo, S. and Seyfang, G. (2003) Governance for sustainability: towards a 'thick' analysis of environmental decision-making. *Environment and Planning A* 35,1095-1110.
2. Appendini, K. and Liverman, D. (1994) Agricultural policy, climate change and food security in Mexico. *Food Policy* 19, 149-164.
3. Brooks, N. (2003) Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Working Paper 38, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich.
4. Bryan, E., Deressa, T. T., Gbetibouo, G. A. and Ringler, C. (2009) Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: options and constraints. *Environmental Science and Policy* 12, 413-426.
5. Buechler, S. (2009) Gender, water, and climate change in Sonora, Mexico: implications for policies and programmes on agricultural income-generation. *Gender and Development* 17, 51-66.
6. Campos, M. and Priego-Santander A. G. (2011) Biophysical landscapes of a coastal area of Michoacán state in Mexico. *Journal of Maps*, 42-50
7. Campos, M., Velázquez, A., Bocco, G., Priego-Santander, A. G., Boada, M. and McCall, M. K. (2012a) Rural peoples' knowledge and perception of landscape: a case study from the Mexican Pacific coast. *Society & Natural Resources* 25, 759-774.
8. Campos M., Velázquez, A., Bocco, G., Skutsch, M., Boada, M. and Priego-Santander, A.G. (2012b) An interdisciplinary approach to depict landscape change drivers: A case study of the Ticuiz agrarian community in Michoacan, Mexico. *Applied Geography* 32, 409-419.
9. Cramer, W., Bondeau, A. Schaphoff, S., Lucht, W., Smith, B. and Sitch, S. (2004) Tropical forests and the global carbon cycle: impacts of atmospheric carbon dioxide, climate change and rate of deforestation. *Philosophical Transactions Of the Royal Society London, Ser. B*, 359, 331-343.
10. Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. and Webb, J. (2008) A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change* 18, 598-606.
11. Denton, F. (2002) Climate change, vulnerability, impacts, and adaptation: why does gender matter? *Gender and Development* 10, 10-20.
12. Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D. and Yan, J. (2009) The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. *Climatic Change* 93, 379-388.
13. Eakin, H. 2005. Institutional Change, Climate Risk, and Rural Vulnerability: Cases from Central Mexico. *World Development* 33, 1923-1938.
14. Eakin H., Webhe, M., Ávila, C., Sánchez-Torres, G., Bojórquez-Tapia, L. A. (2006) A comparison of the social vulnerability of grain peasants in Mexico and Argentina. *AIACC Working Paper No. 29*. Washington, D. C.
15. Ellison, A. M., and Farnsworth, E. J. (2000) Mangrove communities. In: Bertness, M.D., Gaines, S.D., Hay, M.E. (Eds.), *Marine Community Ecology*. Sinauer Associates, New York, pp. 423-442.
16. Feng, S., Krueger, A. B. and Oppenheimer, O. (2010) Linkages among climate change, crop yields and Mexico-US cross-border migration. *PNAS* 107, 14257-14262.
17. Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L. H., Holling, C. S. and Walker, B. (2002) Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio* 31, 437-440.
18. Fortin, M. J. and Dale, M. (2005) *Spatial analysis, a guide for ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
19. GEM. 2003. *Atlas Geográfico del Estado de Michoacán*. 2ª ed. Gobierno del Estado de Michoacán- Secretaría de Educación



- Michoacán- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo- El Colegio de Michoacán. EDDISA, Mexico. 308 pp.
20. Gramling, R., and Freudenberg, W. R. 1992. Opportunity-threat, development, and adaptation: toward a comprehensive framework for social impact assessment. *Rural Sociology* 57, 216-234.
 21. Granados-Ramírez, R., y Longar, M. P. (2008) Variabilidad pluvial, agricultura y marginación en el estado de Michoacán. *Análisis Económico* 54, 283-303.
 22. Holling, C. S. and Gunderson, L. H. 2002. Resilience and adaptive cycles. In *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*, ed. L. H. Gunderson and C. S. Holling, 25-62. Washington, DC: Island Press.
 23. IPCC. 2007. Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat. Geneva, Switzerland.
 24. Lambrou, Y., and Piana, G. (2005) Gender: the missing component in the response to climate change, FAO, 2005. [online] URL: http://www.fao.org/sd/dim_pe1/docs/pe1_05_1001d1b.pdf Consulted on July 5th, 2012
 25. Levin, S. A. (1992) The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture. *Ecology* 73, 1943-1967.
 26. Liverman, D. (1999) Vulnerability and adaptation to drought in Mexico. *Natural Resources Journal* 39, 99-115.
 27. Magaña, V., Méndez, J. M., Morales, R. y Millán, C. (2004) Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad del cambio climático en México. En Martínez, J. y A. Fernández (Compiladores), *Cambio Climático: una visión desde México*. SEMARNAT-INE, México.
 28. Malhi, Y., Aragão, L. E. O. C., Galbraith, D., Huntingford, C., Fisher, R., Zelazowski, P., Sitch, S., McSweeney, C. and Meir, P. (2009) Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *PNAS* 106, 20610-20615.
 29. Marshall, N. A. and Marshall, P. A. (2007) Conceptualizing and operationalizing social resilience within commercial fisheries in northern Australia. *Ecology and Society* 12(1): 1. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art1/> Consulted on July 5th, 2012
 30. Martínez, P. F. y Patiño, C. (2010) Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. [online] URL: <http://www.atl.org.mx/atlas-vulnerabilidad-hidrica-cc/ConsultedonJuly5th,2012>
 31. McCall, M. K. and Dunn, C. E. (2012) Geo-information tools for participatory spatial planning: Fulfilling the criteria for 'good' governance? *Geoforum* 43, 81-94.
 32. Mertz, O., Mbow, C., Reenberg, A. and Diouf, A. (2009) Peasants' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environmental Management* 43, 804-816.
 33. Moser, S. (2010) Now more than ever: The need for more societally relevant research on vulnerability and adaptation to climate change. *Applied Geography* 30, 464-474.
 34. Nicholas, K. A. and Durhamb W. H. (2012) Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change* 22, 483-494.
 35. Patiño, L. and Gauthier, D. (2009) A participatory mapping approach to climate change in the South Saskatchewan River Basin. *Prairie Forum (Special issue)* 34 (1).
 36. Pelling, M. (2011) *Adaptation to climate change: from resilience to transformation*. Routledge, New York.
 37. Pickett, S. T. A. and Cadenasso, M. L. (1995) Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. *Science* 269, 331-34.
 38. Pincha, C. (2008) *Gender Sensitive Disaster Management: a Toolkit for Practitioners*. EarthwormBooks.
 39. Samaniego, J. (2009) *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*. Documento de proyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas. Santiago de Chile.
 40. Scheffer, M., Carpenter, S. R., Foley, J., Folke, C. and Walker, B. (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413, 591-696.
 41. Scoones, I. 1998. *Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis*, Institute of Development Studies, Brighton.
 42. Wilbanks, T. J. and Kates, R. W. (1999) *Global Change in Local Places: How Scale Matters*. *Climatic Change* 43, 601-628.



Consideraciones de las de islas de calor dentro del espacio urbano

Mérida Martínez Yliana¹

¹Universidad Autónoma de Chiapas.
Email: ylianamm2010@hotmail.com

Resumen

El crecimiento acelerado de la población ha traído como consecuencia la redensificación de las zonas urbanas. Es importante mencionar que aproximadamente más de la mitad de la población mundial actualmente se ha situado en las ciudades, por lo que la tasa de urbanización cada vez es mayor, implicando una serie de problemas ambientales producidos por la misma aglomeración, mala planeación y organización de los espacios. Por lo anterior un gran número de personas cada vez mayor se verá expuesto a los impactos que resultan de la isla de calor.

Los centros urbanos han sido utilizados para la medición de niveles de temperatura a nivel superficial, para explicar el comportamiento de las sociedades y hasta cierto punto establecer algunas estrategias de mitigación de enfermedades y reordenación del espacio.

Los gases de invernadero, provocados por las actividades económicas y las malas prácticas de la sociedad dentro de las ciudades principalmente han reflejado graves problemas que aceleran el cambio o y la inestabilidad climática, además de las técnicas inadecuadas que han sido utilizadas en la eliminación de los efectos urbanos.

Por lo anterior es importante destacar algunas acciones y estrategias a diferente escala espacial con el objeto de contribuir a la mejora del medio, en tanto se logra un territorio armónico, que permita el óptimo funcionamiento de los espacios urbanos con las actividades cotidianas de la población, mitigando y previniendo las consecuencias del cambio climático a nivel global.

Palabras clave: Isla de calor, centros urbanos, mitigación, problemas ambientales.

Introducción

En las últimas décadas se ha destacado la relación entre el ser humano y el clima terrestre, situación que presenta dos explicaciones: la primera, está dada en función de la generación de gases de invernadero, ocasionado por el uso de aerosoles, concentración de smog, aglomeración de población

en determinados sitios, lo cual genera la emisión de gases, impidiendo la circulación y entrada de aire frío o templado; y por otra parte la población humana es cada vez más vulnerable a los riesgos naturales propiciados por el excesivo daño al ambiente (Cáceres, et.al, 1998).

Actualmente más del 50 por ciento de la población mundial se localiza en centros urbanos, trayendo consigo la generación de un sin número de problemas urbanos y ambientales, situación que no ha sido atendida de manera oportuna ni funcional, ante la tendencia del aumento en las próximas décadas de un mayor de población.

La posición geográfica y la distribución de las tierras determinan y/o posibilitan en gran medida la forma y desarrollo de los modos de vida de la población, sin embargo los actuales problemas ambientales que aquejan el territorio se han desencadenado principalmente por la acción del hombre.

Resulta indispensable retomar este tipo de estudios urbanos, pero sobre todo la aplicación de los mismos, para alcanzar los preceptos establecidos por la sustentabilidad de los procesos sobre todo dentro del ámbito urbano, que es en donde las transformaciones son cada vez más evidentes y los niveles de afectación son cada vez mayores.

El espacio urbano, visto desde el punto de vista del paisaje socialmente construido, contenedor de múltiples procesos, sobre el cual se gestan una serie de fenómenos naturales que inciden notablemente en la calidad ambiental de los elementos urbanos y sociales.

El espacio no urbanizado no puede ser considerado un ámbito residual, siempre disponible para el crecimiento de la ciudad, ya que, como expresión de la matriz territorial y soporte de procesos de naturaleza tanto socioeconómica como ecológica, ejerce una función intrínseca muy valiosa para el conjunto del sistema urbano y constituye, en definitiva, un recurso fundamental para la consecución de una deseable articulación armónica



entre la ciudad y el entorno natural y rural (Llop, 2003).

Tendencias sobre el cambio climático: proceso de auto-regulación vs resultado de la actividad antrópica

Desde los inicios del uso de la terminología ambiental, se han venido desarrollando múltiples enfoques basados en la percepción y entendimiento del cambio climático global. Por su parte Lovelock (2007), define que existen 2 tendencias científicas enfocadas a explicar el origen de los cambios y alteraciones climáticas que se han venido presentando en los últimos años. Por un lado existe la postura científica que defiende que el cambio climático es un proceso de autorregulación de la tierra, como parte del equilibrio que busca el sistema terrestre ante la presión poblacional; es decir son cambios que se presentan de manera cíclica, explicados en la teoría general de sistemas, en la cual se establecen mecanismos de entropía y degradación de los sistemas naturales principalmente.

Esta postura está ligada a las catástrofes naturales que los demógrafos han denominado como procesos de regulación de las masas poblacionales (epidemias, desastres naturales, guerras y hambrunas).

Dicha tendencia, parece tener cierta lógica, sobre todo si tomamos en cuenta la última glaciación y los periodos de retorno que caracterizan a los fenómenos naturales, como sequías, tormentas tropicales, heladas, por mencionar algunos.

Aunque la alteración a las condiciones climáticas es inevitable, aún es momento de aterrizar las acciones, planes y programas para mitigar los efectos ambientales que se originan en el espacio, en las diferentes escalas de actuación, que en su conjunto benefician o perjudican a escala global.

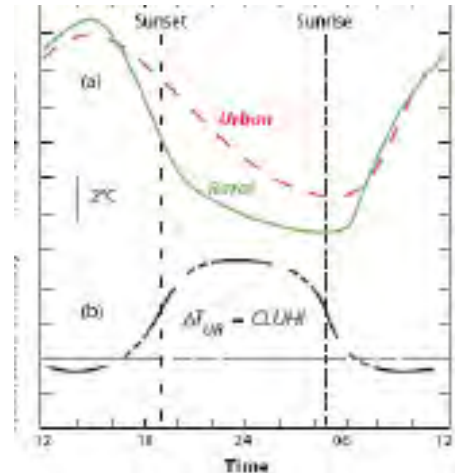
Aproximación del concepto

La generación de las islas de calor está directamente relacionada con los usos de suelo. La isla de calor entendida como la modificación ejercida en el clima regional, derivado de los procesos de urbanización, es decir, aumento en la temperatura con respecto a los entornos rurales (Cuadrat Prats, *et.al* 1993).

El paisaje rural se encuentra claramente caracterizado por grandes espaciamientos entre las construcciones, extensas áreas verdes, forestales

y/o cultivo, vialidades de terracería, lo cual permite la permeabilidad del agua de lluvia, escaso movimiento vehicular, por lo cual la temperatura de estas zonas, se verá menos afectada en comparación con los centros urbanos (figura 1).

Figura 1. Diferencia del comportamiento de temperatura en zonas rurales y urbanas.



Otra definición sencilla de la denominada isla de calor, es el exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la actividad antrópica (Capelli de Steffens, *et.al* 2001). Esto quiere decir que el ser humano parece ser cada vez menos consciente de los cambios que él mismo genera al medio, derivado de la misma dinámica y está al cual está sujeto, reestructurando el paisaje para cumplir con los estándares de la demanda económica del mundo globalizado.

Este concepto fue denominado por Manley en 1958, tras realizar estudios climatológicos para evaluar las diferencias térmicas entre el centro urbano y las periferias de las principales ciudades europeas (Carreras, *et.al*, 1990). Mediante este tipo de estudios se destacaron las primeras conclusiones que fueron tomadas en cuenta desde hace más de 30 años, en donde se menciona que el dentro de la perspectiva medioambiental, la ciudad se ha constituido como uno de los principales instrumentos de modificación antrópica del medio natural, incluyendo el clima.

Este último entendido como el promedio de las condiciones meteorológicas presentes en un sitio por un periodo comprendido de 30 a 40 años.



Existen varios factores que determinan el proceso de una isla térmica urbana; uno de ellos es la excesiva concentración de la población, acumulación del parque vehicular y actividades económicas de tipo secundario y terciario; pero sobre todo estos factores están determinados por el uso del suelo y la distribución espacial de las mismas actividades.

Asimismo, la densificación y el tipo de materiales utilizados en las construcciones, tamaño y forma suelen mostrar un perfil térmico desde la periferia hasta el centro urbano, situación basada en la accesibilidad, jerarquía, especialización y diversificación de los espacios.

El control de las condiciones micro-climáticas urbanas es fundamental para lograr la eficiencia energética y la reducción de las emisiones con el objetivo de garantizar una vida confortable. Algunas casusas que están claramente definidas son las que a continuación se presentan (Tumimi, S/d):

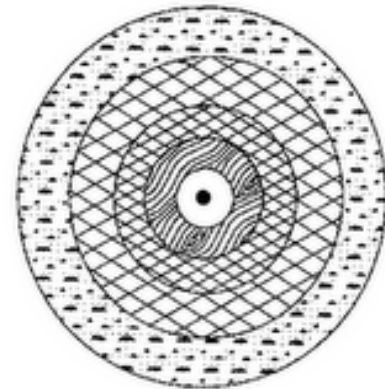
- La sustitución de superficies verdes y permeables por calles y edificaciones.
- La mala absorción de la radiación solar en parte de los materiales utilizados en la construcción.
- El calor generado por las fuentes antrópicas (industrias, vehículos)
- Contaminación atmosférica.

La relación entre la generación de las islas de calor y la distribución espacial de los bienes y servicios al interior de la ciudad, resulta relativamente fácil de explicar a través de los modelos descritos por la geografía urbana. Aunque este tipo de modelos, presentaron fuertes críticas en su momento, sirven de base para explicar, planear y reordenar los espacios urbanos de las distintas ciudades del mundo y principalmente del país, las cuales carecen en su mayoría de funcionalidad, repercutiendo en serios problemas. Estos modelos permitirán entender la generación y propagación de las islas de calor en las diferentes áreas urbanas y con ello mitigar y reducir sus efectos. El primero modelo definido por Johan Heinrich Von Thünen¹ (1783-1850), consta de

¹Aunque el modelo de Thünen fue basado en su experiencia como agricultor, en la existencia y dinámica de los sistemas agrarios, explica de manera gráfica el comportamiento espacial de las ciudades con respecto a la distribución de los sectores de producción de bienes y servicios, lo cual implica una acumulación de actividad

un modelo circular concéntrico (figura 2), en el cual la localización y distribución de los sectores de actividad está perfectamente delimitada, por lo cual no tendría que existir una sobre acumulación de población, vivienda y actividades que implican la generación de calor y modificación del clima local (Chorley, 1971).

Figura2 Distribución espacial de las actividades económicas



Por su parte Walter Christaller (1893–1969), en su modelo de lugares centrales parte del análisis de una supuesta llanura isotrópica, con una distribución demográfica y de renta uniforme (Chorley, 1971), así como una estructura de transportes que permitía una facilidad de intercambio de los bienes y competencia perfecta por la distribución igualitaria por así llamarla en cuanto a la dispersión y distribución de actividades (figura 3).

Esta distribución espacial de los bienes genera la concentración distribuida de manera homogénea de las actividades de la periferia de la ciudad, mientras que la concentración de bienes y servicios en el centro de la ciudad implica también la concentración excesiva de población, generando el aumento de temperatura en la zona, ligado a la concentración de edificios y vehículos, tal como se puede apreciar en la figura 4.

En la cual se observa los límites de temperatura media en las diferentes secciones de la ciudad de México; comprobando la relación que existe entre la mayor temperatura y el centro de la ciudad.

humana en algunos sitios, elevando la temperatura de dichas zonas, durante gran parte del día.



Figura 3. Modelo de lugares centrales, propuesto por Christaller

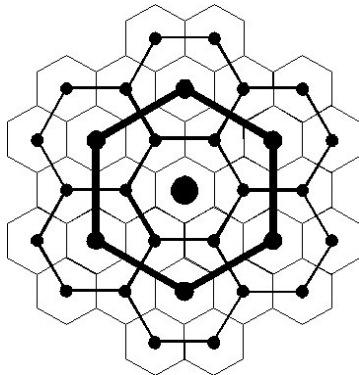
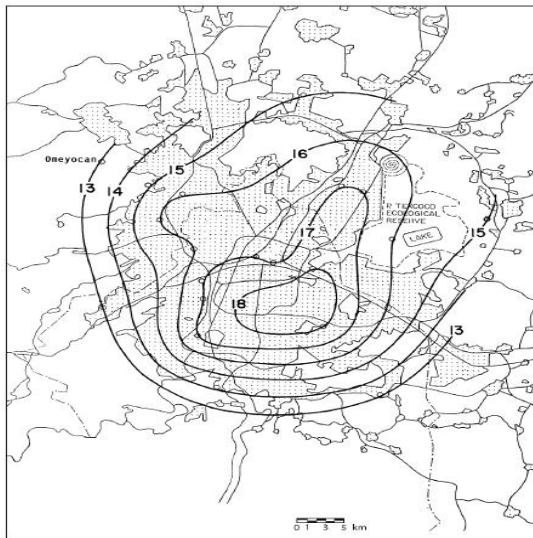


Figura 4. Isla de calor identificada en la ciudad de México, año 2000.



Por lo anterior, las islas de calor, son el resultado de la modificación antrópica, constituyendo condiciones climáticas reales en las que vive la mayoría de la población mundial, principalmente en los países con mayor grado de industrialización, sin embargo aquellas ciudades con una industria incipiente o nula, también están siendo pieza de estas alteraciones en la temperatura.

Si bien la nubosidad y la precipitación no son factores que podemos alterar directamente o bien resultan más complejos de atender; el viento si es un factor meteorológico que depende directamente el tipo de construcciones que existan al interior de la traza urbana; es decir, a mayores y altas edificaciones; el viento será imperceptible, desviándose y alterando su movilidad natural, implicando también la movilidad de la nubosidad, humedad y por lo tanto precipitación pluvial.

En la actualidad la mayor parte de las metrópolis urbanas cuentan con estudios climáticos desde dos perspectivas. La primera con un carácter descriptivo y básico acerca de las condiciones iniciales del clima de la ciudad con apoyo de datos históricos. La segunda, se basa en la interpretación de modelos a través de análisis de correlación multivariado (Carreras, *et. al*, 1990).

Por su parte, la distribución de las áreas verdes, presentan una alta correlación con la temperatura al interior de los centros urbanos. Las áreas verdes, además de fungir como centros de abasto de agua, purificador de partículas contaminantes en el aire; regulan la temperatura o bien impiden la generación de islas de calor, puesto que la copa de los árboles impide la radiación solar, situación ligada al tipo y material del pavimento de la superficie, genera el aumento de la temperatura entre 2 y 5 grados centígrados (Cuadrat Prats, *et. al* 1993).

La transformación del paisaje natural por la acción humana logra manifestarse en mayor grado en las ciudades, esto significa que cuanto mayor es la aglomeración y el crecimiento espacial de las edificaciones y vías de comunicación, el paisaje sufre mayor alteración, entendido como el espacio geográfico socialmente construido en el interactúan aspectos físicos, sociales, económicos, culturales y políticos.

El tipo de superficie es un factor que determina en gran medida el comportamiento espacial de las capas de temperatura del aire, es decir, las temperaturas son mayores que aquellas zonas con mayor densidad de edificaciones y temperaturas menores en zonas abiertas o con cubierta arbórea.

Los factores que contribuyen a la formación de las islas de calor son los siguientes:

- Localización geográfica
- Factores y elementos meteorológicos.
- Hora del día
- Forma de la ciudad
- Tipo de ciudad

Las modificaciones climáticas que han ocurrido en las grandes ciudades en el último siglo muestran similitudes en términos de las tasas y magnitud esperadas con respecto a los cambios climáticos proyectados hacia el futuro. Por lo tanto, las ciudades pueden servir como modelo para evaluar los impactos del cambio climático así como las



estrategias de adaptación al mismo, tanto a escala local como global tal como se demuestra en la figura 5.

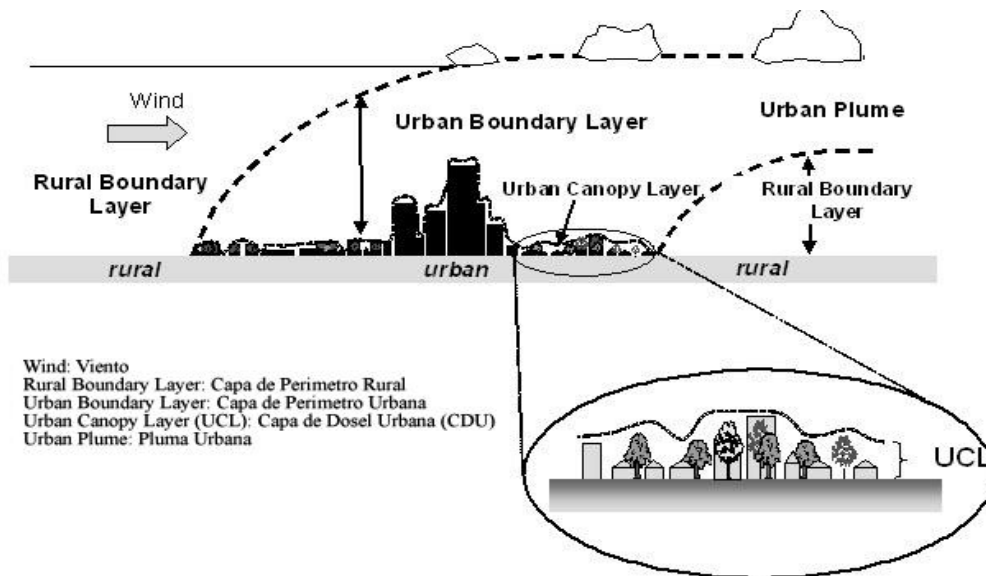
Las condiciones del movimiento del viento son alteradas en el momento que se encuentran con edificaciones de altura considerable, impidiendo que la humedad llegue a las zonas urbanas, generando un efecto de tipo invernadero, el cual impide la salida de aire caliente y la entrada de aire fresco.

Por ello, es importante mencionar que la circulación natural de los vientos, permite la reducción de las islas de calor, sin embargo esto muchas veces no es posible, debido a la nula circulación de los

vientos; ligado a la cantidad de radiación solar durante el día, la cual es absorbida por el tipo de material de recubrimiento que es comúnmente utilizado en las vialidades de la mayoría de las ciudades medias y pequeñas.

Es importante mencionar que las islas de calor no solo repercuten en el aumento de temperatura atmosférica, sino que este proceso puede alterar además del ciclo hidrológico, el nivel de vida de los habitantes, acarreando problemas de salud debido a la baja calidad del aire que respiramos, con presencia de bióxido de carbono, óxidos de azufre y nitrógeno (Capelli de Steffens, *et.al* 2001).

Figura 5. Simulación del comportamiento de temperatura dentro del espacio urbano.



Ligado a lo anterior y como consecuencia del aumento de las islas de calor, los espacios soleados y sobre todo calurosos están siendo abandonados por los habitantes, quienes buscan sitios con mejores sistemas naturales de ventilación, ocio y descanso (Tamimi, s/d). mientras que el sector productivo, las calles y plazas además de alterar la imagen urbana, crean serios problemas económicos entre la relación entre consumidor-proveedor, alejando al consumidor de estos sitios por la excesiva aglomeración de visitantes, altas temperaturas y radiación solar.

Reflexiones sobre las acciones de mitigación de las islas de calor

Ahora bien, resulta interesante reflexionar acerca de la tendencia sobre crecimiento urbano, ya que es bien sabido que los espacios dentro de las ciudades son cada vez menores, además de que a grandes centros de vivienda implica una mayor tasa de deforestación, por consiguiente el crecimiento vertical está siendo la opción viable para la optimización de espacios. Sin embargo actualmente parecer esta estrategia de urbanización no plantea la situación ante el cambio climático, derivado de la acumulación de gases de invernadero y el aumento



de la temperatura, lo cual implica una alteración en local y regional en cuanto a precipitación, insolación, nubosidad y viento se refiere.

Algunos beneficios que trae consigo la reducción y/o eliminación de las islas de calor urbano, mediante la densificación de áreas verdes, como principal alternativa para equilibrar de manera natural la temperatura atmosférica son los siguientes: a) reducción del ozono, b) purificación del aire a través del estrato arbóreo y c) reducción de la generación de gases invernadero, producto del uso del aire acondicionado.

Con relación en lo anterior, es indispensable considerar modificaciones en los modos de vida de la población urbana, la cual implica un alto consumo de energías no limpias, no renovables que repercuten en la disminución de los indicadores ambientales del espacio en cual se desarrollan las actividades diarias.

La figura 6, muestra una forma de reforestación, regeneración del ambiente, biodiversidad urbana, cuyo efecto principal será la reducción considerable de las islas de calor. Esto último basado en la realidad de la decadencia de los pulmones del mundo, siendo cada vez, flanco de la amenaza de explotación irracional por parte de mismo hombre. Las tareas y programas enfocados a la reforestación y reconversión de las zonas menos densas y espacios rurales resultan ser poco exitosas al tener niveles de sobrevivencia menor al 20% de los árboles trasplantados por la depredación natural, pero sobre todo por la falta de cuidados óptimos basados en las necesidades de la especie y las condiciones del mismo suelo.

Por esta razón y tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional y demanda de vivienda en la ciudades, se plantea también la reforestación o implementación de bosques, bajo el enfoque y diseño de ciudades verticales, permitiendo con ello el flujo de viento, purificación del aire y acumulación de humedad, aspectos que de manera conjunta mejorar la temperatura de la ciudad.

Conclusiones

La temperatura media de las ciudades es superior a la del medio rural, situación determinada por la aglomeración/dispersión de edificaciones y actividades económicas predominantes.

Las variaciones térmicas significativas se presentan durante el día y la noche; como consecuencia de la

cantidad de actividad y emisiones de gases contaminantes que provocan el efecto invernadero.

Las islas de calor producen o inhiben corrientes convectivas asociadas a la inestabilidad en las precipitaciones dentro de la ciudad (Terjung, 1980), producto de la misma cantidad de actividad poblacional y económica, impidiendo el movimiento natural del viento y el desplazamiento de las masas de humedad y de aire frío.

Figura 6. Diseño urbano para crecimiento vertical



Soluciones

Algunas de las soluciones que se plantean, para reducir los impactos que conllevan las islas de calor urbano son las siguientes:

Espaciamiento entre las edificaciones, preferentemente, de tal manera que permitan la circulación natural de los vientos, sin embargo esta estrategia resulta un tanto complicada para llevar a la práctica en los centros urbanos actuales, puesto que ya se encuentran consolidados, y no existen espacios para reordenar el territorio. Esta estrategia



es utilizada sobre todos en aquellas zonas que se encuentran en transición de lo rural a lo urbano, bajo tareas de ordenamiento y planificación territorial funcional.

Otra de las estrategias es el manejo y uso de tejados y pavimentos en colores claros, de manera que no permitan la absorción de calor, al contrario que la función esté encaminada al aislamiento del calor y retención de humedad en caso de precipitación pluvial, refrescando cada uno de los espacios de la vivienda.

El uso de árboles alrededor de edificaciones individuales para la generación de sombra. La plantación de árboles acorde al tipo de suelo y sobre todo que no represente riesgo para la cimentación de la vivienda y alteración de la banqueta resulta una alternativa viable y además estética, la cual permite la generación de sombra y aislamiento de calor.

El manejo de tejados verdes, es una alternativa que ha tomado mayor fuerza en los últimos años en nuestro país, sobre todo tomando en cuenta la reducción de espacios en las recientes viviendas sobre todo de interés social, ligado a la corriente operativa de crecimiento vertical. Con ello, la energía absorbida evapora agua en lugar de calentar el techo y por ende la vivienda. Además de ser un factor estético dentro del ámbito arquitectónico.

Fuentes de consulta

1. Cáceres, Luis; Mejía Raúl, Ontaneda Gonzalo (1998). Evidencias del cambio climático en Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Ecuador.
2. Capelli de Steffens, Piccolo María, Hernández Jorge, Navarrete Gustavo (2001). La isla de calor estival en Temuco, Chile. Papeles de Geografía, número 033. Murcia, España.
3. Carreras Carles, Marín Mercedes, Vide Martín, Moreno Ma., Sabí Joan (1990) Modificaciones térmicas en las ciudades. Avance sobre la isala de calor en Barcelona. Documentsd'anàlisi Geogràfica 17. Barcelona, España.
4. Chorley, R.J. (1971). La geografía y los modelos socioeconómicos. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, España.
5. Cuadrat, Prats, López F, Martí A. (1993). El medio ambiente urbano en Zaragoza. Observaciones sobre la isla de calor. Anales de geografía de la Universidad Complutense. No. 13. Ed. Comp. Madrid.
6. Llop, C. (2003). De la reserva urbana al proyecto del territorio municipal. In FONT, A. (coord.). Planeamiento urbanístico. De la controversia a la renovación. Barcelona, España.
7. Lovelock, James (2007). La venganza de la Tierra. Editorial Planeta.
8. Terjung, W (1980). Influences of physical structures an urban energy budgets. BoundaryLayerMeteorology.
9. Tumimi, Irina (s/d). Estrategias para reducción de efectos de isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. Ponencia dentro del marco del SustainablebuildingConference. GBC-Madrid



Estudio comparativo del diseño de un humedal construido en una unidad de producción acuícola para el mejoramiento de la crianza del camarón por efectos del cambio climático

Evelyn Yadira Meza Trinidad¹, Palomarez García José Martín², Llorens i Ribes Esther³, Laureano Casanova Oscar^{1A}, Muñoz Torres Carmen Adriana^{1B}.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas; ²Centro Regional de Investigación Pesquera; ³Institut Català de Recerca de l'Aigua; Emails: evelyn.meza_@hotmail.com¹; ingmpg@hotmail.com²; ellorens@icra.cat³; olaurean@uat.edu.mx^{1A}; adri1590@hotmail.com^{1B}.

Resumen

Los efectos del cambio climático para la pesca y la acuicultura consisten en un aumento a las temperaturas del agua y del nivel del mar, los glaciares se deshielan, la salinidad y la acidez del océano se modifican, aumenta el número de ciclones en algunas regiones y las lluvias disminuyen en otras, las pautas y la abundancia de las poblaciones de peces se transforman. En este artículo se propone un diseño de la unidad de producción acuícola donde se lleva a cabo la engorda de camarón blanco, en este caso el camarón blanco *Litopenaeus Vannamei*, en donde el agua que resulta de la crianza de esta especie impacta en la devolución de dicho recurso hídrico en el Río Tigre o la Laguna de San Andrés por las altas cantidades que contiene de sólidos suspendidos derivados de las heces fecales que arroja el camarón o el propio alimento para su engorda; por lo que se propone un diseño con el uso de humedales construidos que ayudan a mejorar la crianza, dando como resultado un porcentaje de remoción promedio del 72% de los Sólidos Suspendidos Totales, los humedales construidos son depuradores naturales de aguas residuales que ayudan a reducir fósforo, nitrógeno, metales pesados, regular la demanda biológica de oxígeno, y el oxígeno disuelto; otro de los beneficios de estas es que son fáciles de operar y sin hacer uso del consumo de la energía eléctrica, mejoran la calidad ambiental y son fuente de agua en procesos de reutilización de aguas residuales.

Palabras Clave: Cambio Climático, Producción acuícola, Humedales construidos, Crianza de camarón.

Introducción

La industria camaronera ha sido uno de los sectores de la acuicultura de más rápido crecimiento en Asia y América Latina, y recientemente en África, pero

también uno de los más polémicos. La rápida expansión de la camaronicultura ha generado ingresos substanciales para muchos países en vías de desarrollo, así como en países desarrollados, pero ha estado acompañada por preocupaciones crecientes relacionadas con los impactos ambientales y sociales debidos a su desarrollo (FAO, NACA, UNEP, WB y WWF, 2006).

La producción de la industria acuícola trae consigo impactos ambientales que se presentan de excretas, restos de alimento y en ocasiones medicamentos para el camarón; la liberación de estos contaminantes a los cuerpos hídricos deterioran la calidad del agua, siendo el suministro de alimento el principal causante del deterioro. Comúnmente el suministro de alimento es el principal causante de deterioro de la calidad del agua (Dormon, 2008).

El suministro de alimento es el principal causante del deterioro de la calidad del agua. El aporte de nutrientes en los estanques no es del todo aprovechado y en el momento de la limpieza de fondos o la cosecha, agua con gran cantidad de materia orgánica es vertida a los ríos o cuerpos de agua naturales. Según Pardo, Suárez, y Soriano (2006), en los sistemas de producción en granjas o estanques, solamente el 30% de los nutrientes suministrados son convertidos en producto, el resto es acumulado en los sedimentos o es liberado en el efluente que generalmente conduce hacia ríos.

De acuerdo con Dormon (2008) la acuicultura siendo una actividad altamente dependiente del agua puede también contribuir a la degradación de dicho recurso; con el empleo de inadecuadas técnicas de cultivo, el inapropiado diseño de las instalaciones y la falta de aplicación de sistemas de tratamiento a las aguas residuales.



CICEANA (2010) Explica que los humedales son ecosistemas de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren y por la diversidad biológica que sustentan. Entre los procesos hidrológicos que se desarrollan en los humedales se encuentran la recarga de acuíferos, cuando el agua es acumulada en el humedal desciende hasta las capas subterráneas. Las funciones ecológicas que desarrollan los humedales favorecen la mitigación de las inundaciones y de la erosión costera. Los humedales pueden ser permanentes o temporales, estancados o con flujo de corriente, dulces, salobres o salados, su clasificación se hace bastante compleja, lo que dificulta que se puedan concretar sus límites. Existen 2 tipos de humedales, los naturales y los construidos por el ser humano. Los humedales artificiales o construidos: son estanques para acuicultura y ganadería, tierras irrigadas, canales de drenaje, arrozales, salinas, canteras, pozos de minería, áreas de tratamientos de aguas negras, represas hídricas entre otros, que por la flora y la fauna que sustentan merecen ser considerados como humedales. Puede existir una gran variedad de especies en un mismo humedal y entre otros que se encuentran cercanos entre sí, por lo que no solo forman ecosistemas distintos, sino paisajes totalmente diferentes.

Mitsch y Gosselink (2000) mencionan que los humedales son ambientes complejos y dinámicos se caracterizan por su alta productividad y diversidad biológica, jugando un papel fundamental al proporcionar un hábitat único para una amplia variedad de flora y fauna. Son fuente, sumidero y transformadores de materiales químicos y biológicos, ayudan a estabilizar los suministros de agua y contribuyen en la depuración de aguas contaminadas, en la protección de litorales y recarga de los mantos freáticos. También han sido reconocidos como sumideros de carbono y estabilizadores climáticos en una escala global.

Identificación del problema

En la Zona Sur del Estado de Tamaulipas se encuentra el municipio de Aldama, que entre sus actividades económicas destaca la acuicultura debido a su ubicación en los márgenes del Golfo de México. Son 14 las granjas establecidas en los márgenes del Río Tigre, Barberena y Laguna de San Andrés dedicados al cultivo de camarón blanco del pacífico, la mayoría de ellas utiliza el agua de dichos afluentes para realizar sus actividades de cultivo.

Montiel (2000) señala que en el sistema estuarino del Río Tigre, la vida acuática está siendo afectada por los efluentes de las granjas de camarón; en la práctica, éstas realizan dos ciclos al año, y de alguna manera el medio circunvecino se ve afectado, principalmente durante las cosechas. Lo anterior redundaría en el deterioro del bienestar de 4,000 pobladores de las comunidades, El Barranco, Las Flores y Morón, del Municipio de Aldama, en Tamaulipas, México. El 15 de Octubre del 2006, la vida acuática se afectó seriamente en este sistema estuarino, probablemente por asfixia; Según Montiel, éste fue un evento de los muchos que se registran año con año.

Hay que considerar otras actividades que pueden causar contaminación puntual en la zona y afectar a los ecosistemas acuáticos de la región, como lo pueden ser los drenajes municipales, desperdicios de alimentos, desechos industriales o derrames de petróleo. Una fuente no puntual de contaminación hídrica afecta los cuerpos de agua desde fuentes como escorrentías que drenan hacia los ríos, o desechos lavados por el viento hacia el mar y esto sucede en la crianza de ganado bovino, porcino, ovino o gallináceas.

Para mejorar la calidad del agua del río tigre, y por ende incrementar la producción y calidad de los productos de la acuicultura, considerando el bienestar de los habitantes de las zonas donde se sitúan las granjas, una alternativa es el diseño de una Unidad de Producción Acuícola (UPA) mediante el uso de humedales construidos, a través de una correcta planeación en las granjas.

La implementación del diseño de la UPA antes mencionada, funcionará como un sistema de recirculación del tipo semi-cerrado que ayudará a tener una producción estable debido a que el recurso hídrico que se encuentre dentro de la unidad de producción acuícola estará controlado por los requisitos necesarios y enriqueciéndola con nutrientes para la engorda del camarón; es decir, el agua que se ocupe para la engorda, no se verterá al Río Tigre, sino que se verterá al humedal para que éste sirva como depurador y al término de la estancia en el humedal, el agua pueda seguir utilizándose en el cultivo, con lo cual se logrará beneficiar con una buena calidad de agua para todas las granjas.

Plan de estudio

El diseño de una Unidad de Producción Acuícola (UPA) mediante el uso de humedales construidos



ayudará a contar con una buena planeación en las granjas favoreciendo la condición en la que llegue el agua enriqueciéndola con los nutrientes necesarios y mejorando la producción.

El diseño propuesto permitirá mejorar las condiciones de operación de la granja con la implementación del humedal construido mismo que mediante la recirculación del efluente se mejoraran los parámetros de la calidad del agua (SST, OD, DBO₅, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo, Salinidad.)

Metodología

Tipo y enfoque de investigación

En el presente proyecto el enfoque de investigación radica en la investigación cuantitativa aplicando la lógica deductiva de lo general a lo particular.

En el marco del enfoque Cuantitativo-Deductivo, se planteó el problema de investigación definiendo el siguiente objetivo: investigar estudios comparativos del diseño de un humedal construido en una unidad de producción acuícola para el mejoramiento de la crianza del camarón.

Método

En base a estadísticas y experiencias existentes, se planteó la necesidad de utilizar alternativas para mejorar la crianza de camarón y minimizando el impacto ambiental. Resultado de lo anterior, se propone la inclusión de un depurador natural, con tecnología de bajo costo, al no requerir de fuentes de energía y ser de fácil manejo. Después de haber investigado para garantizar el uso adecuado y conocer las propiedades, se encontró que existen 2 tipos de humedales construidos según su funcionamiento que se describen a continuación; pero el que se propone para la reducción de SST, OD, DBO₅, Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo, Salinidad es el Humedal tipo vertical que acelera la eliminación de SST, debido a sus tres capas de grava que actúan como filtros donde se van acumulando esta materia orgánica.

Humedales Artificiales

Los humedales son un conjunto de técnicas y procedimientos simples de operar y sin hacer uso del consumo de energía. La infraestructura necesaria para su construcción es muy simple y asequible, su mantenimiento es relativamente fácil y económico. En los humedales se desarrolla flora, fauna y microorganismos especialmente adaptados a las condiciones ambientales propias del humedal.

Gracias a dichos seres vivos y a procesos físicos y químicos, son capaces de depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos disueltos, nitrógeno, fósforo, metales pesados y contaminantes orgánicos (Delgadillo, Camacho, Pérez, y Andrade, 2010).

Además de la depuración de aguas residuales, Arias y Brix (2003) explican que los humedales ofrecen beneficios ambientales agregados como: mejorar la calidad ambiental, crean y restauran nichos ecológicos, generan mejoramientos paisajísticos, contribuyen en la generación de zonas de amortiguamiento de ríos y avenidas, son fuente de agua en procesos de reutilización de aguas residuales para riego y aportan ventajas en otras actividades de carácter recreativo y económico.

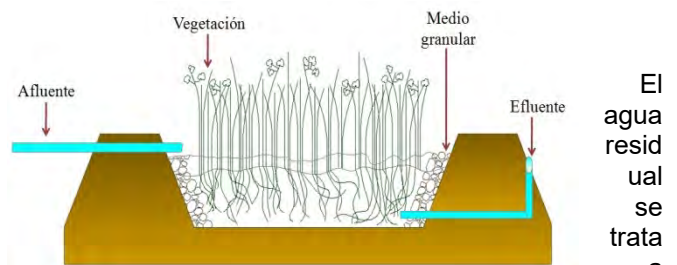
Aprovechando el potencial que tienen los humedales para el tratamiento de aguas residuales, se han diseñado los humedales con una gran similitud en cuanto a características de los humedales naturales, llamados Humedales Construidos o también denominados Humedales Artificiales.

Humedales subsuperficiales de flujo horizontal

Son los sistemas más utilizados en Europa. El diseño de estos sistemas, por lo general, consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrófitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la caña común o carrizo (*Phragmites australis*).

Delgadillo et al. (2010) aluden que toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo.

Figura 1. Humedal subsuperficial de Flujo Horizontal



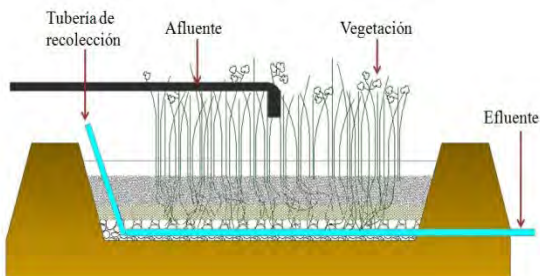
medida que fluye lateralmente a través del medio poroso. La profundidad del lecho varía entre 45 centímetros a 1 metro y tiene una pendiente de entre 0.5 % a 1 %.



Humedales subsuperficiales de flujo vertical

La circulación del agua es de tipo vertical y tiene lugar a pulsos, de manera que el medio granular no está permanentemente inundado (Figura2). La profundidad del medio granular es de entre 50 cm y 80 cm. Operan con cargas de alrededor de 20 g DBO₅/m² día.

Figura 2. Humedal subsuperficial de Flujo Vertical



Los sistemas verticales con flujosubsuperficial son cargados intermitentemente asevera Delgadillo et al. (2010) y de esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos deinsaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama matriz, etcétera, y los resultados que se han obtenido son promisorios. También conocidos como filtros intermitentes.

Las aguas se infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. La vegetación emergente se planta también en este medio granular.

Los humedales horizontales y los verticales están constituidos por los siguientes elementos:

- 1.- Estructuras de entrada y salida
- 2.- Medio granular
- 3.- Tuberías de Aireación
- 4.- Vegetación

El manejo en los humedales se puede centrar en tres aspectos principales: implantación, operación y control de plagas y enfermedades.

Mecanismos de eliminación de los contaminantes

Las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas se han diseñado corrientemente para eliminar materia en suspensión y materia orgánica.

La eliminación de microorganismos fecales parece que en un futuro cercano también será un objetivo generalizado, especialmente en zonas como la Mediterránea, dónde la reutilización del agua va a tener un papel relevante dentro de la gestión integral de los recursos hídricos. A continuación,García y Corzo(2008) describen los mecanismos de eliminación de estos contaminantes en los humedales de flujo subsuperficial.

- 1.- Materia en Suspensión
- 2.- Materia Orgánica
- 3.- Nitrógeno
- 4.- Fósforo
- 5.- Patógenos
- 6.- Otros contaminantes

El diseño del Humedal artificial con flujo vertical se obtiene una mejor eliminación de los sólidos suspendidos que es el principal problema que se tiene en el cultivo del camarón a pesar de que cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas, éstas tienen sus límites muy holgados, y por lo tanto no toman las consideraciones necesarias para evitar estas concentraciones, en la siguiente tabla se muestra una recopilación de datos obtenidos en artículos referentes al cultivo de camarón, donde se aprecia que parámetro es el que resulta en mayor cantidad.

Tabla 1. Parámetros del efluente de salida de granjas de cultivo Litopenaeus Vannamei

GRANJAS DE CULTIVO LITOPENAEUS VANNAMEI					
Parámetros de efluente de salida	México 2010	México 2011	Brasil 2009	Thailandia 1992/1995	Thailandia 2002
SST	57.19	123.09	168	114	56.00
OD	4.87	4.41	4.3	4.13	6.50
DBO ₅	4.94	8.05	8.2	/	4
Nitritos	0.21	0.29	/	0.11	0.04
Nitratos	0.32	0.45	/	0.18	1.51
Nit. Amoniacal	1.58	2.71	0.14	2.08	0.32
P	4.78	7.24	/	0.72	10.8

Fuente: Elaboración propia

Los sólidos en suspensión se procesan en el medio granular y debido a que éstos resultan del proceso de crianza en su totalidad son orgánicos, por producto del alimento balanceado que se aplica en el estanque para la alimentación de los camarones, y que no es



consumido. También las heces de los camarones forman parte de los sólidos suspendidos. Todos los sólidos sedimentan dependiendo del tamaño de la partícula, unos más rápidos, otros más lentos.

Resultados

El dimensionamiento y las características físicas del humedal construido dependen, entre otros factores, de la localización de la planta, de las características climáticas del sitio, de las características de calidad del agua afluente, de la calidad del agua efluente deseada, y de las restricciones de calidad de vertido de aguas tratadas (Arias y Brix, 2003)

Planta para el humedal afín para la granja de camarón

En cuanto a las formas de vida, la vegetación acuática en México está denominada en mayor parte por las hidrófitas enraizadas emergentes señala Ventura et al(1993). Destacan como forma biológica dominante las herbáceas, entre éstas, las hidrófitas enraizadas emergentes alcanzaron un total de 27 especies. Las representantes más comunes de tal categoría son *TyphadomingesisyScirpuscalifornicus*.

Las helófitas más usadas en depuración son *Typha*, *Scirpus*, *PhragmitesyCarex*. Si bien existen pequeñas diferencias en la eficiencia de remoción de contaminantes entre dichas especies, la recomendación es utilizar la especie de mayor adaptación y disponibilidad en el medio. *ScirpusCalifornicus*, comúnmente conocida como totora.

La *Scirpuscalifornicus* es una planta que aumenta la depuración en los humedales cuando las condiciones climatológicas, de tratamiento previo y calidad de agua a ser tratada, no son tan extremas como para salir de su rango de tolerancia. Y debido a sus propiedades en cuanto a adaptación y mejoramiento en la calidad del agua, se propone esta planta como parte de la vegetación en el Humedal Subsuperficial de Flujo Vertical.

Influencia de los humedales en calidad del agua en granjas de camarón

En este estudio se comparó la calidad del agua de los estanques en los sistemas de producción de camarón, en donde se implementó el uso de humedales artificiales en las granjas para lograr una mejoría en la calidad de agua y otros aspectos, de los cuales se obtuvieron los siguientes parámetros: Tipo de Humedal, Tipo de planta, SST, OD, DBO5,

Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo, Salinidad.

En el gráfico 1 se muestran los porcentajes de remoción de los Sólidos Suspendidos que se obtuvieron después de depurar el agua por el Humedal, reflejando una eliminación de más del 55% de SST en el cultivo de camarón de los diversos casos presentados.

Gráfico 1. Porcentaje de remoción de los Sólidos Suspendidos tratados en Humedal

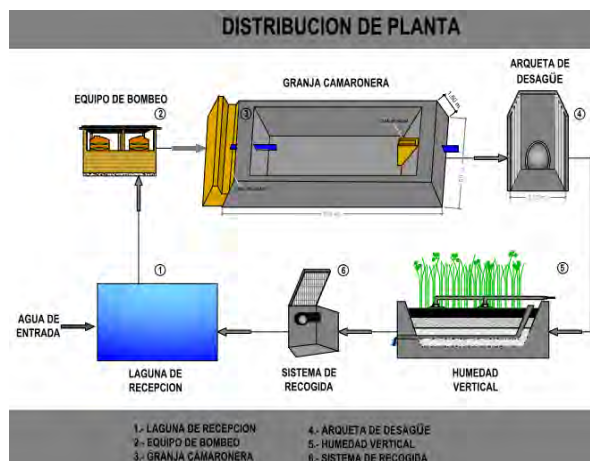


Fuente: Elaboración propia

Propuesta de diseño

La siguiente Figura, es la propuesta del diseño de la Unidad de Producción Acuícola haciendo uso de un Humedal, para eliminar los Sólidos Suspendidos y así mejorar la productividad en la engorda de camarón.

Figura1. Diseño de una unidad de producción acuícola mediante el uso de humedales construidos para mejoramiento de la crianza del camarón



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 2. Parámetros del efluente de salida de granjas de cultivo *Litopenaeus Vannamei* por el paso de Humedal

GRANJAS DE CULTIVO LITOPENAEUS VANNAMEI CON HUMEDALES CONSTRUIDOS								
Parámetros del agua en el humedal	Colombia 2001		USA 2002		Taiwan 2002		China 2011	
SST	190	8.	79.2	34.6	36	11	202	69
OD	3.37	2.17	5.88	3.23	5.4	2	4.88	4.69
DBO ₅	/	/	/	/	5	3.8	/	/
Nitritos	0.17	0.01	0.02	0.01	0.05	0.005	0.16	0.03
Nitratos	0.18	0.02	0.37	0.37	0.41	0.125	2.13	1.29
Nit.Amoniacal	2.05	0.25	0.98	1.96	0.21	0.09	1.33	0.39
P	0.09	0.4	0.5	0.23	/	/	0.08	0.06
Agua	AEH	ASH	AEH	ASH	AEH	ASH	AEH	ASH
*AEH= Agua de Entrada al Humedal								
*ASH= Agua de Salida al Humedal								

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El aumento en el crecimiento y desarrollo del cultivo de camarón en los últimos años, han surgido técnicas de diseño y construcción al establecer nuevas granjas para el cultivo. Una de las utilidades de mejorar las técnicas de cultivo de camarón es que no únicamente se beneficia el cultivo y el manejo de la granja, también se integra la granja a un ambiente local, volviéndolo amigable y causando las menores alteraciones posibles al ecosistema que lo rodea. Se ha comprobado que el agua que se utiliza en el cultivo de camarón tiene como resultado una alta carga de sólidos suspendidos y se puede apreciar en la tabla 2, observando el nivel en el que los casos presentados demuestran el elevado parámetro en el cultivo de camarón. Afectando al Río al vértelo una vez terminado el proceso de engorda y a su vez a los demás acuicultores que requieren de este influente para el llenado de sus granjas. En el objetivo de este estudio comparativo permitió seleccionar el tipo de sistema más adecuado para aumentar la eficacia en el diseño de la granja de camarón implementando un humedal vertical construido desempeñándose éste como filtro de recirculación para la mejora de la productividad acuícola y logrando una remoción promedio del 70% de los Sólidos Suspendidos en el cultivo. Gracias al sistema de recirculación de agua que permite un bajo consumo del agua tomada del río o laguna, y se reduce las veces en que se vacíe la granja y el agua regrese al Río con las altas cantidades de materia fecal y de alimento del camarón, tornándolo afable con la naturaleza, ya que aporta un ambiente paisajístico y se mejora la calidad ambiental.

Fuentes de Consulta

1. Arias, Carlos A. y Brix, Dr. Hans. 2003. Humedales Artificiales para el tratamiento de aguas residuales. 2003. págs. 17-24.
2. Cifuentes, Lemus Juan Luis, Torres, García María del Pilar y Frías, Mondragon Marcela. 1997. El océano y sus recursos XI Acuicultura. México : fondo de cultura económica, 1997.
3. Cuéllar-Anjel, Jorge, y otros. 2010. Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei*. Panamá : New Concept, 2010.
4. Delgadillo, Oscar, y otros. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba – Bolivia : s.n., 2010.
5. FAO, NACA, UNEP y WB, WWF. 2006. Principios Internacionales para el Cultivo Responsable de Camarón. 2006.
6. García, Serrano Juan y Corzo, Hernández Angélica. 2008. Depuración con Humedales Construidos. Catalunya : s.n., 2008.
7. Leyva, Ordaz Guillermo, Sáenz, Gaxiola Lizza y Guevara, Escamilla Sergio. 2010. Protocolo de prevención y contingencias para el cultivo de camarón en baja california. Baja California : s.n., 2010. 1.
8. Montiel, Lozano Roque. 2000. Centro Virtual de Información del Agua. [En línea] Fundación Gonzalo Río Arronte, 2000. [Citado el: 08 de Diciembre de 2011.] www.agua.org.mx.
9. Ventura, Leandro J. Ramos y Novelo Retana, Alejandro. 1993. Vegetación y Flora acuática de la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México. 1993. págs. 61-79.



Marco Legal e Institucional, para la Adaptación del Impacto del Cambio Climático sobre los Humedales en las Zonas Costeras del Sur de Tamaulipas

Luis Moral Padilla y Carmina Elvira Elvira

Miembros del cuerpo académico de Desarrollo Regional y sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.
E-mail: moral3000@hotmail.com; celvira_2@hotmail.com

Resumen

Diversas instituciones mexicanas en los órdenes de gobierno federal, estatal y municipal están relacionadas con el manejo y la administración de los humedales costeros del Golfo de México, así como con la adopción e instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC). Asimismo, existe un marco jurídico federal vigente con regulaciones específicas para humedales y el cambio climático. Desde el punto de vista jurídico, los humedales están regulados como competencia exclusiva de la Federación. El fenómeno del cambio climático ha sido abordado mayormente desde la perspectiva federal, aunque hoy en día se comienza a descentralizar hacia los estados y municipios del país, como el caso del sur de Tamaulipas. En la legislación mexicana, las autoridades federales son las competentes de manera directa y exclusiva en materia de humedales costeros y de cambio climático.

México tiene capacidad instalada para comenzar a utilizar la información disponible, iniciar las acciones de adaptación y reducción del riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos y no seguir retrasando las acciones. Por otro lado, el país cuenta con diferentes políticas y programas encaminados a desarrollar actividades de adaptación al cambio climático, directa o indirectamente. El objetivo es analizar el marco legal e institucional nacional que permitan la conservación de los humedales e implementar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático. La metodología del trabajo es de carácter documental mediante un análisis del fenómeno de estudio sobre el marco legal e institucional nacional que permita implementar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático sobre los humedales de las zonas costeras del Golfo de México, en especial el sur de Tamaulipas.

Palabras clave: Marco legal e institucional, Cambio Climático, humedales, Sur de Tamaulipas

Introducción

México tiene capacidad instalada para comenzar a utilizar la información disponible, iniciar las acciones de adaptación y reducción del riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos y no esperar a contar con un “mejor” sistema, con “mejor” y más “adecuada” información, entre otras “más”, y seguir retrasando las acciones.

Por otro lado, el país cuenta con diferentes políticas y programas encaminados a desarrollar actividades de adaptación al cambio climático, directa o indirectamente. A continuación abordamos los objetivos y las estrategias de algunos de los programas federales vigentes, así como las principales conclusiones a partir del análisis de la legislación estatal y municipal

Planteamiento del problema

No todo respecto a la adaptación al cambio climático depende de las instituciones de gobierno. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta la normatividad existente y su funcionamiento para que las propuestas sean viables. En materia normativa y de relevancia para los humedales costeros del Golfo de México destacan leyes y reglamentos federales relativos a las zona costera y marina, tales como Ley Federal del Mar, Ley de Aguas Nacionales, Ley General del Cambio Climático, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEPA), entre otras; otorgan al sector ambiental amplias atribuciones jurídicas para actuar frente a la variabilidad climática. Aunque de manera incipiente, estas leyes otorgan atribuciones de gran valor para desarrollar capacidades para la adaptación al cambio climático.

Objetivo

Es analizar el marco legal e institucional nacional que permitan la conservación de los humedales e implementar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático.

Metodología

La metodología del trabajo es de carácter documental mediante un análisis del fenómeno de



estudio sobre el marco legal e institucional nacional que permita implementar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático sobre los humedales de las zonas costeras del Golfo de México, en especial el sur de Tamaulipas.

Desarrollo

Marco Legal para la adaptación del impacto del cambio climático sobre los humedales

En la legislación mexicana, las autoridades federales son las competentes de manera directa y exclusiva en materia de humedales costeros y de cambio climático. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (La Constitución) no define los humedales como tales; sin embargo, de la lectura con respecto a las aguas nacionales que pertenecen a la Federación, se infiere que la competencia es federal. La regulación de los humedales está dispersa en varios ordenamientos, entre los que se encuentran La Constitución, la Ley de Aguas Nacionales (LAN), la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), la NOM-022-SEMARNAT-2003 y en las competencias de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), entre otros.

En muchas ocasiones, aunque no exclusivamente, la protección de los humedales costeros se lleva a cabo a través de figuras como las áreas naturales protegidas (ANP).

Por lo que respecta al cambio climático, la SEMARNAT es la secretaría que tiene la competencia directa en el tema, tal como lo establece la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), en su artículo 32 Bis, fracción XVI: “Conducir las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono”. Sin embargo, la creación de la Comisión Intersecretarial del Cambio Climático (CICC) ha sido fundamental y determinante para tomar las decisiones más importantes; entre éstas, la *Estrategia Nacional de Cambio Climático* (CICC, 2007) y el *Programa Especial de Cambio Climático* de 28 de agosto de 2009.

La ley General del Cambio Climático (LGCC) en su artículo primero establece “que el objeto de la misma es propiciar la adaptación y mitigación al cambio climático y coadyuvar al desarrollo sustentable, estableciendo las bases de coordinación entre la Federación, los Estados y sus Municipios, el Distrito Federal y las organizaciones civiles de la sociedad estratégica. Además de ser la

encargada de definir estrategias políticas públicas y metas que tengan por objeto la mitigación y la adaptación al cambio climático”. (DOF, 2012).

La intención política de México fue pretender, demostrar en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático del 10 de diciembre de 2010, mejor conocida como COP 16, celebrada en Cancún, que México es un país que se encuentra en posibilidades jurídicas de competir por recursos internacionales.

Dichos recursos permitirían hacer obras de mitigación y proyectos de adaptación, un punto indispensable ante el calentamiento global, mismo que pretende cubrir la Ley en comento, en el Título II que prevé los criterios generales para la definición de políticas de mitigación y adaptación.

Marco Institucional para la adaptación del impacto del cambio climático sobre los humedales

Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012

Desde el PND del 2001 al 2006 se reconoce al cambio climático como problema ambiental. El actual PND (2007-2012) aborda explícitamente atender el cambio climático mediante dos estrategias principales: la mitigación y la adaptación, a través de los siguientes objetivos:

Objetivo 10. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), instrumentando proyectos como aprovechamiento de metano en rellenos sanitarios; construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en granjas agropecuarias, minas de carbón e instalaciones petroleras; generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables (energía eólica, biomasa, hidráulica, y solar). Este objetivo menciona incentivos fiscales, pero no maneja información presupuestal en su texto.

Objetivo 11. Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático, desarrollando capacidades preventivas y de respuesta ante los impactos adversos previsibles, incluyendo la generación de información y conocimiento sobre la vulnerabilidad de distintas regiones y sectores del país, así como de los impactos potenciales, el desarrollo de estrategias específicas y el trabajo coordinado de las distintas instancias del gobierno y la sociedad (DOF, 2007).

En este objetivo no se mencionan incentivos fiscales ni cuestiones presupuestales.



Los programas sectoriales del PND, para cumplir sus objetivos, están relacionados con las siguientes materias: agua y bosques, campo y desarrollo rural, ciencia y tecnología, democracia y participación ciudadana, desarrollo regional, desarrollo social, desarrollo urbano, educación, energía, infraestructura, medio ambiente y recursos naturales, protección civil, prevención y atención a desastres, seguridad nacional, turismo y vivienda.

Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007 (ENACC)

La ENACC fue elaborada con el propósito de colaborar en un proceso nacional, amplio e incluyente, con tres finalidades:

- Identificar oportunidades de reducción de emisiones y desarrollar proyectos de mitigación.
- Reconocer la vulnerabilidad de los respectivos sectores y áreas de competencia, e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación.
- Proponer líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para un programa especial de cambio climático inscrito en el Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012).

La ENACC no hace amplia referencia a los costos que se requieren para instrumentar los programas y acciones necesarios para la adaptación al cambio climático. Se limita a mencionar que las estrategias de adaptación son de carácter reactivo o preventivo, y que México debe optar por las segundas. Para tales efectos señala que se deberá recurrir a los fondos fiscales y crear mecanismos financieros internacionales mediante la cooperación internacional (CICC, 2007).

Con la finalidad de reducir costos, se propone también usar la información en materia de cambio climático y prevención de desastres, pues es abundante. Aunque sería conveniente incrementarla y mejorarla, la información existente es suficiente para dar los pasos iniciales y enfrentar el cambio climático. La ENACC señala que existe información subutilizada.

Programa sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012 (PSMARN)

Reconoce al cambio climático como un tema de seguridad nacional. Varios de sus objetivos atienden directamente los impactos relacionados con el fenómeno: instrumentar la Estrategia Nacional de Cambio Climático; reconocer la vulnerabilidad de diferentes sectores sociales frente al cambio

climático; iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de adaptación, y prevenir los riesgos derivados de fenómenos hidrometeorológicos y atender sus efectos (DOF, 2008).

Otros objetivos señalan que se deben conservar los ecosistemas y su biodiversidad; valorar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales, los servicios ambientales y la biodiversidad; restaurar y reforestar las tierras forestales degradadas y deforestadas; incrementar el acceso y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento; promover el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos; y mejorar la productividad del agua en el sector agrícola. Todos ellos encaminan hacia la adaptación al cambio climático.

Las principales estrategias enmarcadas en el Programa se enfocan en: Posicionar la actual capacidad de respuesta ante los efectos de la variabilidad climática como plataforma para el desarrollo de capacidades de adaptación; Proponer líneas de acción, políticas y estrategias que sirvan de base para la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático; Promover la reubicación de asentamientos humanos localizados en zonas de riesgo; Promover el desarrollo de herramientas de análisis climático que sirvan de base para diseñar medidas de adaptación; Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico; Normar y promover la recarga de acuíferos; Desarrollar los incentivos e instrumentos económicos que propicien la preservación de ecosistemas; Restaurar ecosistemas y suelos; Conservar *in situ* los ecosistemas y su biodiversidad; Incrementar la superficie de Áreas Naturales Protegidas (ANP); establecer programas contra incendios forestales en las ANP; Propiciar la preservación de los ecosistemas del país, procurando mantener en los cauces los volúmenes que se requieren; Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas en coordinación con usuarios y autoridades.

Programa Nacional Hídrico 2007-2012

Entre sus objetivos tiene evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico, prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos, y atender sus efectos.

Las estrategias de adaptación que señala son: Promover y apoyar la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica en materia de medidas de



adaptación ante el cambio climático; Promover la reubicación de asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo; Implantar las acciones de restauración y preservación en las partes altas de las cuencas, a fin de reducir escurrimientos y posibles afectaciones; Apoyar a los gobiernos estatales en la instalación de sistemas de alerta ante fenómenos hidrometeorológicos; Mantener, conservar y ampliar la infraestructura hidráulica para la protección de centros de población y áreas productivas; Promover programas de ordenamiento ecológico territorial en regiones que se encuentren en riesgo por eventos hidrometeorológicos; Formular planes de prevención que permitan enfrentar en mejores condiciones los periodos de sequía y apoyar su implementación; Fomentar en la población una cultura de prevención y atención de emergencias que incluya información sobre las causas y efectos del cambio climático (DOF, 2007).

Programa de Energía y Medio Ambiente 2002-2003

Está integrado por SENER-SEMARNAT. Fue aprobado en 2002 y está fundamentado en el PND 2001-2006 y en el Programa Sectorial de Energía 2001-2006. Se vincula con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la SEMARNAT para el mismo periodo.

Contiene políticas interesantes, principalmente encaminadas a mitigar el cambio climático y llevar a cabo acciones en materia de agua y suelo, con énfasis en el manejo de residuos peligrosos y la protección a la biodiversidad.

Considera la gestión ambiental, la eficiencia energética y las energías renovables como temas particulares; al cambio climático y la lluvia ácida los considera como temas transversales. Plantea un diagnóstico (en dónde estamos), objetivos (hacia dónde vamos), y programas y proyectos (cómo vamos a lograrlo).

Los objetivos son: Minimizar el impacto ambiental del sector; Modificar el patrón de consumo de combustibles; Mejorar la calidad de los combustibles; Aumentar la generación de electricidad con energías renovables; Ahorrar y usar de manera eficiente la energía; Ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica; Impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico; Reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (SENER, 2003).

Las políticas que propone se encuentran en el rubro "Cómo vamos a lograrlo", dentro de las que destacan: Cumplir con la normatividad ambiental; Reducir descargas contaminantes; Incorporar tecnologías más limpias en las operaciones del sector; Identificar patrones de consumo y calidad de combustibles, energías renovables y ahorro de energía; Ampliar la cobertura, investigación y desarrollo para mitigar la emisión de gases efecto invernadero; Propiciar el uso de combustibles más limpios; Abastecer combustibles limpios con estándares internacionales de calidad; Impulsar la creación de un fondo para promover las energías renovables; Desarrollar programas para aprovechar las energías renovables; Impulsar programas y actividades para el ahorro de energía; Desarrollar un programa de electrificación rural; Promover la cooperación entre la iniciativa privada y el gobierno para la electrificación de comunidades marginadas; Fomentar la aplicación y el desarrollo de investigación ambiental; Impulsar la investigación aplicada en energías renovables; Impulsar la participación en mercados de emisiones de gases efecto invernadero; Mantener una presencia activa en las negociaciones.

Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas

Pese a su gran relevancia para la conservación de los humedales, esta política es aún insuficiente y requiere mayores esfuerzos en su definición: No es explícita sobre cambio climático; Retoma los ordenamientos ecológicos regionales, locales y marinos; No define estrategias para la gestión de riesgos; No tiene propuestas nuevas ni planteamientos específicos de instrumentos de política para aterrizar sus propuestas (SEMARNAT, 2006).

Programa sectorial SEDESOL (2007-2012)

Para disminuir la presión relacionada con el cambio de uso de suelo, que exacerba los impactos esperados del cambio climático, la política en este sector se encamina a: Disminuir las disparidades regionales a través del ordenamiento territorial e infraestructura social, que permita la integración de las regiones marginadas a los procesos de desarrollo y detone las potencialidades productivas; Frenar la expansión desordenada de las ciudades; dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano, y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional; Lograr que los municipios prioritarios lleven a cabo acciones de gestión integral de riesgos de desastre (SEDESOL, 2007).



Programa sectorial SAGARPA (2007-2012)

Señala que las áreas destinadas a las actividades agrícolas y pecuarias juegan un papel relevante en la lucha contra los efectos del cambio climático, pues permiten el desarrollo de capacidades físicas de adaptación ante el fenómeno, al preservar zonas de amortiguamiento de eventos climatológicos extremos y al aprovechar la capacidad de fijación de carbono.

Incluye explícitamente la atención y prevención ante el cambio climático, y acciones de adaptación a sus impactos: Revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar agua, suelo y biodiversidad; Promover el ordenamiento ecológico del territorio, y de los mares y costas; Desarrollar variedades mejoradas de cultivos; Mantener, mejorar e incrementar la riqueza de especies vegetales y animales; Poner en marcha el uso eficiente, la conservación y el almacenamiento de agua (SAGARPA, 2007).

También menciona que a fin de contrarrestar el deterioro de agua y suelos en el país, deben adoptarse prácticas de conservación, rehabilitación y mejoramiento de suelos; así, como fomentar el uso sustentable y racional del agua.

Programa sectorial SCT (2007-2012)

El programa sectorial señala que un objetivo de la política de cambio climático es la mitigación de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y considera implementar medidas para la reducción de emisiones de GEI provenientes de los vehículos del autotransporte y el transporte ferroviario (SCT, 2007).

También enmarca y contar con políticas que permitan desarrollar capacidades de respuesta ante los impactos previsibles del cambio climático y la prevención de accidentes en el sistema de autotransporte y ferroviario, así como de su infraestructura.

Programa sectorial SECTUR (2007-2012)

Señala que se deben promover acciones de adaptación y mitigación ante los efectos del cambio climático en los destinos turísticos, principalmente en las costas. También destaca que se debe aprovechar de manera sustentable el potencial de los recursos culturales y naturales, y su capacidad para transformarse en oferta turística productiva, creando servicios y destinos competitivos, dando opciones de desarrollo y bienestar para los

individuos de las comunidades receptoras urbanas, rurales y costeras, así como para las empresas sociales y privadas (SECTUR, 2007).

Programa sectorial SENER (2007-2012)

Tiene como objetivos mitigar el incremento en las emisiones de GEI, así como llevar a cabo acciones para la adaptación del sector energético al cambio climático y participar, coordinadamente con el resto de los integrantes de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, en la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático. Las principales líneas de acción que señala el Programa son: Identificar y analizar las repercusiones del cambio climático sobre la exploración, producción y distribución de energía; Elaborar estudios sobre el potencial para la producción y el aprovechamiento de energías renovables en las diversas regiones del país; Documentar y analizar los potenciales impactos del cambio en el clima, así como sus efectos en el desarrollo social y económico del país, relacionados con la producción, generación y consumo de energía; Desarrollar mecanismos de cooperación entre los diversos sectores que deberán participar o que son afectados por el incremento de los efectos del cambio climático; Diseñar y desarrollar capacidades de adaptación al cambio climático dentro del sector energético (SENER, 2007).

Programa sectorial SSA (2007-2012)

La política relacionada con la prevención de los impactos del cambio climático de esta secretaría se enfoca en fortalecer e integrar las acciones de promoción de la salud y prevención y control de enfermedades, y establecer acciones para la prevención y atención del dengue, paludismo y rabia (SS, 2007)

Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN)

Este fondo tiene su origen en la transición del sistema de protección civil (SINAPROC) que se pretendió en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, para que dejara de ser reactivo y se volviera preventivo (SEGOB, 2004).

De las disposiciones de la Ley General de Protección Civil se desprende que el Ejecutivo Federal deberá incluir en el Presupuesto de Egresos de la Federación una previsión para el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales, cuya coordinación estará a cargo de la Secretaría de Gobernación (DOF, 2012) .



Este Fondo tiene como objetivo y principal propósito proporcionar recursos a dependencias y entidades federales y federativas, que se destinen a la realización de acciones y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo de los fenómenos naturales sobre la vida y los bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente. Así es como se creó el acuerdo que establece las reglas del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN). Su existencia no sustituye la responsabilidad de los tres órdenes de gobierno para que en sus presupuestos prevean los recursos necesarios para tal fin.

Las nuevas reglas de 2006 mejoran su procedimiento, amplían el número de proyectos con posibilidad de ser presentados y permiten la existencia de proyectos en cartera para el uso de los recursos en caso de cancelación o desistimiento de un proyecto autorizado.

Entre las líneas de acción que identifica se encuentran: a) Mejorar la eficacia preventiva y operativa del SINAPROC; b) Mejorar el conocimiento científico de amenazas y riesgos; c) Promover la reducción de la vulnerabilidad física; d) Fomentar la corresponsabilidad, coordinación y comunicación de los tres ámbitos de gobierno, sector social, privado y la población en general; e) Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para reducir los riesgos; f) Implantar una política y cultura de la autoprotección. Sujetos de la cobertura: a) Dependencias o entidades federales; b) Entidades federativas.

Entidades federativas

Como ya se ha mencionado, la regulación de los humedales es federal, por lo que no existen leyes estatales en materia de humedales. En general, las entidades federativas mexicanas tienen legislación ambiental que pretende responder a sus necesidades y realidades, aunque en ocasiones han sido copiadas de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Según Jacinto Buenfil (2009) el Instituto Nacional de Ecología (INE) llevó a cabo una revisión detallada de las legislaciones de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz, por lo que se analizaron tanto las legislaciones ambientales como las no ambientales, ya que en estas últimas es donde podrían eventualmente encontrarse competencias para la construcción de políticas y la

elaboración y aplicación de una estrategia nacional de adaptación al cambio climático.

Las legislaciones ambientales estatales no son homogéneas. A pesar de que la LGEEPA es clara en cuanto a las facultades estatales no todas las entidades de la república se han dado a la tarea de regular todas sus competencias, facultades y obligaciones. Si bien los estados no tienen competencia directa en humedales, sí son, en buena medida, junto con los municipios, los principales responsables de su cuidado o deterioro (Buenfil, 2009).

Todos los programas locales que se hacen en el ámbito estatal son secundarios a los programas federales, a pesar de que los estados y municipios tienen disposiciones de medio ambiente y agua que podrían aplicarse a los humedales, deben ser más específicas, claras y bien delimitadas para que puedan tener una intervención más efectiva. Algunas de estas disposiciones son las que previenen y controlan la contaminación del agua, establecen la zonificación ambiental y de asentamientos humanos, así como la delimitación de áreas naturales protegidas estatales y municipales, también otro problema que tienen los programas locales es la falta de financiamiento (Levina et al, 2007).

En lo que respecta a la atención a los efectos relacionados con el cambio climático, específicamente desastres naturales, el SINAPROC es el sistema de políticas públicas encargado de la protección civil y la prevención de desastres. Su principal objetivo es proteger la vida de los mexicanos. Consiste en un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos sociales y privados, y con las autoridades de los estados y municipios, a fin de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la protección de los ciudadanos contra los peligros y riesgos que se presentan en la eventualidad de un desastre (SEGOB, 2004).

Todas las entidades federativas forman parte del SINAPROC, cuya composición está dada por la Unidad y los Consejos Estatales de Protección Civil. El primer organismo representa el cuerpo operativo y normativo, y el segundo es consultivo (con participación del sector privado, público, social y



académico). Hay 32 sistemas, uno por cada entidad federativa (SEGOB, 2004).

Autoridades municipales

Subsiste la carencia de competencia de los municipios en materia de humedales y, al igual que sucede con los estados, no todos los municipios cuentan con normatividad ambiental desarrollada. Algunos de los municipios sí cuentan con normatividad ambiental que, aunque no sea extensa, podría servir como parte del andamiaje jurídico que dé solución a algunos problemas locales.

Es imperativo mencionar que el nivel de desarrollo legislativo entre los municipios es heterogéneo, haciéndose aún más evidente entre los municipios de estados diferentes.

Existe un Sistema Municipal de Protección Civil que está compuesto por la Unidad y el Consejo Municipal de Protección Civil. La primera representa el cuerpo operativo y el segundo, el consultivo. Tiene participación del sector privado, público, social y académico. Actualmente, según la Coordinadora General de Protección Civil, sólo 80% de los 2 446 municipios del país tiene su propia Unidad de Protección Civil (SEGOB, 2012).

Según la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 115, los municipios tienen competencia directa y exclusiva en materia de uso de suelo, mediante la cual tienen el poder absoluto para decidir sobre el territorio de su municipio. La falta de obligaciones o repercusiones relacionadas con el uso de suelo conlleva a que los municipios hagan cambios sin demasiados trámites, ni requiriendo información relevante y fundamental para determinarlo.

En la práctica, los municipios tienen un papel fundamental en la administración de los recursos naturales, aunque, como ya se ha mencionado, en materia de humedales es nula. Es notorio que si se les diera algún tipo de competencia, la situación de los humedales podría mejorar significativamente.

Los municipios tienen competencia para utilizar y desarrollar una herramienta muy poco explotada: el ordenamiento ecológico territorial local. El uso de esta reglamentación de manera conjunta con los planes de desarrollo urbano, servirían para “blindar” jurídicamente el uso de suelo en sus municipios, y hacer que todos los niveles de autoridad se acogieran a ellos (Magaña et al, 2011).

El Cambio Climático y los manglares en el Sur de Tamaulipas

De acuerdo con McLeod y Salm (2006), los efectos del calentamiento global sobre los manglares están relacionados con los cambios de la temperatura promedio del aire y del océano, de las concentraciones de CO₂ atmosférico, de los regímenes de precipitación, huracanes y tormentas, el descongelamiento de la criósfera y el aumento del nivel del mar. La acción sinérgica de estas variables, sumada a las amenazas antropogénicas, altera la capacidad de resiliencia de los ecosistema de manglar. El estado de Tamaulipas no cuenta con planes preventivos o de emergencia para enfrentar la sequía, lo que la convierte en vulnerable. La sequía, además de provocar afectaciones a la agricultura impacta a la actividad ganadera. Por otro lado, las inundaciones se han vuelto un fenómeno recurrente en la zona de Tampico-Altamira. Las intensas lluvias en la desembocadura del río Pánuco derivan en severas inundaciones en la zona de Tampico. El desbordamiento de los ríos Pánuco y Tamesí en 2007 es un ejemplo de los daños que pueden dejar tormentas severas, que no necesariamente están asociadas a ciclones tropicales. (Buenfil, 2009).

Uno de los esfuerzos por planificar el crecimiento regional es el Plan de Desarrollo de Altamira y del Plan desarrollo de Tampico 2011- 2013 respectivamente del Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas (POET). Entre los objetivos de dichos planes se encuentran los siguientes aspectos con relación a la salud del sistema lagunar: Fomentar un menor ritmo de crecimiento demográfico; Regenerar el entorno próximo de la Laguna de El Chairel; Desalentar el crecimiento de la mancha urbana sobre las zonas de riesgo por inundación; Detener el deterioro ecológico; Ordenar el Área Metropolitana; Tener control sobre las solicitudes de usos del suelo y densidad de población; Delimitar las zonas de reserva ecológica; Hacer las gestiones necesarias para declarar la Laguna del Carpintero como Parque Urbano.

Cada una de estas acciones deberá implementarse inmediatamente, aunque no sea sencillo, pues reducen la vulnerabilidad regional. El Plan de Desarrollo de Ciudad Madero 2011-2013 (POET, 2011) reconoce la problemática ambiental ocasionada al sistema lagunar por las actividades industriales y por la expansión de la mancha urbana, y contempla acciones para mejorar la salud del humedal mediante: Constitución de un distrito



de control de la contaminación en el estuario en el Río Pánuco; Integración de la comisión de ecología en cada municipio conurbado, Programa de regeneración y establecimiento de áreas naturales; Programas de conservación de ecosistemas lagunares para preservar la riqueza de la flora y fauna, así como la delimitación de zonas de reserva ecológica y programas de protección de suelos, Programa de reforestación en la zona conurbada, Estudio de estabilización de dunas del cordón litoral Golfo de México, Programa de recolección, manejo, tratamiento y disposición final, aguas residuales en Área Metropolitana (IMEPLAN, 2010).

Sin embargo, es poco claro el efecto que tales propuestas han tenido o tendrán en el presente y futuro cuando la amenaza por cambio climático se incrementa. Un punto importante es la restauración y conservación del ecosistema como la clave para reducir riesgos de inundaciones, afectaciones a la salud o pérdida de servicios. Así, la conservación o restauración puede promoverse desde el ámbito de la Protección Civil y desde el sector ambiental. Cualquier acción de prevención paga en proporción de 6 a 1 ó de 10 a 1 con respecto a la respuesta a la emergencia. Es decir que por cada peso que se invierta en prevención se ahorrarán entre 6 a 10 pesos en daños (Magaña et al., 2011).

El Programa Estatal de Cambio Climático del estado de Tamaulipas debe seriamente considerar la creación de capacidades para contar con mejores datos y pronósticos hidrometeorológicos para la toma de decisiones en forma preventiva. El concepto de actuar preventivamente debe incorporarse de forma más contundente a la Ley Estatal de Protección Civil, pues en la actualidad se pone mayor énfasis en la respuesta a la emergencia. El sistema de alerta temprana también debe inducir una mayor resiliencia de la región (Magaña et al., 2011).

Situándonos en la región motivo de este análisis, con referencia a esta causa de deterioro ambiental de los ecosistemas de manglar, según lo ha expresado la administración municipal de Tampico, Tamaulipas a los medios de comunicación, existe la intención de remediar la problemática del rescate del humedal y área protegida La Vega Escondida ubicada en el sistema lagunario del Tamesí, con el apoyo del Banco Mundial, en esta acción ambiental fue incluida dicha laguna con tres zonas más del Golfo de México, donde se situarán los programas de “revertimiento” de los efectos del cambio climático (El Sol de Tampico, 2012).

Conclusiones

Primera: Se debe pensar en la posibilidad de plantear reformas al marco jurídico, reconociendo que el cambio climático es un asunto de plazos cortos y largos, y que en varios campos de política pública no podrá ser resuelto exclusivamente con decisiones nacionales.

Segunda: Falta precisar en el marco legal y los reglamentos correspondientes el sentido de adaptación y mitigación; no bastan los diagnósticos científicos, es preciso concretar el conocimiento en instrumentos jurídicos, programáticos y presupuestales (Velázquez, 2005).

Tercera: La normatividad existente sólo se limita a la protección de los humedales que, aunque importante, no es suficiente, porque de cualquier manera se siguen perdiendo. La afectación en los humedales costeros del Golfo de México se da por una combinación de factores. Los gobiernos municipales han tolerado y fomentado el crecimiento de la población hacia zonas riesgosas. Se ha visto que hacen caso omiso de la situación de riesgo y de los daños que ésta ha sufrido en recientes épocas. La adopción de patrones de crecimiento urbano adecuado es uno de los factores clave para que la población se adapte al cambio climático.

Cuarta: El papel de las políticas federales debe ser el de proveer el marco regulatorio y las guías generales para su aplicación. Los estados y municipios deben comprometerse para lograr la conservación de los humedales e implementar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático. La coordinación de actividades entre distintos actores es fundamental: el sector agua como recurso, el turismo, la extracción de petróleo y el sector comunicaciones y transportes, entre otros.

Quinta: Es claro que el papel de una cuenca sana en la boca del Río Pánuco y en los humedales en la zona cercana a los centros urbanos debe ser un asunto prioritario en la planificación del crecimiento. En ese sentido, las acciones expresadas en el Plan de Reordenamiento Territorial de Tampico y Altamira deben implementarse a la brevedad pensando en que se trata de un problema de Protección Civil. Desde esa óptica existe la posibilidad de acceder a recurso del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) para financiar algunas de las acciones sugeridas en el Plan.



Fuentes de Consulta

1. Buenfil, j. (2009), Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México, Tomo I, Edit. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología. México.
2. CICC (2006). Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, México.
3. CICC (2007). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. México. Consultado el 20 de septiembre de 2012 de http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx
4. CICC (2007). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. SEMARNAT. México.
5. Diario Oficial de la Federación (2012). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 5 de febrero de 1917. Reformas del 9 de agosto de 2012. (2012).
6. Ley de Aguas Nacionales. 1 de diciembre de 1992. Últimas reformas 8 de junio de 2012 (2012).
7. Ley General de Cambio Climático. 6 de junio de 2012. .
8. (2012). Ley General de Desarrollo Forestal sustentable. 25 de febrero de 2003. Últimas reformas 4 de junio de 2012 (2012).
9. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. 28 de enero de 1988. Últimas reformas 4 de junio de 2012.
10. (2012). Ley General de Protección Civil. 6 de junio de 2012.
11. (2012). Ley Organica de la Administración Pública Federal. 29 de diciembre de 1976. Últimas reformas 14 de junio de 2012.
12. (2003). NOM-022-SEMARNAT-2003. Especificaciones para la preservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. 10 de abril de 2003
13. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. 31 de mayo de 2007. Consultado el 18 de septiembre de 2012 de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/compila/pnd.htm>.
14. (2009). Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. 28 de agosto de 2009. Consultado el 17 de septiembre de 2012 de http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documentos/PECC_DOE.pdf.
15. (2007). Programa Nacional Hídrico 2007-2012. 30 de diciembre de 2008. Consultado el 17 de septiembre de 2012 de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5076410&fecha=30/12/2008.
16. (2008). Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012. 21 de enero de 2008. Consultado el 16 de septiembre de 2012 de <http://www.semarnat.gob.mx/programas/psmarn/Documentos/PSMAyRN%2021%20enero%202008.pdf>.
17. El Sol de Tampico (2012, 21 de febrero). El deterioro ambiental de los ecosistemas de manglar. Consultado el 23 de septiembre de 2012 de www.elsoldetampico.com.mx.
18. Instituto Metropolitano de Planeación del Sur de Tamaulipas (IMEPLAN), (2010). Documento Institucional, recuperado el 15 de junio del 2012, de <http://www.imeplansurdetamaulipas.gob.mx/Documento%20Institucion>.
19. Levina, E., J. Jacob, L.E. Ramos e I. Ortiz.(2007). Marco de políticas de adaptación al cambio climático en zonas costeras: caso Golfo de México. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
20. Magaña, V. y otros (2011), Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Humedales del Golfo de México (Versión Preliminar), Editores Víctor Magaña, Leticia Gómez, Carolina Neri, Rosalba Landa, Cuauhtémoc León y Brenda Ávila, México.
21. McLeod, E. and Salm, R., (2006). Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. The world Conservation Union. Gland, Suiza.
22. Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas (2011). Plan Municipal de Desarrollo de 2011-2013 del Municipio de Altamira, Tamaulipas. 31 de marzo de 2011.
23. (2011). Municipal de Desarrollo de 2011-2013 del Municipio de Ciudad Madero, Tamaulipas. 31 de marzo de 2011.
24. (2011). Municipal de Desarrollo de 2011-2013 del Municipio de Tampico, Tamaulipas. 31 de marzo de 2011.
25. SAGARPA (2007). Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería,



- Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 8 de septiembre de 2012 de <http://www.sagarpa.gob.mx/transparencia/pot2008/XV-inf/Programa-Sectorial2007-2012.pdf>.
26. SCT (2007). Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2007-2012. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Consultado el 10 de septiembre de 2012 de http://www.sct.gob.mx/uploads/media/SCT_PS_2007-2012.pdf.
27. SEDESOL (2007). Programa Sectorial de Desarrollo Social 2007-2012. Secretaría de Desarrollo Social. Consultado el 18 de septiembre de 2012 de http://www.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/documentos_pdf/Prog_Sectorial_WEB.pdf.
28. SEGOB (2001). Programa Nacional de Protección Civil 2001-2006, Secretaría de Gobernación. Consultado el 17 de septiembre de 2012 de http://www.proteccioncivil.gob.mx/upLoad/Publicaciones/Programa_Nac.pdf.
29. SEGOB (2004). Libro Blanco del fondo para Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN). Coordinación General de Protección Civil. Dirección General del Fondo para Prevención de Desastres Naturales Gestión 2004-2006. Secretaría de Gobernación. Consultado el 12 de septiembre de 2012 de http://www.gobernacion.gob.mx/archnov/lb_fopreden05.pdf.
30. SEGOB (2005). Evaluación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), en el ejercicio 2004. Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano, Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-México), Secretaría de Gobernación, México.
31. SEGOB (2006). Reglas del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales. Secretaría de Gobernación. México.
32. SEGOB (2012). Sistema Nacional de Protección Civil México (SINAPROC). Secretaría de Gobernación. Consultado el 13 de septiembre de 2012 de http://proteccioncivil.gob.mx/en/ProteccionCivil/Conce_el_SINAPROC.
33. SEMARNAT (2006). Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas: Estrategias y alcances. Dirección General de Política Ambiental e Integración Regional y sectorial. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado el 2 de septiembre de 2012. http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20tuxpan/oceanos_2sesionoe_tuxpan.pdf.
34. SENER (2003). Programa Energía y Medio Ambiente hacia el Desarrollo Sustentable. Sener-Semarnat 2002. *México*.
35. SENER (2007). Programa Sectorial de Energía 2007-2012. Consultado el 10 de septiembre de 2012 de http://www.sener.gob.mx/portal/programa_sectorial_de_energia_2007-2012.html.
36. Velázquez, R.D. (2005). Diagnóstico del marco jurídico y reglamentario. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Global del Ambiente.
- Anexos: Temas propuestos para objeto de investigación en contexto del cambio climático.
- A) Vulnerabilidad de las Zonas Costeras;
 - B) Ordenamiento Territorial y
 - C) Biodiversidad.



Propuesta de techo alternativo para vivienda en el Istmo de Tehuantepec, ante el cambio climático.

Nereyda Morgan Torres.

Resumen

El Istmo de Tehuantepec, zona costa al Sureste de México, próximo a la franja ecuatorial, donde la incidencia de la radiación solar es más intensa que en el resto del planeta, origen de diferentes zonas climáticas cálidas en las que incluso al interior de la vivienda construida de manera convencional en el medio urbano, el usuario no logra protegerse lo suficiente del excesivo calor por el comportamiento termofísico de los materiales, lo que atenta en su salud y afecta el desarrollo de sus actividades; quienes optan por el uso de mecanismos de ventilación o enfriamiento artificiales como medio para mitigar esos efectos, pero que ven reflejado en su economía un gasto constante provocando la inestabilidad de la economía familiar en particular y sumado al consumo energético en aumento permanentemente en lo general.

Ante la situación anterior se evaluó experimentalmente un sistema de techo no convencional, como sistema pasivo para vivienda en clima cálido, con la intención de reducir el paso del calor radiante al interior de la vivienda, procurando la mejora térmica para el habitante y previendo los consumos energéticos cada vez más altos ante el cambio climático global, para lo cual se recurrió a la climatología dinámica para evaluar el comportamiento térmico del sistema de techo aplicado. Los resultados son alentadores y se sugiere su utilización en la construcción de vivienda.

Introducción

Salina Cruz, es una Ciudad y Puerto a orillas del Océano Pacífico dentro del Istmo de Tehuantepec; se caracteriza por ser de clima caluroso casi en todo el año, con presencia de lluvias en verano y vientos en otoño e invierno; en su mayoría existe la presencia de cerros, escasa vegetación y afectaciones por masas de aire caliente provenientes del vapor y brisa marina. (Figura 1)



Figura 1: Vista del Puerto Marítimo de Salina Cruz.

Basándonos en los estudios realizados por el Dr. David Morillón Gálvez en 2003 representado en los Mapas de Bioclima para México, y según los datos proporcionados por el Sistema Meteorológico Nacional, se corrobora que la zona del Istmo de Tehuantepec, y en específico Salina Cruz, es un lugar en el que el clima es bastante caluroso, alcanzando máximas extremas de 41.30 °C, y máximas promedios 33.20 °C, que de acuerdo a la gráfica Bioclimática de Olgyay, quien explica que la zona de confort oscila entre los **21°C y los 27°C de Temperatura** y la **Humedad Relativa entre 20% y 75%**, el perímetro superior puede elevarse proporcionalmente, pero **sin pasar los 29.4 °C¹**, por lo que las condiciones climáticas son desfavorables durante gran parte del año debido a que las temperaturas son elevadas, respecto a las recomendadas por Olgyay. (Figura 2)

¹ OLGAY, V. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.* GG



no de los objetivos de la vivienda es proporcionar resguardo y protección a su usuario ante las inclemencias del clima, pero en condiciones como éstas y debido a las características termofísicas de los materiales de construcción comúnmente utilizados, este objetivo no se logra. La vivienda está expuesta directamente a las condiciones climáticas del entorno, y en cierta medida, llega a absorber y transmitir éstas, al interior de la vivienda, siendo el techo, el elemento que se encuentra más expuesto y que mayor aportación calorífica aporta al interior a la vivienda.

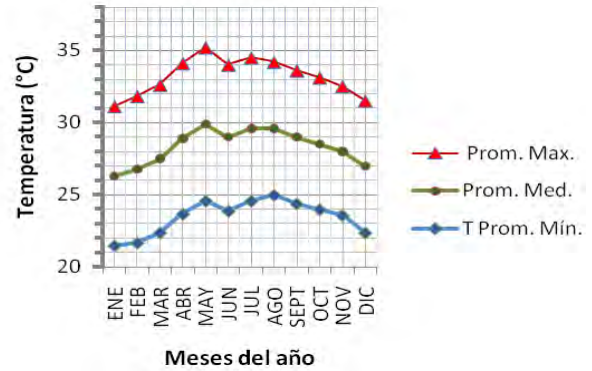


Figura 2: Normales Climatológicas de Salina Cruz, Oaxaca. Fuente: Sistema Meteorológico Nacional.

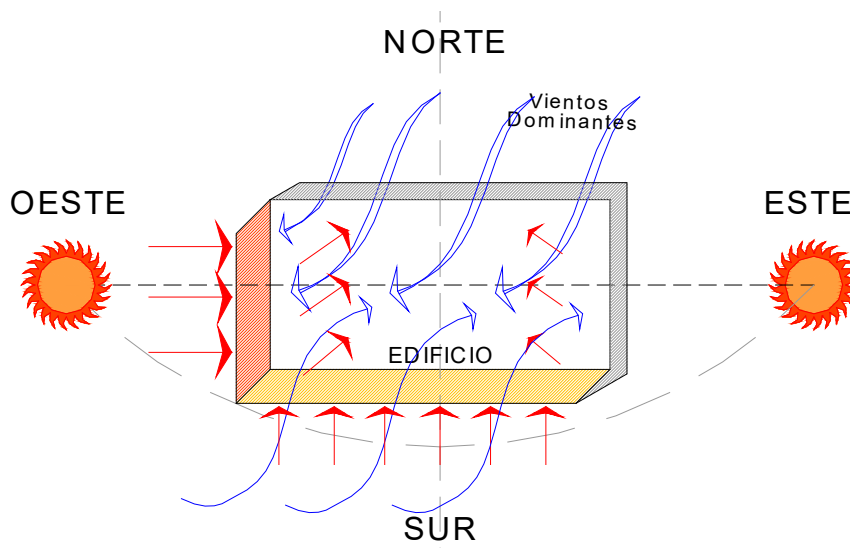


Figura 3: Distribución Óptima de un edificio.

En Salina Cruz, como en la gran mayoría de nuestro país en los últimos años se ha optado por el uso indiscriminado del Techo de Concreto Armado, que si bien es cierto que se le ha demostrado su eficacia respecto a su capacidad de carga y durabilidad, no es el mejor en cuanto a su resistencia a la transmisión de calor al interior de la vivienda.

Estrategias de diseño.

La naturaleza nos provee de manera gratuita de condiciones y factores de las que podemos aprovechar en nuestro favor; mediante el uso de las

condiciones más favorables y la mitigación de los que son perjudiciales.

Por ejemplo, se sabe que una de las mejores distribuciones de algún edificio, es el que está distribuida de forma rectangular a lo largo de su eje Este – Oeste, evitando una menor área posible en las fachadas expuestas a la radiación solar directa (sobre todo al atardecer) y procurando la captación de ráfagas de aire provenientes del Norte y Sur a lo largo de la vivienda, lo que permitirá una mejor circulación de aire. (Figura 3) Desde luego que en muchas ocasiones, el terreno en el que se



construirá el edificio, influye mucho en la distribución y forma que éste tendrá, y en ocasiones obliga a que la distribución que se elija no sea la más favorable, aún así, existen otras estrategias que pueden ser utilizadas, como lo es procurar jardines

o árboles que sirvan de barrera hacia la radiación solar directa proveniente del Oeste y proporcionen sombra; el control y distribución de aberturas en el edificio, para el acceso de aire fresco o para como salida de aire caliente hacia el exterior. (Figura 4)

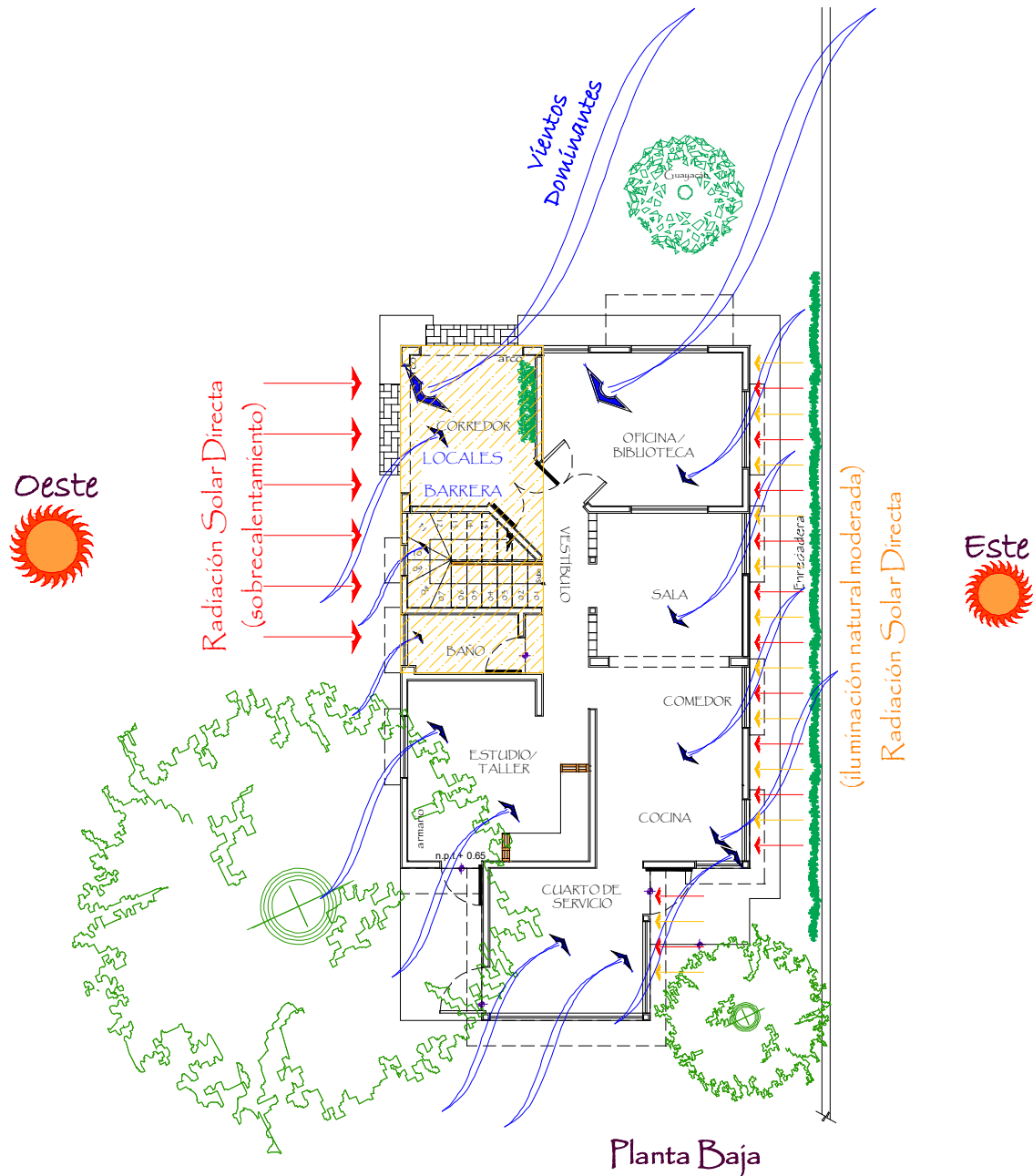


Figura 4: Adaptación del Objeto Arquitectónico a su Entorno (en Planta).

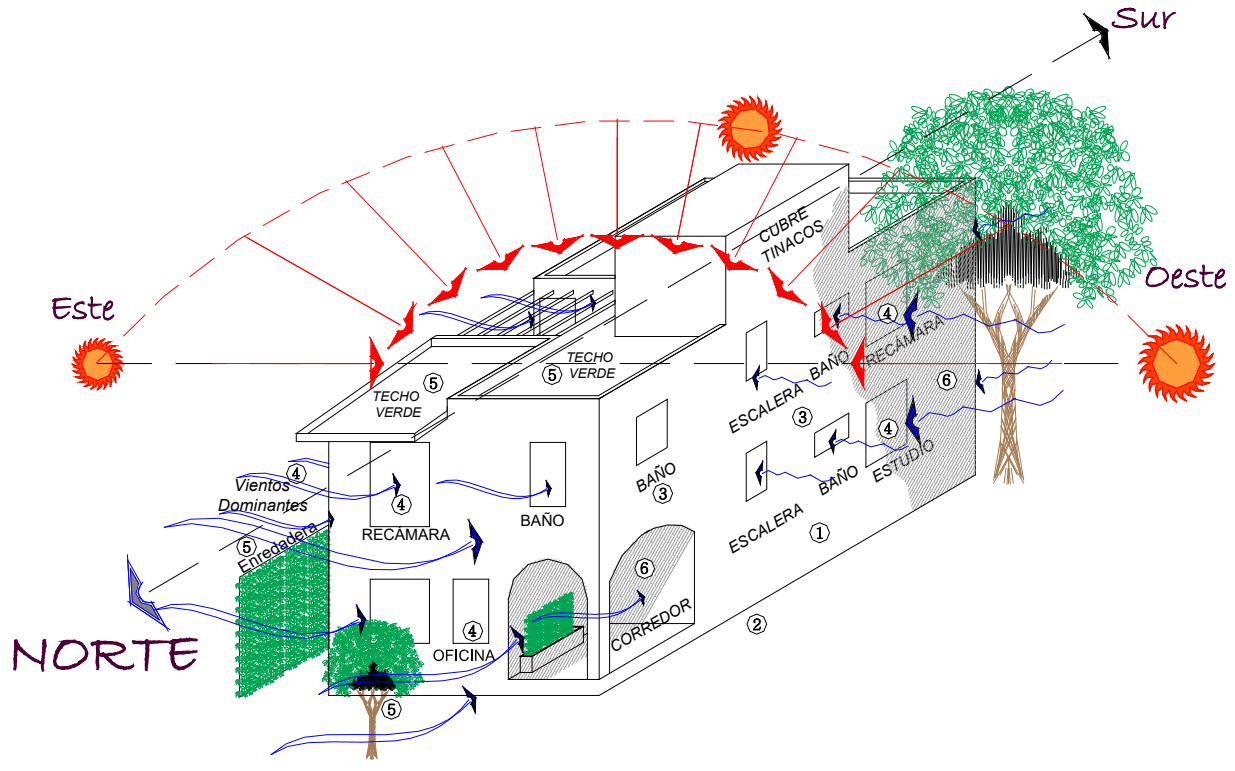


Figura 5A: Adaptación del Objeto Arquitectónico a su Entorno (isométrico).

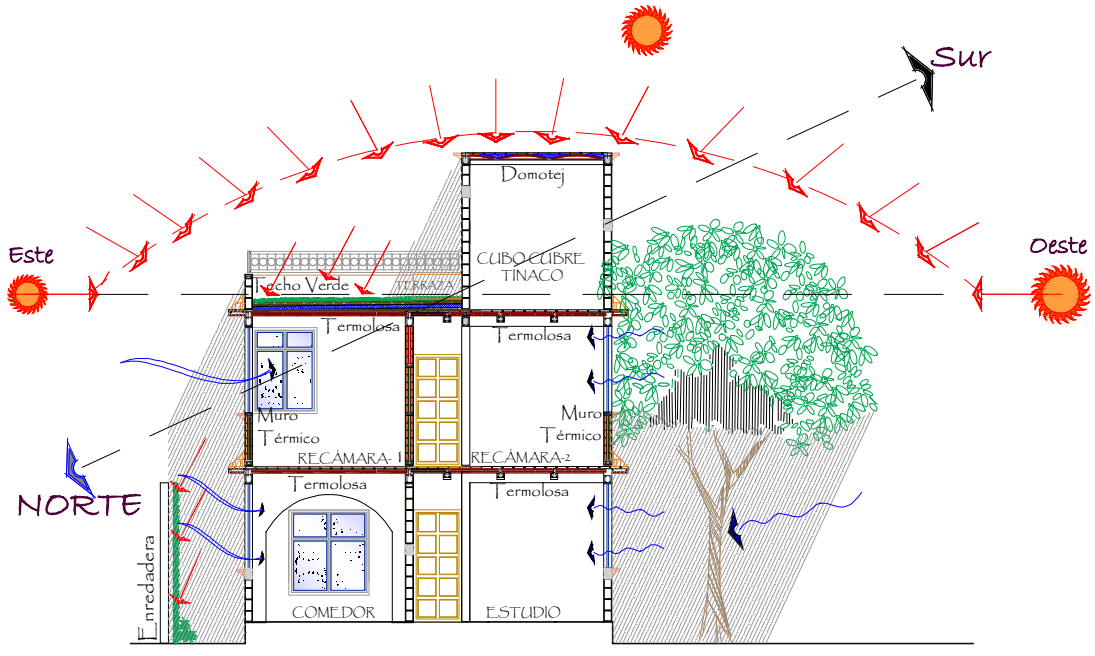


Figura 5B: Implementación de Tecnologías (Corte Esquemático).

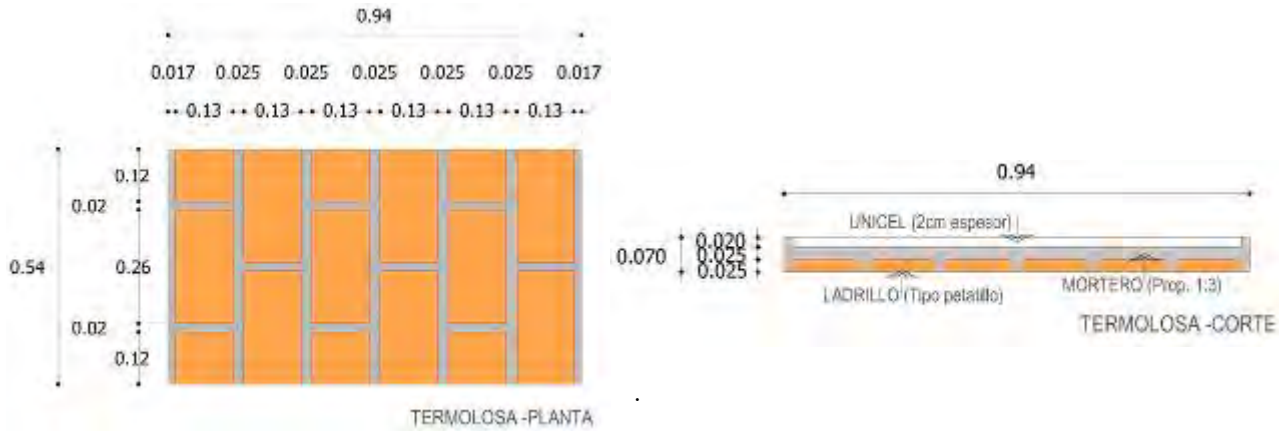


Figura 6:
Termolosa (Planta y Corte)

En el caso particular del presente proyecto, la disposición del terreno obligó a que el edificio tuviera una distribución rectangular en su eje Norte – Sur, que es una de las más desfavorables, pero que se mejoró mediante la conservación de árboles que proporcionan sombras agradables al Oeste o la ubicación de locales barreras (baños, escaleras, corredores), así como el uso de una enredadera sobre una barda colindante que provocaba irradiación reflejada sobre la vivienda, la disposición de ventanas hacia para el paso de luz solar y la captación de ráfagas de aire agradable, principalmente las que fueron orientadas hacia el Norte y Sur.

De manera adicional en el proyecto se incluye una revisión de incidencia solar (Gráficas Solares) para corroborar el dimensionamiento adecuados de aberturas y volados en ventanas, así como un sistema de tratamiento de aguas residuales (Rotoplas), para la disminución de contaminación al ambiente. (Figura 5A y 5B)

El techo es el elemento que está más expuesto y que aporta más calor al interior de la vivienda, es por ello que se ha optado por proponer otro tipo de techo que permita una mayor resistencia al paso de calor al interior de la vivienda. Existen una gran variedad de tecnologías no convencionales de autoconstrucción que se han investigado y desarrollado en diferentes partes del mundo; en América Latina también se ha implementado el uso de éstas con resultados favorables, la lista de es larga, en este caso, se analizó y propuso el uso de la Termolosa, ya que en otras regiones con climas muy similares al de Salina Cruz, mostraron resultados favorables.

Es una de las tecnologías desarrollada por Gabriel Castañeda Nolasco del Cuerpo Académico de Cocovi (2008), en el que la cualidad principal de este sistema de techo, es la reducción del paso del calor al interior de la vivienda. Consiste en piezas prefabricadas, moduladas en base a las medidas de los ladrillos a usarse, soportadas por vigas reticulares, y cubiertas por una capa de compresión a base de concreto y malla de acero. Los materiales utilizados para la fabricación de las piezas de termolosa se encuentran en esta región y son accesibles, lo que permite que sea factible. (Figura 6)

Se requiere de apoyos sobre los que las piezas han de colocarse, podrán ser del material que exista en la región y sean más funcionales a las necesidades del proyecto. En este caso se emplearán vigas o mejor dicho cadenas a base de concreto reforzado con varillas de 3/8" y estribos, éstas a su vez estarán ancladas a las cadenas de cerramiento que se localizan de manera perimetral sobre los muros. (Figura 7)

Ya fraguadas las piezas y teniendo las cadenas o vigas reticulares que servirán de apoyo, se colocarán las piezas, ya sea manualmente o con la ayuda de mecanismos como los que son a base de poleas. Una vez colocadas todas las piezas, se colocan sobre ellas, la malla electro soldada del calibre adecuado según el uso de la losa si servirá como losa de entepiso o de azotea; una vez colocada la malla se colocará la capa de compresión de 4 cms de espesor con concreto de $F'c= 200 \text{ kg/cm}^2$



Procedimiento constructivo.

Una vez definido el diseño y dimensiones de la pieza, se fabricaron las piezas de en serie. Las piezas de ladrillo tipo petatillo se colocan y encima de éstos se agrega una capa de mortero junto con alguna malla delgada de acero, y sobre esto se coloca unicel (servirá de aislante térmico); se deja fraguar. (Figura 8)

El proyecto se construyó en su primera etapa, dándole seguimiento al procedimiento constructivo, desde la Cimentación, Estructuras, Albañilería, Instalaciones, Acabados, Jardinería, hasta su uso. (Figura 9)

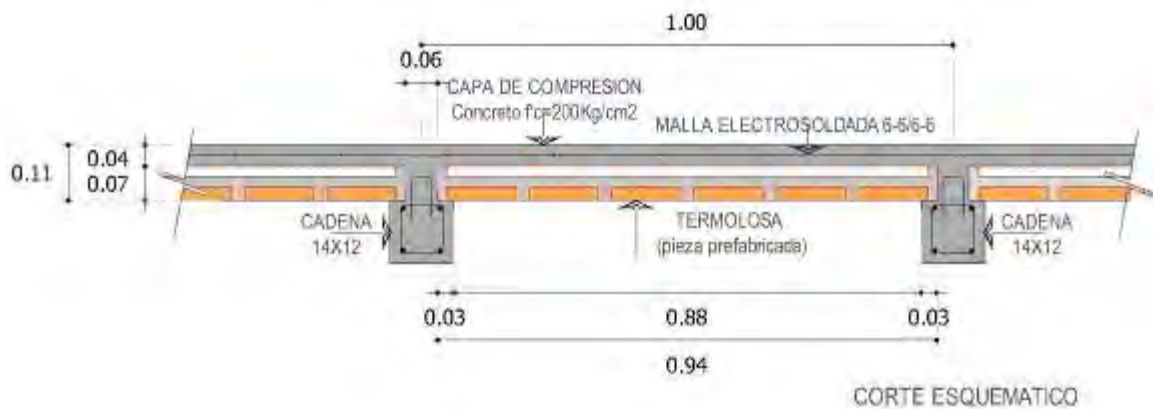
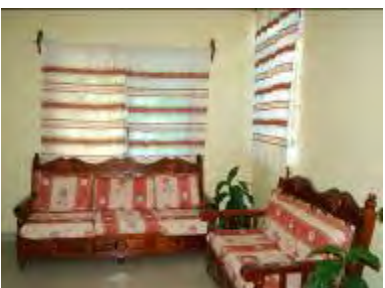
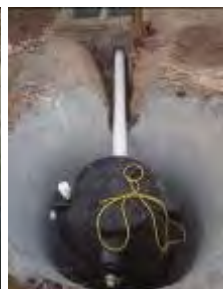


Figura 7: Corte esquemático del techo con termolosa.



Figura 8: Procedimiento Constructivo de Termolosa.





Figuras 9: Procedimiento Constructivo de la Vivienda.

Evaluaciones al proyecto

Para reconocer los beneficios y eficacia de la implementación de la Termolosa con respecto al sistema tradicional (Techo de Concreto Armado) se realizaron 3 tipos de evaluaciones: Mediciones Térmicas, Capacidad de Carga y Análisis de Precios Unitarios.

-Mediciones Térmicas.

Las mediciones se llevaron a cabo durante la última semana del mes de mayo del 2010, con los equipos de medición de la familia HOBBO 8 para interiores y exteriores. (Figura 10) El techo con termolosa mostró un comportamiento más estable con respecto a la temperatura del aire exterior, los momentos más favorables en los que la temperatura fue inferior durante 5 hrs (de 9:00 a 14:00hrs); en los momentos más críticos hubo una diferencia de 1.37°C.

Con respecto al sistema tradicional (Concreto Amado) se obtuvo una diferencia significativa de **6.12 °C menos** y siempre registro temperaturas inferiores, a excepción de las 9.00 hrs, donde

coincidieron sin poder el sistema tradicional ser mejor que el sistema de termolosa. (Figura 11)

Capacidad de Carga.

Se elaboraron probetas de 40 x 20 cms y se llevó a un Laboratorio de Prueba de Materiales de Construcción particular, para que se le realizara la prueba de compresión, y a los 28 días de edad se obtuvo una Resistencia de $F'c = 146.875 \text{ Kg/cm}^2$, que es superior a lo que se requiere según la norma **MX-C-406-1997-ONNCCE**, respecto a las cargas mínimas sobre losas de compresión para uso habitacional, la losa de compresión deberá soportar una carga concentrada de 100 Kg al centro del claro entre dos elementos portantes (viguetas). (Figura 12) Para saber el comportamiento de la pieza respecto al esfuerzo a Flexo-Compresión, se construyó un módulo de 0.94 x 1.10 m sobre apoyos a los extremos (3cms) y se fue colocando gradualmente sacos llenos de arena como carga sobre la pieza, hasta que fue posible, ya que llegó un momento en que resultó difícil seguir colocando más sacos sobre éste, llegando a soportar 2,000 Kgs sin que mostrara deformación y mucho menos ruptura.

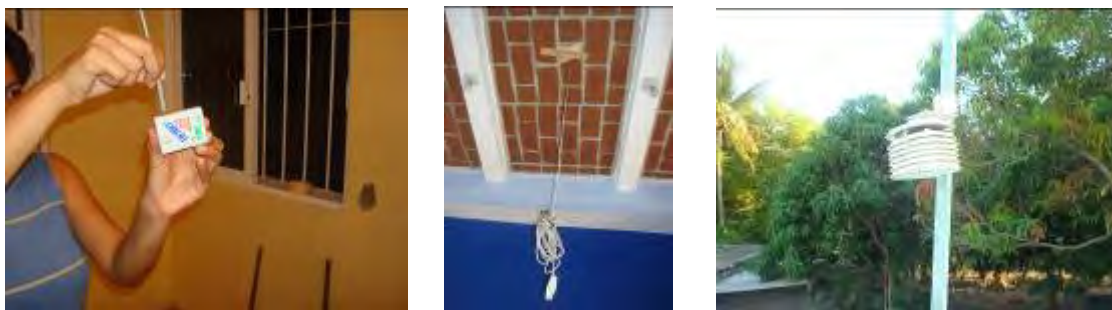


Figura 10: Utilización de Equipos de Medición.

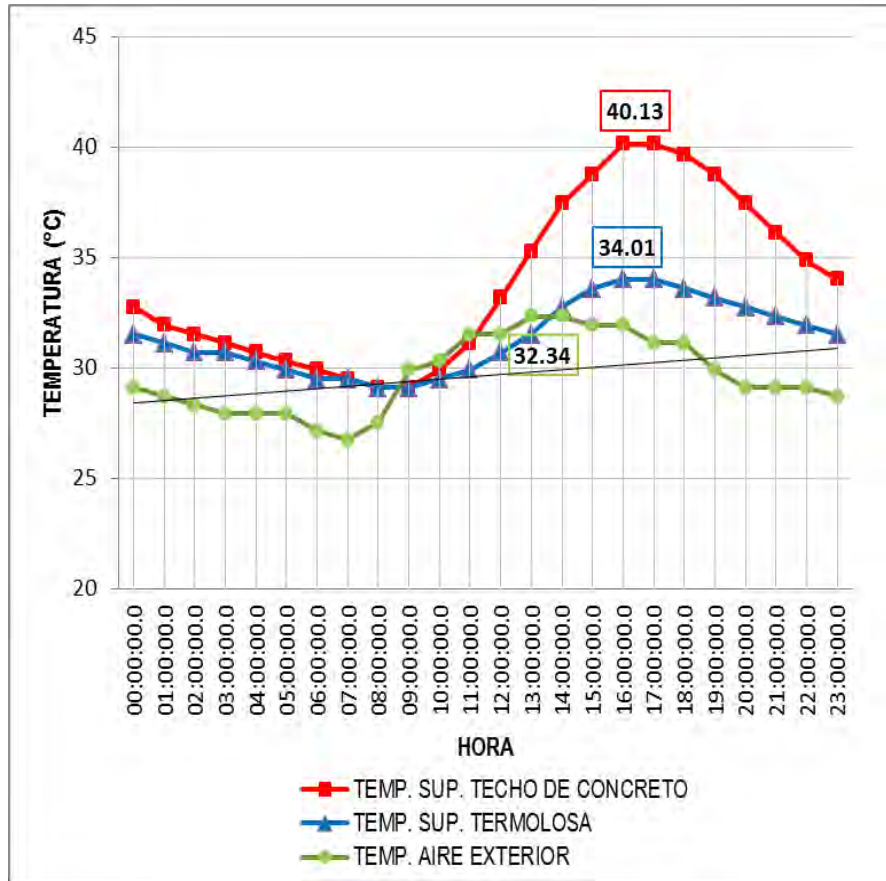


Figura 11: Gráfica Comparativa de las mediciones térmicas registradas de Termolosa y Techo de Concreto Armado.



Figura 12: Prueba para la Capacidad de Carga.



- Precios Unitarios:

Se realizaron Análisis de Precios Unitarios, con precios de Junio de 2012, y se obtuvo lo siguiente:

	Techo de Concreto Armado	Termolosa
	\$ 552.11	\$ 411.16
Diferencia a favor:		\$ 140.95

Conclusiones

La Región del Istmo de Tehuantepec la mayor parte del año es caluroso, por lo que lograr una vivienda proteja a su usuario del excesivo calor que caracteriza el clima local, es imperioso.

Replanteando el sistema de techo tradicional (losa de concreto) se corroboró que aun cuando es eficiente respecto a su capacidad de carga, resulta deficiente al proteger a su usuario del calor excesivo del ambiente exterior.

El Sistema de Techo Termolosa fue adaptado al proyecto, y al ser sometido a evaluaciones demostró su eficiencia al disminuir el paso de calor al interior de la vivienda, con condiciones más estables, en las que el uso de aparatos de enfriamiento (cuando se requiera) sea menor, logrando una disminución en el consumo de energía además de cumplir con los requerimiento de seguridad y capacidad de carga necesarios.

Con estos datos se demuestra que el techo con Termolosa resultò efectivo al disminuir el paso de calor al interior de la vivienda con respecto al sistema tradicional, además de cumplir con los requisitos para su seguridad estructural.

Fuentes de consulta

1. CASTAÑEDA, Nolasco Gabriel (2008). Adaptación tecnológica para techo de habitación social. Caso de estudio en Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México. Tesis Doctoral. Programa de Post- Graduado. Centro de Recursos Hídricos y Ecología Aplicada

CRHEA. Escuela de Ingeniería de San Carlos EESC. Universidad de San Pablo. USP, San Carlos.

2. CASTAÑEDA Nolasco, G. y Vecchia, F. (2007). *Sistema de Techo Alternativo para Vivienda Progresiva En Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México*. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 11-2, pp. 21-30, ISSN: 1665-529X
3. OLGAYAY, V. *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. GG
4. SUÁREZ, S. *Costo y Tiempo en Edificación*. México 2004. Limusa

Temas de interés

- Estrategias Bioclimáticas.
- Zona de Confort Térmico.



Alternativa de generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos

Francisco Javier Olea-León, JahirMojica-Hernández, y Alejandra Castro-González,¹

Departamento de Sistemas Energéticos, Posgrado de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería, UNAM

¹alcastro@unam.mx

Resumen

Este trabajo consistió en una evaluación de factibilidad técnica, ambiental, social y financiera de una planta de biogás a partir de residuos sólidos urbanos en Veracruz; para producir: Fertilizante orgánico y gas metano comprimido para uso vehicular. La materia prima para este sistema es la fracción orgánica de los residuos.

En la región de estudio cada persona genera 0.8 kg/día, compuesta principalmente por desechos de comida. En el Puerto de Veracruz existe un problema agudo de residuos pues se estima que se producen 600 ton/día, equivalentes a 1 kg/hab·día, las cuales llegan a sitios no controlados de disposición, generando grandes problemas ambientales. Existen 7 mercados y generan una cantidad de 150 ton/día, que tratados en la planta de biogás se generarán 8,100 Nm³/día. El biogás puede generar una potencia eléctrica de 1,072 kW y un resto para abastecer 125 vehículos. Adicionalmente se generarán 18.17 ton/día de fertilizante orgánico. La inversión fija es de \$66,101,120.58, inversión en activo diferido de \$5,865,063.83 y el capital de trabajo de \$5,000,000.00. Con un horizonte de planeación de 10 años, los ingresos ascenderán a \$48,000,000.00. La utilidad bruta para los últimos 6 años sobrepasaría el 50%. La Tasa Interna de Retorno es de 33% con una recuperación de la inversión entre 5 y 6 años. La estructura de financiamiento genera un Costo Promedio Ponderado de Capital de 15.5%, Valor Presente Neto de \$14,419,440.00 y un beneficio-costo de 1.53. Los beneficios sociales y ambientales: 45 empleos directos, reducciones de contaminación de mantos acuíferos, plagas y otros vectores infecciosos, aumento de la tasa de reciclaje y la reducción de 25,110.10 toneladas equivalentes de CO₂ por año.

Introducción

Según el IPCC los países en vías de desarrollo emiten el 59% del total de gases de efecto invernadero (CICC, 2007) y México se ubica en 13° lugar a nivel mundial. De los 643 millones de toneladas de CO₂e que genera el país, el 24% proviene de la generación de energía, el 18% del transporte y el 10% se genera por la descomposición de los desechos orgánicos. La falta de manejo integral de estos últimos genera, además, los siguientes problemas: Contaminación de aguas superficiales y subterráneas, dificultad para el reciclaje de materiales inorgánicos, proliferación de plagas y contagio de enfermedades, daños a la infraestructura, mala imagen y diversos problemas socio-económicos.

Se ha corroborado mediante recuentos anecdóticos que ya en el siglo XVI, el gas que se desprendía de la degradación natural de los residuos servía como combustible de cocina en la antigua Persia. Pero fue hasta 1859 en una comunidad de Bombay, en la India, que se construyó la primera planta de tratamiento cuya función era provocar la descomposición acelerada de los residuos para generar biogás. Para denominar a esta tecnología, con el paso del tiempo se acuñó el término de degradación anaerobia (Lettinga y Van Haandel, 1992).

Hoy en día, el tratamiento anaerobio es uno de los procesos más utilizados en el aprovechamiento de los residuos orgánicos de hogares, granjas, industrias y municipios; además de ser un proceso vital en el tratamiento de aguas residuales. En la Unión Europea existen sistemas que han estado en operación por más de 20 años y tan sólo en



Alemania se construyeron más de 250 estaciones en los 5 últimos años.

La simple quema de metano, uno de los principales componentes del biogás, es considerada un Mecanismo de Desarrollo Limpio (estructura derivada del protocolo de Kioto para que algunas iniciativas de los países en desarrollo puedan acceder a financiamiento por países desarrollados y a su vez éstos últimos puedan cumplir con sus metas de reducción de emisiones) debido a que cada molécula del mismo, contribuye 21 veces más que el producto de su oxidación (el CO₂) al efecto invernadero. Es por esto que existen grandes oportunidades para que los países en desarrollo, donde la composición de los residuos es mayormente orgánica, apliquen esta tecnología.

En México, cada día se generan más de 100 mil toneladas de residuos sólidos urbanos, de los que aproximadamente 51 mil son orgánicos. El 67% llega a sitios controlados, sólo el 58% a rellenos sanitarios que cumplan con normatividad y el resto es dispuesto en tiraderos a cielo abierto, barrancas, cuevas, lotes baldíos o fuentes de agua como los ríos y los lagos. El porcentaje que recibe tratamiento, ni siquiera es relevante a nivel nacional. La mayoría de los rellenos sanitarios certificados han rebasado ya su vida útil, lo que exige que se generen alternativas tecnológicas, económicamente viables en el corto plazo, que ayuden a los municipios a brindar el servicio al que están obligados. (Rementería, 2008)

Según la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz existen 32 rellenos sanitarios en operación y 7 en construcción, sin embargo, en el Puerto de Veracruz no existe un lugar de disposición adecuado. El porcentaje de la población que cuenta con el servicio tan sólo representa el 29% del total en el estado, es decir, de las 5,327 ton/día que se generan únicamente 1,932 ton/día llegan a vertederos autorizados. Estos datos reflejan una situación más crítica que el promedio nacional por lo que resultó interesante estudiar más a fondo la aplicación del tratamiento anaerobio con el objeto de reducir la cantidad de residuos, que de no aprovecharse, formarían parte de las 600 ton/día que deben enterrarse en la zona.

Evaluar un proyecto es conocer la conveniencia, de tal forma que asegure que habrá de resolver una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable, con el fin de conseguir que se asignen en forma racional los recursos necesarios para llevarlo a cabo. En términos generales, cinco son los estudios que deben realizarse para evaluar un proyecto: Viabilidad comercial, técnica, legal, organizacional y financiera. El nivel de estudio de pre-factibilidad se basa principalmente en información de fuentes secundarias para definir con cierta aproximación las variables de mercado, técnicas de producción y prestaciones para un inversionista, es decir, se estimar las inversiones probables, los costos de operación y los ingresos que generará el proyecto (Sapag y Sapag, 1991).

Este trabajo contempla la ingeniería básica para el diseño de un sistema de tratamiento anaerobio para los residuos de los mercados principales de la región del Puerto de Veracruz y una evaluación de pre-factibilidad de la propuesta, con la finalidad de demostrar que es posible aplicar tecnología en la resolución de uno de los mayores problemas del país y verificar que la implementación del proyecto resultante, es viable desde el punto de vista técnico, financiero, social, ambiental y legal.

Los resultados obtenidos son la base para realizar la ingeniería de detalle y el estudio de factibilidad necesario para que los tomadores de decisiones puedan facilitar los recursos económicos en la decisión de invertir o no al momento de revisar el proyecto. Para tal efecto, se debe describir el sistema, su diseño, elaborar un plano de distribución de planta, presupuesto por cada tipo de activo que constituirá la sociedad mercantil, elaborar los estados financieros, revisar los principales indicadores y las prestaciones económicas de la propuesta, hacer una revisión de la normatividad que debe cumplir el proyecto; y todo esto al tiempo que se procura no afectar el medio ambiente y mejorar las condiciones de vida de la comunidad.

Metodología

Localización y descripción del sitio del proyecto

Veracruz es el segundo lugar a nivel nacional en superficie sembrada y cosechada tan sólo después de Jalisco y el cuarto lugar en cuanto a valor de la



producción agrícola se refiere. El estado ocupa el primer lugar del país como productor de la caña de azúcar, arroz, chayote, naranja, piña, limón persa, vainilla y hule; el segundo lugar en café, tabaco y papaya; y es un importante productor de maíz, frijol, soya, pepino, sandía, mango, toronja y plátano. El clima del estado varía de una región a otra, de ahí la gran diversidad de productos; sin embargo, la mayoría del territorio se encuentra en una zona tropical, con climas cálidos y lluvias en verano. La temperatura media anual del estado es de 25°C. Cuenta con tres de los puertos más importantes del país, en los que existe un alto promedio de carga y gran actividad turística de lo que se espera una importante generación de residuos.

Elección del sitio para propuesta de planta de biogás

El Puerto de Veracruz posee un clima húmedo tropical, con una temperatura media anual de 25.3°C como se puede observar en la Figura 1 y la variación de la temperatura de siete días en Veracruz en la Figura 2. En cuanto a infraestructura, está conectado a todo el país mediante uno de los más importantes sistemas carreteros asociados con la intensa actividad comercial.

Otro aspecto importante es el tipo y la cantidad de residuos que se generan. En general en el Estado de Veracruz se generan en promedio 0.8 kg/hab/día. Sin embargo el puerto es la ciudad con mayor concentración poblacional (654 216 habitantes en el municipio de Veracruz y Boca del Río), generando 600 ton diarias en días normales, pero en periodos vacacionales hasta 800 ton, lo que significa una producción media de 1 kg/hab/día. La composición es muy similar al promedio nacional y se puede considerar una fracción del 50% de residuos orgánicos. Las fuentes de generación de residuos que se han considerado son los 7 mercados municipales que existen en el puerto. En la Figura 3, se puede observar la ubicación de los mercados y la central de abastos. La generación diaria de residuos orgánicos se muestra en la Tabla 1, en la columna "materia prima" y de ahí se obtuvo el Factor R1.

Generación diaria de residuos orgánicos proveniente de la fuente $i = P_i$

$$\text{Factor } R_{1i} = \frac{P_i}{\sum_{i=A}^R P_i} \quad (1)$$

La distancia en línea recta desde la ubicación de las fuentes de materia prima se obtuvo con las coordenadas, para obtener la componente en X y Y, y así calcular la magnitud del vector.

Distancia a la fuente de materia prima i desde la ubicación $k = D_i$

$$D_{ik} = \sqrt{(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2} \quad (2)$$

Para proponer las tres ubicaciones posibles de la planta se tomaron en cuenta varios factores: Las vías de acceso, la disponibilidad del terreno, la cercanía con la ruta de recolección predispuesta y el acceso al posible mercado o las zonas agroindustriales. De este análisis se obtuvieron tres sitios: El parque industrial Bruno Pagliani, El parque industrial Santa Fé y el parque industrial 2000. Se elaboró una matriz para que, de forma cuantitativa y cualitativa, se evaluaran los factores antes mencionados, (esta matriz se encuentra en la parte inferior de la Tabla 1), para esto se asignaron valores de 1, 2 y 3 según una opinión ponderada. Se sumaron los puntos respectivos a cada parque, mismos que servirán para obtener el factor R_2 .

$$R_{2i} = 1 - \frac{\sum_I^4 F_i}{\sum_I^III \sum_I^4 F_i} \quad (3)$$

Donde: F_i es la calificación respectiva por cada factor a considerar en la ubicación de la planta. En la fórmula también se encuentra la calificación final por cada ubicación y los puntos totales para las tres alternativas. Al final para que el factor R_2 no pese tanto en la elección de la ubicación óptima, se toma el complemento y es por eso que se resta de la unidad. Entre más pequeño resulte éste cociente, dará una mejor calificación para la alternativa. En la matriz "puntaje total" ubicada en la parte superior derecha de la Tabla 1 es donde se realiza la toma de decisión. Para esto se llevó a cabo el siguiente cálculo:

$$\text{Calificación final}_i = \sum_I^III \frac{D_{ki}}{R_{1k}} \circ R_{2i} \quad (4)$$

En la Tabla 1 se puede observar que la ubicación elegida es el PARQUE INDUSTRIAL BRUNO PAGLIANI, es decir la opción I debido a que causaría el menor costo y porque concuerda con la



estrategia del proyecto. Lo siguiente será la elección del terreno. Después de examinar algunos terrenos disponibles y verificar sus dimensiones, a través de la herramienta "GoogleEarth"®, el lugar elegido se encuentra ubicado a un costado de la empresa Empacadora del Golfo S.A. de C.V. en la avenida Fraboyanes No 1393 del parque industrial Bruno Pagliani y se observa en la Figura 4

para aprovecharlos es necesario diseñar las fases de acopio, acondicionamientos secundarios y almacenamiento.

Figura 1 Temperatura mínima, promedio y máxima de Veracruz (Nava, 2010)

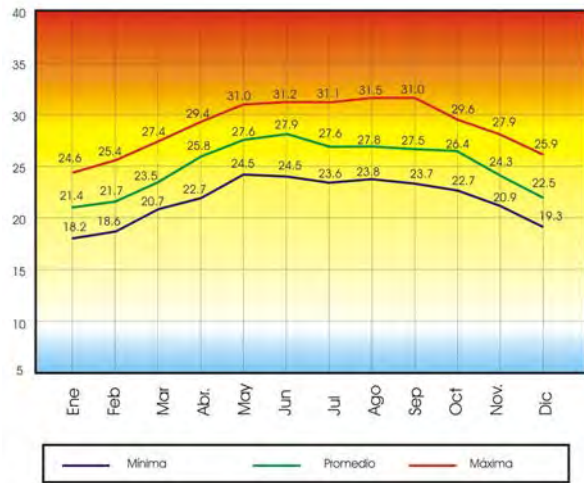
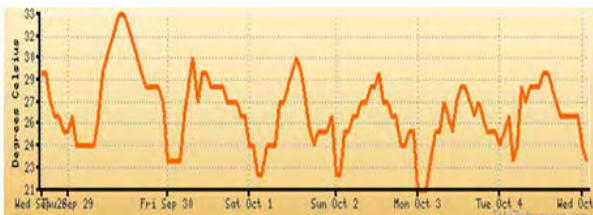


Figura 2 Variación de la temperatura de siete días en Veracruz (Jara, 2011)



Diseño de la planta de biogás

En el diagrama de flujo de la Figura 5 se muestran los procesos generales que se deben llevar a cabo. El proceso de transformación inicia al entrar al sistema, la biomasa e impurezas (150 Ton de desechos), llegando principalmente en camiones del servicio de limpia municipal. Posteriormente los desechos entran a un proceso de selección y separación para excluir impurezas de los desechos orgánicos. En ésta etapa se podrían obtener cantidades importantes de materiales reciclables y

Figura 3. Imagen satelital Puerto de Veracruz con mercados y en un plano cartesiano

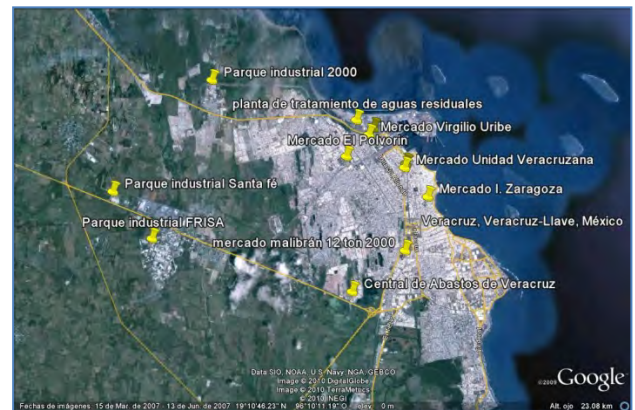
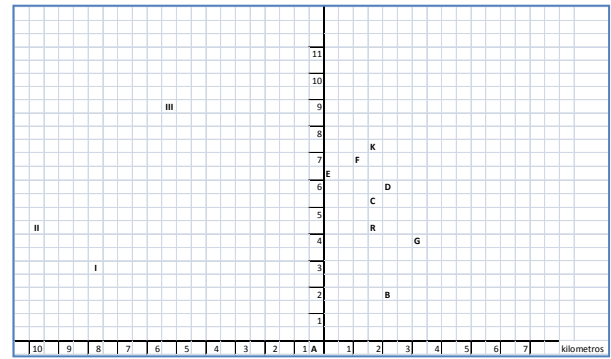


Figura 4 Sitio puntual para localización de la planta de biogás

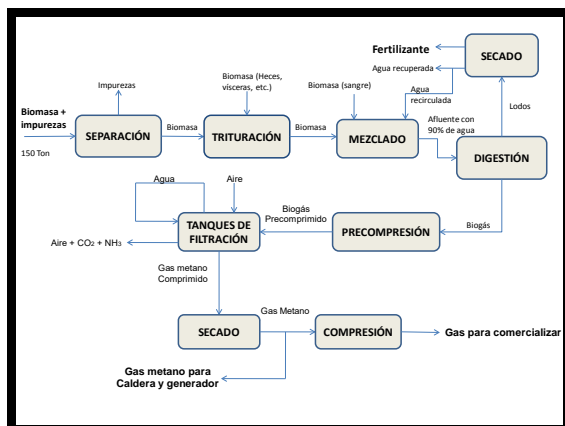




Tabla 1 Resultado de la elección de lugar para la ubicación de la planta

			Coordenadas		Distancia a las posibles ubicaciones			Puntaje total			
	Puntos de interés	Generación	Factor R1	X	Y	I	II	III	I	II	III
A	Central de abastos de Veracruz	40 ton	0.27	0	0	8.2	10.6	10.5	18.0	28.3	27.8
B	Mercado Malibrán	20 ton	0.13	2.25	1.75	10.0	12.3	10.6	44.0	65.1	56.5
C	Mercado Unidad Veracruzana	10 ton	0.07	1.75	5.25	9.8	11.5	8.3	86.0	122.6	87.9
D	Mercado Miguel Hidalgo	8 ton	0.05	2.25	5.75	10.4	12.1	8.5	114.2	160.6	113.5
E	Mercado El polvorín	6 ton	0.04	0.25	6.25	8.7	10.2	6.5	127.3	180.6	115.1
F	Mercado Virgilio Uribe	8 ton	0.05	1.25	6.75	9.8	11.3	7.3	107.7	149.8	96.7
G	Mercado Ignacio Zaragoza	8 ton	0.05	3.25	3.75	11.0	13.0	10.3	120.8	172.8	136.7
H	Mercado Plaza del mar	15 ton	0.10	1.75	7.25	10.5	7.6	7.6	61.3	84.2	54.2
R	RSU	35 ton	0.23	1.75	4.25	9.6	8.7	8.7	24.0	34.9	26.6
Totales		150 ton				88.3	78.4	78.4	703.3	998.9	715.0
Ubicaciones posibles				Coordenadas		Otros factores importantes a considerar					
				X	Y	Vías acceso	Disponibilidad	Recolección	Mercado	Total	Factor R2
I	Parque industrial Bruno Pagliani			-7.75	2.75	3	3	2	2	10	0.58
II	Parque industrial Santa fé			-9.75	4.25	2	1	1	3	7	0.71
	Parque industrial 2000			-5.75	8.75	1	2	3	1	7	0.71

Figura 5 Diagrama de proceso propuesto para la planta de biogás



Resultados

Factibilidad Técnica

Para definir si el proyecto es técnicamente viable se presentan las Tablas 2 a 10 que muestran un resumen de las dimensiones de los diferentes procesos.



Tabla 2 Potencial de los residuos para generar biogás

Propiedad	Valor	Unidades
Densidad	0.8	ton/m ³
Producción de biogás	400	m ³ /ton MV
% Masa seca (MS)	18%	-
% Masa volátil (MV)	75%	-
% Dilución	90%	

Tabla 4 Resumen de las dimensiones del digestor

Volumen, altura y diámetro adecuado		
Influyente total (Af)	331	ton/d
	338	m ³ /d
Volumen útil	5,063	m ³
Volumen recomendado	7,363	m ³
Volumen real	7,732	m ³
No de digestores	2.00	
Volumen digestor	3,866	m ³
Altura tanque	11	m
Diámetro	21	m

Tabla 3 Parámetros para el proceso

Resumen de parámetros para la operación del digestor					
Tiempo de Retención H.	15	días	Composición del biogás		
Temperatura de trabajo	55	°C	Metano (CH ₄)	60%	
% Secado de abono	65%		Dióxido de carbono (CO ₂)	30%	
% Humedad absoluta en la región	32%		Ácido sulfhídrico (H ₂ S)	5%	
Densidad del metano	0.717	kg/m ³	Vapor de agua	5%	
Temperatura media de la región	25.3	°C	Poder Calorífico metano	9,000	kcal/Nm ³
Temperatura media del sustrato	25.3	°C	Capacidad calorífica efluente	4.186	KJ/kgK



Tabla 8 Energía necesaria para el proceso

Tabla 5 Producción diaria de biogás

Concepto	Cantidad	Unidad
Producción de biogás	8, 100	Nm ³ /d
Poder calorífico gas	5, 400	kcal/Nm ³

Tabla 6 Alternativa para el almacenamiento antes de la purificación

Parámetro	Cantidad	
% de la producción almacenada	100%	
No de tanques	2	
Volumen por tanque	4,252.50	Nm ³ /d
Altura tanque	18	m
Diámetro	18	m

Tabla 7 Consideraciones para la purificación

Purificación		
Producción de metano	4, 374	Nm ³ /d
	182	Nm ³ /h
Poder calorífico biometano	8, 100	kcal/Nm ³
Captura de dióxido de carbono	2, 430	Nm ³ /d

Calefacción		
Espesor de hormigón (L)	0.40	m
Cte de conductividad térmica (k)	0.90	W/mK
Espesor de aislante (L)	0.15	m
Cte de conductividad térmica (k)	0.02	W/mK
Área de contacto p/digestor	1,082.28	m ²
Pérdidas en calor p/unidad de área	3.74	W/m ²
Pérdidas en calor p/digestor	4,046.05	W
Pérdidas en energía p/digestor	349.58	MJ/d
Pérdida total de energía	0.70	GJ/d
	8.09	kW
	10.85	hp
Energía para calentar afluente	41.12	GJ/d
	475.93	kW
	637.98	hp
Potencia requerida en cogeneración	484.02	kW
Porcentaje del gas producido	45%	

Tabla 9 Producción de energía eléctrica a partir de la planta de biogás

Concepto	Cantidad	Unidad
Demanda de potencia	1, 072	kW
	3, 859, 200	kJ/hora
Consumo gas CHP	113	Nm ³ /hora
	2, 731	Nm ³ /d



Tabla 10 Acondicionamiento de lodos

Concepto	Cantidad	
Lodos base húmeda digestión	315.56	ton/d
Lodos en base seca	11.81	ton/d
%sólidos digestión	3.74%	%
Densidad lodos digestión	1.010	ton/m ³
Lodos base húmeda digestión	312.50	m ³ /d
%sólidos espesador	9.00%	%
Densidad lodos espesador	1.02	ton/m ³
Lodos base húmeda espesador	131.25	ton/d
Lodos base húmeda espesador	128.19	m ³ /d
%sólidos	65%	%
Densidad abono	1.20	ton/m ³
Abono base húmeda en masa	18.17	ton/d
Abono base húmeda en volumen	15.11	m ³ /d

Factibilidad financiera

Como se puede observar en la Figura 6, el 34% de los egresos de la planta corresponde a los costos fijos y el correspondiente 66% se constituye de los costos variables, un valor que da indicios de un punto de equilibrio favorable

También se hace un análisis de la importancia que tienen las diversas fuentes de generación de ingresos para el proyecto. Más del 60% de la facturación provendría del fertilizante, mientras que los bonos de carbono contribuirían con el 9% (Figura 7). La venta del biogás, a pesar de ser un producto estrella para el proyecto, no genera tantos ingresos. La estrategia es cambiar el uso del gas para la generación de energía para la planta, por alguna otra fuente renovable como la solar y así utilizar cada vez más para la sustitución de la gasolina, generando mayores bonos de carbono y aumentando su participación en la facturación.

Tasa interna de retorno (TIR)

El flujo neto de efectivo se compone de las utilidades netas más la depreciación y es la base para el cálculo de la TIR. Este cálculo es un camino de iteraciones, trayendo los flujos de efectivo en cualquier periodo del tiempo al presente, a través de una tasa de interés, y posteriormente sumándolos para comprobar que son igual a cero. En este caso, se ha utilizado la herramienta automática de Microsoft Excel® para facilitar los cálculos y el resultado es (Figura 8): TIR= 33%

Las bancas de desarrollo como el Banco Europeo de Inversión y BANOBRAS fijan sus programas de pago con respecto a los plazos, los flujos de efectivo generados por el proyecto, el tipo de garantías que se presenten, el riesgo comercial, el grado de innovación y TIIE prevaleciente en la región. Por ejemplo, el BEI cobra una tasa de 5 puntos por encima de la TIIE. Entonces, la TMRA debe incluir el CPPC (15.5%) (Tabla 11), un aumento por la inflación (4.5%) y otro tanto más por las condiciones de riesgo que se puedan presentar (5%). En este caso se fijará en 25% y como la TIR resultante fue de 33% es válido decir que el proyecto es una alternativa de inversión rentable. Comparando el proyecto con una inversión en CETES, donde la tasa de rendimiento a 28 días es de min 4.24%-max 4.63%, se puede decir que es una alternativa mucho más atractiva.

Valor presente neto (VPN)

En la penúltima columna de la Tabla 11, se muestra el valor de los flujos descontados a valor presente para cada uno de los flujos netos de efectivo que genera el proyecto en los 10 años de evaluación. Al final la suma es de:

$$VPN = \$14,419,440.00 \text{ MXP}$$

Esto quiere decir que el proyecto supera las expectativas de la TMRA, y se puede verificar puesto que la TIR es mayor.



Figura 6 Estructura de costos de la planta de biogás

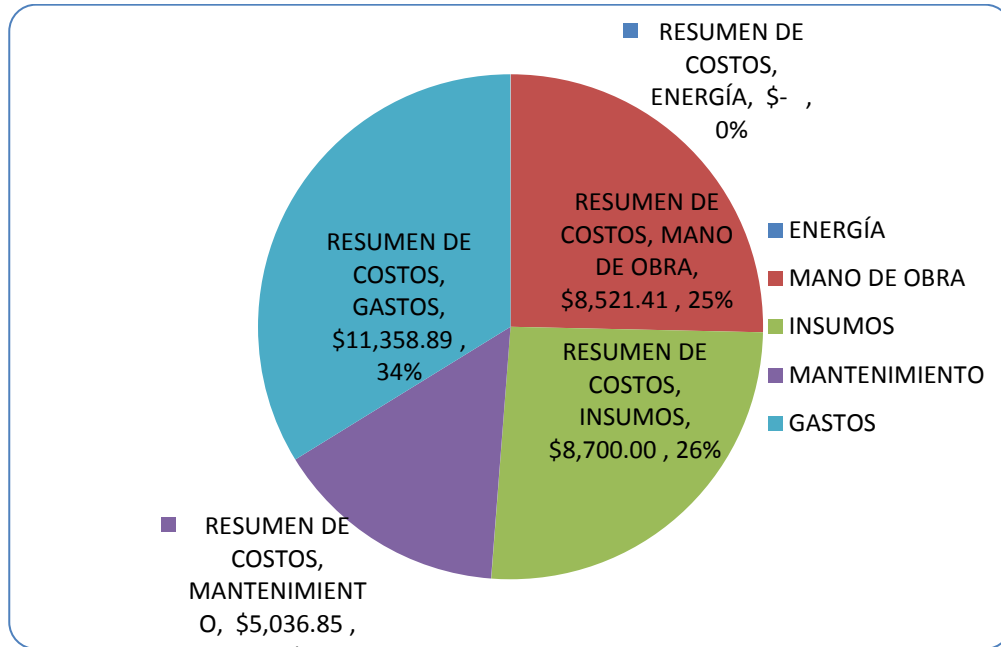


Figura 7 Generación de ingresos por tipo

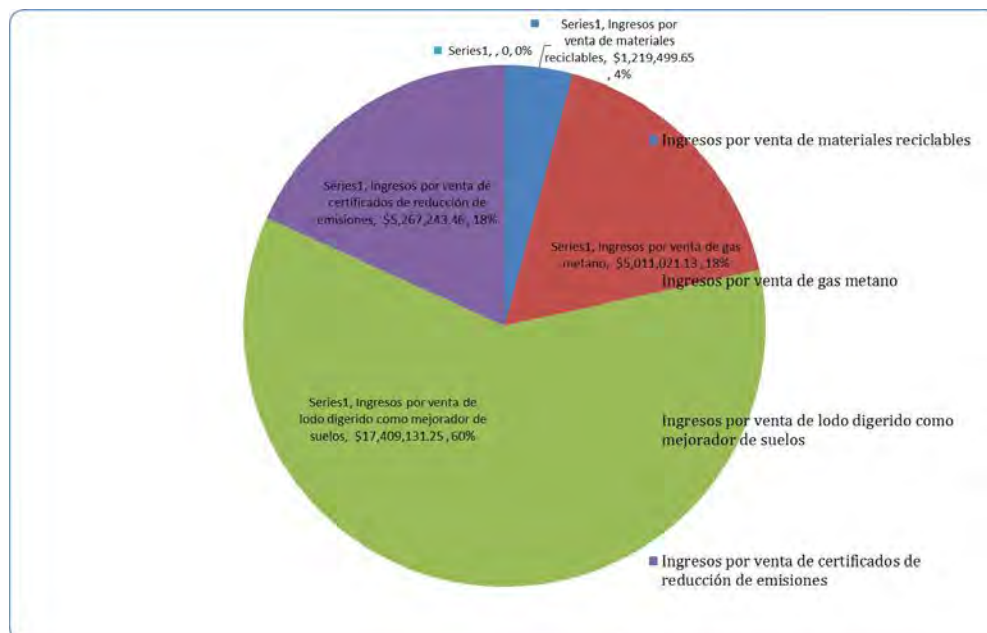




Figura 8 Flujos netos de efectivo del proyecto

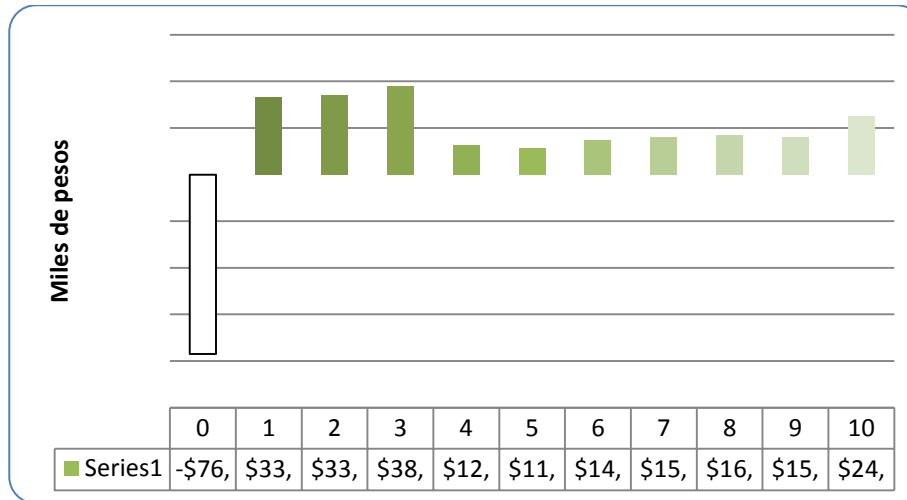


Tabla 11 Determinación del costo de capital esperado para el proyecto

Cálculo del CPPC				
Institución	Tipo de financiamiento	Costo de financiamiento	% esperado de financiamiento	Ponderación
BANOBRAS (FONADIN)	Capital riesgo	20%	49%	9.8%
BEI	Bonos de deuda	10%	40%	4.0%
Banca de desarrollo x	Bonos de deuda	15%	11%	1.7%
			TOTAL	15.5%

Periodo de recuperación de la inversión

Lo más recomendable es realizar el cálculo con base en los flujos de efectivo descontados a valor presente, ya que ésta es la medida real de la efectividad del proyecto. Para estimar un periodo más exacto se grafican los flujos acumulados y se determinan los periodos extremos entre los que se encuentra el cero. Dependiendo del tipo de curva que describa mejor al proyecto se puede o no utilizar una interpolación lineal o exponencial. Para este proyecto se puede considerar una variación lineal como se ve en la Figura 9.

Entonces el cálculo del periodo de recuperación se realiza entre el año 5 y 6 con el siguiente modelo:

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{-S_t}{S_{t+1} - S_t} + t \quad (5)$$

Donde:

S_t = flujo de efectivo en el extremo anterior

S_{t+1} = flujo de efectivo en el extremo posterior

t = periodo



Periodo de recuperación

$$= \frac{-(435.01)}{3450.66 - (-435.01)} + 5$$

Periodo de recuperación = 5.11 años
 = 5 años con un mes

Índice beneficio-costo

Un beneficio económico muy importante para el municipio es el de la reducción de las toneladas de residuos que llegarían a relleno sanitario. En México, la disposición correcta de una tonelada de residuos sólidos urbanos no peligrosos cuesta a los municipios entre \$120 y \$150, en promedio \$135 por lo que la reducción anual de 54, 750 ton por la implementación del proyecto representa \$7,391,250.00 MXP como beneficio municipal directo. S

Si se trasladan a valor presente estos nuevos flujos de efectivo, se suman y se añaden a los VPN generados por la operación del proyecto, es posible calcular el índice B/C de la siguiente manera:

$$I_{B/C} = \frac{\$26,390,000.00 + \$91,385,630.00}{\$76,966,180.00} = 1.53$$

Como el índice B/C es mayor que 1, el proyecto debe ser emprendido y puede ser presentado ante el municipio para obtener el apoyo político y legal del mismo.

Factibilidad ambiental

La Tabla 12 muestra el resumen de los cálculos que se realizaron de acuerdo a la metodología para contabilizar la reducción de las emisiones contaminantes en términos de CO₂ equivalentes.

Figura 9 Flujo neto acumulado a valor presente

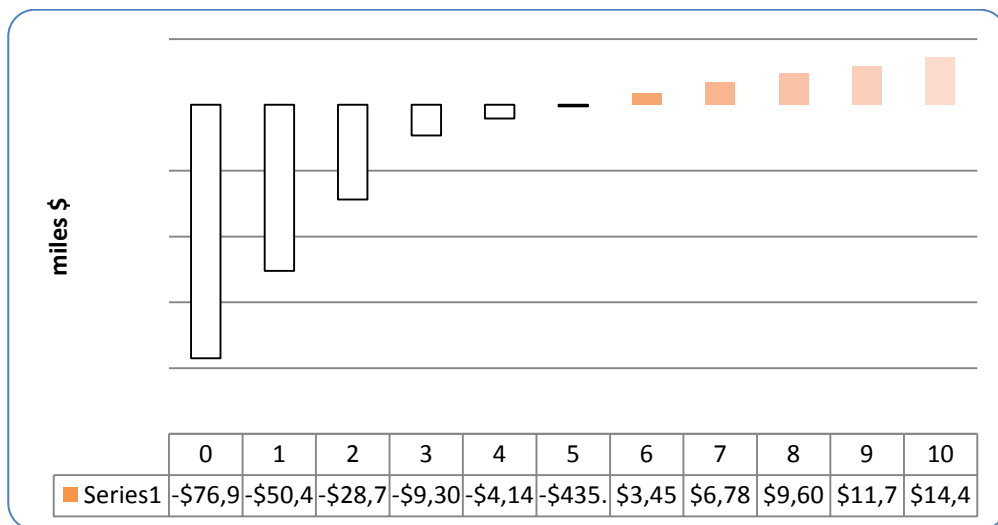




Tabla 4.11 Datos para la presentación del proyecto MDL

Parámetro	Cantidad	Unidades
Producción diaria de biogás	8,100.00	Nm ³ /d
Producción diaria de metano	4,860.00	Nm ³ /d
Contribución en ton CO₂ equivalente	72.87	ton CO₂ e/d
Producción diaria de CO ₂ digestión	2,430.00	Nm ³ /d
Contribución en ton CO₂ e	3.79	ton CO₂ e/d
Equivalencia gasolina-metano	1.13	L/m ³
Metano quemado en coches	2,128.35	Nm ³ /d
Litros de gasolina quemados actualmente	2,405.04	Nm ³ /d
Emisión de CO ₂ por litro de gasolina	2.032	kgCO ₂ /L
Emisión actual CO₂ por gasolina	4.89	ton CO₂ e/d
Contribución total de CO₂ sin proyecto	81.55	ton CO₂ e/d
Consumo metano en cogeneración	2,731.65	Nm ³ /d
	1.95	ton/d
Moles CH ₄ que se queman	121,899.67	Mol
Contribución en ton CO₂ equivalente	5.36	ton CO₂ e/d
Metano quemado en coches	2,128.35	Nm ³ /d
	1.52	ton/d
Moles CH ₄ que se queman	94,977.83	Mol
Contribución en ton CO₂ equivalente	4.18	ton CO₂ e/d
Contribución total de CO₂ con proyecto	9.54	ton CO₂ e/d
Ahorro total por la implementación	72.01	ton CO₂ e/d

Conclusiones

En este trabajo se presentó un estudio de pre-factibilidad para la implementación de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos en el Puerto de Veracruz, y con los resultados obtenidos se llegó a considerar como una inversión viable con una gran mejora ambiental generando una importante cantidad de empleos directos e indirectos en la zona.

En este momento, el mundo se encuentra ante una revolución; a diario se habla de los problemas que está causando el calentamiento global, pero también se habla de las propuestas, proyectos y movimientos de los diferentes sectores: Iniciativas, incentivos y reformas de ley, por parte de gobiernos; desarrollos científicos, tecnológicos y proyectos de inversión para mejoras ambientales en procesos o infraestructura, por parte de las empresas e

institutos de investigación; así como protestas, movimientos e ideas generadas por la sociedad en general. En realidad México se encuentra en el momento adecuado para hacer algo y confirmar el compromiso de la comunidad universitaria y en particular de la ingeniería con el mundo.

Fuentes de Consulta

1. Jara, H. 2011. Gráficos científicos del tiempo atmosférico y temperatura en
2. Veracruz. Pronósticos Meteorológicos. Edición Española.
3. Lettinga, G. y Van Haandel, A. 1992. Anaerobic Digestion for Energy Production and Environmental Protection. Capítulo 19, En: Renewable Energy: Sources for fuels and electricity. Covelo, California, EEUU. Island Press. Pp 817-839.



4. Nava, D. 2010. Análisis climático de la ciudad de Veracruz. Servicio Meteorológico Nacional. México, D.F., México.
5. Rementería, S. 2008. Plan Municipal de Desarrollo 2008- 2011 del Municipio de Veracruz. Publicación del Gobierno del Edo. De Veracruz, Veracruz, México.
6. Sapag, N. y Sapag, R. 1991. Preparación y Evaluación de Proyectos, McGraw Hill, Segunda Edición, México, D.F., México

Temas que pudieran ser objeto de ser investigados en el contexto del cambio climático

- Potencial de los desechos urbanos orgánicos en la generación de gases efecto invernadero
- Disminución de los gases efecto invernadero mediante su tratamiento adecuado de los residuos sólidos urbanos
- Reciclaje de los residuos urbanos inorgánicos y su disminución de gases efecto invernadero si se realizara el reciclaje.



Influencia de las transformaciones constructivas en las condiciones térmicas de la vivienda de interés social en clima cálido sub-húmedo

Karla Ivonne Ovando López¹, Dr. Gabriel Castañeda Nolasco² y Dr. Raúl Pavel Ruiz Torres³

Universidad Autónoma de Chiapas.

Emails: karl_91086@hotmail.com; gnolasco1@hotmail.com; pavelvvg@msn.com

Resumen

Se expone los resultados del análisis comparativo del comportamiento térmico de dos viviendas de interés social en clima cálido sub-húmedo, datos obtenidos en el año 2010 y 2012 en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. El objetivo principal fue conocer las condiciones térmicas antes y después de las transformaciones obligadas a la vivienda para mejorar sus condiciones de habitabilidad, así mismo los efectos que cada diseño producen en la eficiencia energética; la metodología aplicada se basó en la climatología dinámica (Vecchia;1997), determinando un día experimental de máximo calor. Las mediciones térmicas se realizaron con registradores automáticos de la marca Hobo-08 y se presentan las gráficas en relación a las variables evaluadas.

Los resultados demostraron que los sistemas pasivos originales y adoptados utilizados en las construcciones no son térmicamente apropiados por su constitución formal y material, pues no se adaptan al contexto climático, situación que se puede mejorar con un diseño que involucre estrategias pasivas que permitan mitigar el consumo de energía por sistemas mecánicos de climatización, sin sacrificar la habitabilidad térmica de las personas.

Palabras claves - comportamiento térmico, vivienda de interés social, sistema pasivo.

Introducción

La investigación expuesta, ofrece una reflexión sobre las afectaciones que se tornan alrededor de las transformaciones constructivas, principalmente aquellas efectuadas en la vivienda de interés social, debido a que comporta impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, utilización de grandes cantidades de energía desde su fase inicial constructiva como a lo largo de su vida útil, además

del impacto ocasionado en el contexto emplazado. Por tal razón, hoy en día el campo de la construcción es influyente y manipulador importante del fenómeno del cambio climático global.

Ante tal hecho, este proyecto busca crear alternativas bioclimáticas que mitiguen el fenómeno del calentamiento al interior de las viviendas de interés social en clima cálido sub-húmedo, devenido principalmente por la acción de la radiación solar directa.

Se puntualiza el estudio en los fraccionamientos de interés social, debido al modelo de vivienda en serie que se oferta actualmente con 45m² de construcción aproximadamente, siendo una de las

tipologías constructivas que está dominando la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez, y en particular la constitución formal y constructiva de estos desarrollos habitacionales no se adapta a las condiciones del clima local, por lo tanto, difícilmente otorga al usuario condiciones de habitabilidad térmica principalmente en época de calor cuando se alcanzan temperaturas por arriba de los 37°C.

El objetivo central, es mostrar si el diseño de los sistemas pasivos adaptados a la vivienda original y transformada cumple con los parámetros de calidad térmica requeridos para el contexto de Tuxtla Gutiérrez. Para evaluar el grado de adecuación al clima, primero se describieron los elementos de la envolvente de cada prototipo (orientación Sureste y Suroeste), continuando con los sistemas pasivos empleados en sus transformaciones tales como: elementos para el control de la radiación solar, orientación para el tratamiento de la ventilación, color de la superficie exterior del techo, color de la superficie exterior de los muros, altura interior y número de niveles, piso exterior del predio, pavimentos, uso de vegetación y árboles.



Posteriormente se explica la aplicación de la climatología dinámica en el contexto de estudio, que definió el periodo de calor adecuado para realizar la fase experimental con los casos ya mencionados. Una vez evaluados los aspectos cuantitativos de cada vivienda, se procedió a dar respuesta a los datos obtenidos para finalmente exponer las conclusiones del trabajo.

Descripción del Método

El contexto:

Tuxtla Gutiérrez se localiza en la zona centro del estado de Chiapas, a 16° 45' 11" longitud Norte, a 93° 06' 56" longitud Oeste y a una altitud de 550 msnm. La evaluación térmica se realizó en la zona Norte-Oriente de la ciudad, en el fraccionamiento Vida Mejor.

Descripción del caso de Estudio:

Se seleccionaron dos viviendas-tipo orientadas al Sureste y Suroeste fig. 1,2 y 3, posteriormente se realizó la segunda evaluación con dichas viviendas ya transformadas figuras 4 y 5; son los lotes regulares de 7.00x 15.00 m, con las siguientes características:

Prototipo Original:

El *techo* es de concreto armado de 10 cm de espesor con impermeabilizante color terracota, plafón interior de mortero cemento-arena de 1 cm espesor.

- *Muros* de block hueco de 15x20x40cm, de 15 cm de espesor, asentado con mortero cemento-arena de 1 cm.
- *Piso* de concreto armado recubierto con mosaico de 5 cm de espesor.
- En *ventanas* vidrio simple de 3 cm y puerta de lamina metálica de 3 cm.

Prototipo transformado:

- Ampliaciones de *techos* con concreto armado de 10 cm de espesor con impermeabilizante color blanco y terracota, plafón interior de mortero cemento-arena de 1 cm espesor.
- Ampliaciones con *muros* de block hueco de 15x20x40cm, de 15 cm de espesor, asentado con mortero cemento-arena de 1 cm.

- *Piso* de concreto armado recubierto con mosaico de 5 cm de espesor.
- En *ventanas* vidrio simple de 3 cm y puerta de lamina metálica de 3 cm.

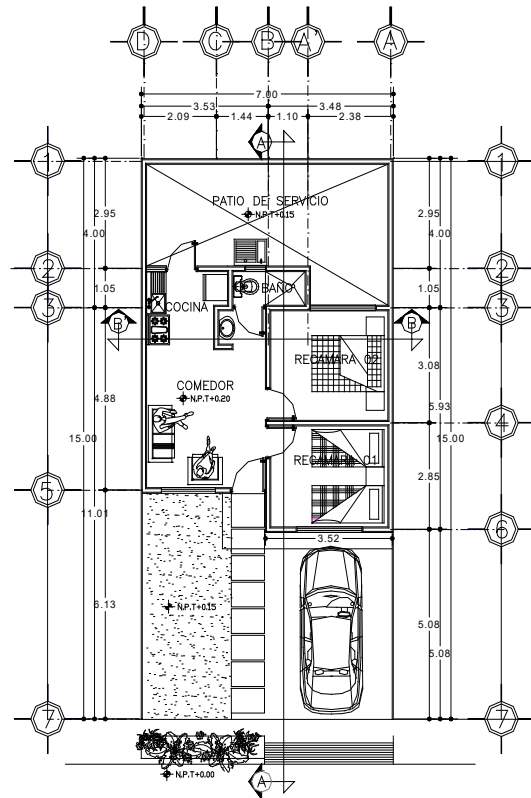


Figura 1. Planta arquitectónica de la vivienda-tipo del fraccionamiento Vida Mejor.

Equipo de medición:

Los datos se obtuvieron a través de registradores automáticos de la familia HOBO-08 y PRO V2, procesada mediante el programa de cómputo HOBOWARE PRO que permitió graficar la información directamente en el programa o exportándolo a una hoja de cálculo dentro del programa Excel, señalando el periodo de medición y los registros de temperaturas máximas, mínimas y promedios durante ese periodo; los cuales se confrontaron con la temperatura superficial de la piel de 31° C a 34° C de acuerdo a Auluciems y Szokolay (1999).



Figura 2. Prototipo original de la vivienda del fracc. Vida Mejor, orientación Sureste.



Fuente: Ovando, 2010.

Figura 3. Prototipo original de la vivienda del fracc. Vida Mejor, orientación Suroeste.



Fuente: Ovando, 2010

Método de análisis térmico:

La fase experimental, se apoyó en la climatología dinámica (Vecchía;1997), en donde se determinó un periodo representativo de calor mediante la identificación de la época más calurosa en el contexto de Tuxtla Gutiérrez, con base en el análisis de las normales climatológicas del lugar (1981-2000), determinando como periodo a estudiar el rango comprendido a partir de la mitad del mes de abril hasta la mitad del mes de mayo, que conforma un periodo con temperaturas altas durante el año, como se aprecia en el grafico 1.

Para evaluar las condiciones climáticas del contexto en estudio, se midieron las temperaturas superficiales interiores en muros y techos de las dos viviendas, la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa. Con respecto al ambiente exterior se midió la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, para ambos casos.

El día experimental de máximo calor

Posteriormente se definió un día experimental, es decir, aquel día de máximo calor ocurrido en el mes de abril del 2010 y mayo del 2012 como se indica en la tabla 01, en comparación a la temperatura media de las máximas de las Normales Climatológicas de Tuxtla Gutiérrez de los últimos 20 años que registró 35.6 °C, dichas temperaturas pueden considerarse más frecuentes de suceder en época de calor en la ciudad

Definición de los sistemas pasivos empleados

Se analizó la configuración de las viviendas transformadas, para identificar si los elementos integrados a las mismas cumplen o no con las condiciones adecuadas de ventilación y sombreado ante la incidencia de radiación solar directa.

- a) Orientación para el control de la radiación solar:

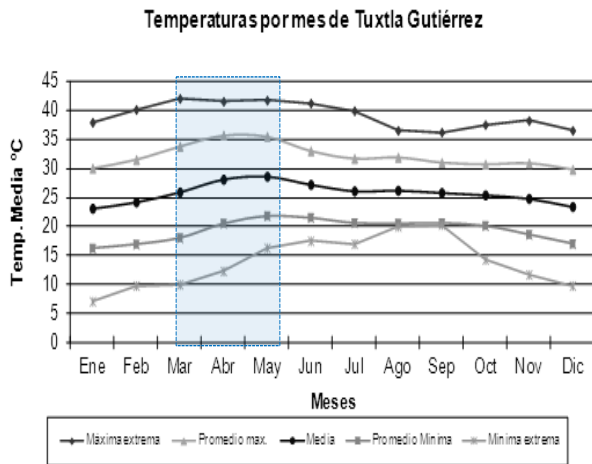
En la figura 4 se observa la vivienda con fachada *Sureste*, la cual recibe asoleamiento durante toda la mañana aproximadamente desde las 7:00 a.m. a 3:00 p.m., adquiriendo ganancias térmicas en un lapso de 8 horas en el todo el año. Por su parte, la vivienda con fachada *Suroeste* permanece expuesta a la radiación solar durante toda la tarde a partir de las 12:00 p.m., ésta vivienda se diferencia de la anterior al ser de dos niveles y manejar elementos pasivos como volados, figura 5. En clima cálido sub-húmedo una vivienda tiene orientación adecuada para el control de la radiación solar si existen dispositivos de control solar en las ventanas, techos y muros que permitan bloquear tal fenómeno.

Orientación para el tratamiento de la ventilación:

Las ventanas de la fachada *Sureste* no presentan una adecuada ventilación, porque no cuentan con suficientes aberturas y no propician la ventilación cruzada en los espacios interiores de la vivienda debido a su emplazamiento. Para el caso de la vivienda fachada *Suroeste*, se presenta el mismo efecto.



Gráfico 1. Período representativo de las temperaturas mayores en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: Elaboración propia, con datos de las Normales climatológicas (1981-2000)

Tabla 01. Registros de la temperatura del aire exterior máxima y mínima en el año 2010 y 2012, en el fraccionamiento Vida Mejor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

DIA EXPERIMENTAL	REG. DE TEMP. EXTERIOR MÁX	REG. DE TEMP. EXTERIOR MIN
08 DE ABRIL DE 2010	32.76 °C	24.79 °C
04 DE MAYO DE 2012	35.40 °C	27.58 °C

a) Color de la superficie exterior en muros:

El color que tiene la fachada orientada al Sureste es aceptable, siendo el blanco un color de alta reflectación a la radiación solar y económicamente viable, caso contrario al de la vivienda con orientación *Suroeste* debido al uso del color terracota con mayor índice de absorción solar.

b) Altura interior y número de niveles:

Ambos casos presentan una altura interior conveniente no menor a 2.65 m, contemplando que el aire más cercano al techo es más caliente en comparación a la altura de los ocupantes. Se considera factible la construcción a dos niveles,

presumiendo que las ganancias térmicas principalmente adquiridas por el techo se reducen en los espacios de la planta baja.

c) Piso exterior en el predio

El piso exterior de la vivienda *Sureste* y *Suroeste* no se adecua al contexto de Tuxtla; el pavimento de concreto es un material de alta absorción y reflexión de energía solar si se compara con pisos permeables con pasto.

Figura 4. Vivienda transformada con orientación Sureste, fracc. Vida Mejor



Fuente: Ovando, 2010.

Figura 5. Vivienda transformada con orientación Suroeste, fracc. Vida Mejor



Fuente: Ovando, 2010



a) Vegetación y árboles

El uso del árbol y vegetación se aprecia en la vivienda con fachada Sureste, permitiendo sombrear la ventana y regular el flujo del aire y cuando más alto crezca puede disminuir la ganancia térmica por el techo al sombrearlo.

Resultados

Brevemente se explican los resultados de la comparación térmica entre la vivienda orientación Sureste y vivienda orientación Suroeste, a partir de las mediciones de las temperaturas superficiales de los techos y muros.

Ganancias térmicas del techo (orientación Sureste)

En el gráfico 2, se muestran las temperaturas superficiales del techo de concreto armado, las cuales se incrementan a partir de las 9:00 a.m. y a partir de las 11:00 a.m. superan los 30 °C, permaneciendo dicha temperatura durante 13 hrs continuas la máxima registró 46.40 °C a las 4:00 p.m. y la mínima 24.79 °C a las 7:00 a.m., por lo tanto su amplitud térmica fue de 21.61 °C en el día.

Mientras tanto, la vivienda ampliada con el mismo sistema de techo (concreto armado de 10 cm de espesor) presentó similar comportamiento térmico para el mes de mayo Gráfico 3, registrando una temperatura superficial interior el techo de 43.91 °C con una diferencia de 2.49 °C a la misma hora respecto al prototipo, teniendo una amplitud térmica de 18.24 °C durante el día. A partir de las 10:30 a.m. supera los 30 °C prolongándose casi 13 hrs continuas hasta la madrugada provocando estrés térmico al usuario.

Ganancias térmicas del muro (orientación Sureste)

En la vivienda tipo, las temperaturas superficiales del muro (block 12x20x40cm) con orientación hacia el Sureste permanecieron por arriba de 30 °C durante un lapso de 12.5 horas en el día, iniciando a las 11:00 a.m. como se aprecia en el gráfico 2. La máxima fue de 36.13 °C a las 4:30 p.m. superando la temperatura exterior de 30.71 °C a la misma hora y las temperaturas más bajas son durante el amanecer, la menor es de 26.34 °C entre 7:00 a.m. y 9:00 a.m. Posteriormente la vivienda transformada (año 2012) resultó más crítica debido a que la TSI del muro con la misma orientación permaneció en todo el día arriba de 30 °C como se muestra en el gráfico 3, su mínima osciló entre 29.90 °C a las 9:30 a.m., la temperatura máxima alcanzó los 36.57 °C.

Gráfico 2: Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-tipo con orientación Sureste, durante el día 08 de abril de 2010

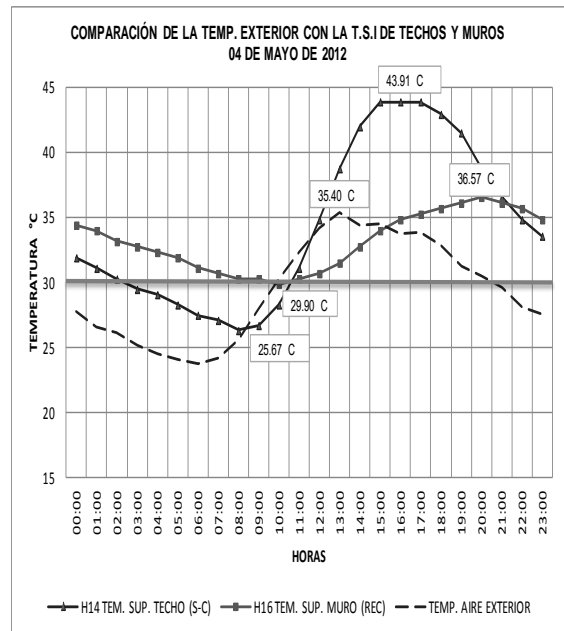
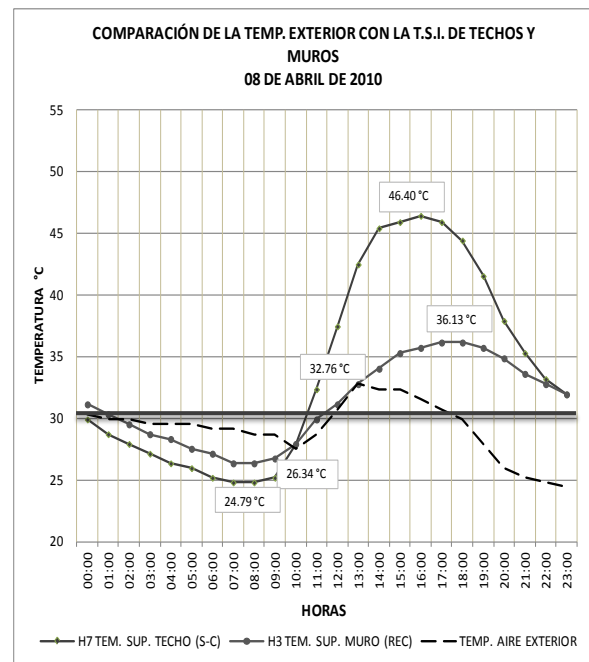


Gráfico 3: Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-transformada con orientación Sureste, durante el día 04 de mayo de 2012.





Ganancias térmicas del techo (orientación Suroeste)

El primer análisis de la vivienda con orientación Suroeste se basó en las temperaturas superficiales del techo de teja de barro el cual obtuvo una temperatura mínima a las 7:00 a.m. de 23.24 °C gráfico 4, ampliando su temperatura alrededor de las 10:00 a.m. con una diferencia de 4.67 °C, pues registró a esa hora 27.91 °C. Los 30 °C los alcanzo a las 10:30 a.m. y su máxima temperatura llegó a 38.77 °C a las 1:00 p.m. aumentando en ese lapso de casi 3 horas, 11°C más, teniendo entonces una amplitud térmica de 15.53 °C.

Por otra parte, la vivienda se amplió a dos niveles utilizando el sistema de techo de concreto armado en losa de entepiso y azotea eliminando la cubierta de teja; el sistema alternativo registró una temperatura superficial máxima de 43.91 °C y una mínima de 26.73 °C a las 8:00 a.m. obteniendo una amplitud térmica de 17.18 ° gráfico 5. Las temperaturas por arriba de los 30 °C iniciaron a las 10:30 a.m., permaneciendo a más de 40 °C en el lapso de 1:00 p.m. a 6:00 p.m. comparada con la temperatura exterior máxima de 35.40 °C.

Ganancias térmicas del muro (orientación Suroeste)

En el gráfico 4, se aprecian las temperaturas superficiales del muro (block 12x20x40cm) con orientación fachada Suroeste, la temperatura más baja se registró a las 10:00 a.m. con 26.34 °C, incrementándose alrededor de las 02:00 p.m. con 29.90 °C, es decir, en un lapso de 3 horas.

Las temperaturas por arriba de 30 °C, iniciaron a las 2:30 p.m. y se mantuvieron durante 10 hrs continuas descendiendo a partir de las 12:00 a.m., la máxima estuvo en 34.01 °C a las 6:30 p.m. a diferencia de la temperatura exterior de 29.10 °C a la misma hora.

En la segunda etapa de evaluación, se analizó un muro con iguales características físicas y misma orientación, su comportamiento térmico mostró una temperatura superficial máxima de 34.01 °C alrededor de las 7:00 p.m. mayor a la temperatura del aire exterior de ese momento, su mínima fue de 28.70 °C y se mantuvo arriba de los 30 °C casi 15 hrs continuas, tal como se aprecia en el grafico 5.

Gráfico 4: Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-tipo con orientación Suroeste, durante el día 08 de abril de 2010.

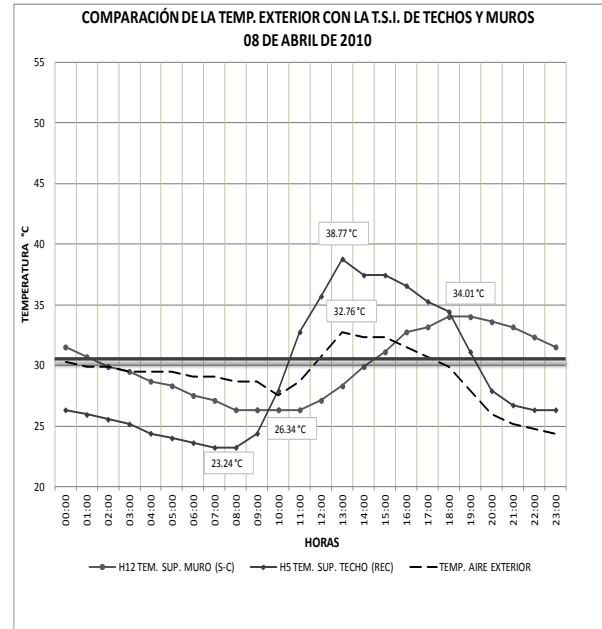
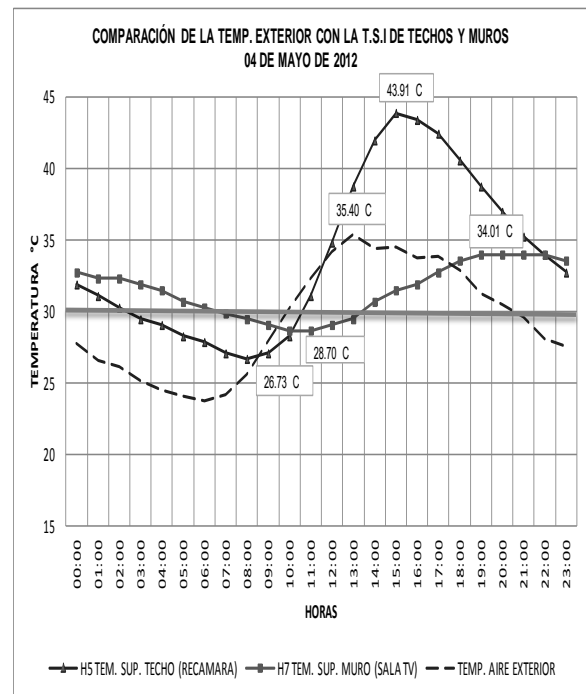


Gráfico 5: Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-transformada con orientación Suroeste, durante el día 04 de mayo de 2012.





Discusión

Las propiedades termo-físicas de los materiales en conjunto con los sistemas pasivos empleados permiten establecer diferencias significativas en el comportamiento térmico de cada vivienda al propiciar o retardar el paso del calor radiante al interior de los espacios, tal condición se demostró con las temperaturas registradas entre el techo de concreto armado y el techo de teja.

Los techos de concreto armado alcanzaron temperaturas extremas arriba de 40 °C, y por más de 12 horas superando el límite de la temperatura superficial de la piel 31 a 34°C, Auliciems y Szokolay (1999). Sin embargo las temperaturas del techo de teja de barro no sobrepasaron los 40 °C debido a su baja densidad y volumen, esto significó que liberaron en menor tiempo la energía radiante obtenida en el día, aunque se mantiene alrededor de 9 horas por arriba de los 30 °C desde las 11:00 a.m. a las 7:00 p.m. como se señala en el gráfico 7. Éste último sistema de techo puede ser generoso en cierta forma a las condiciones del clima cálido sub-húmedo, por su descenso de temperaturas en el horario nocturno, cuando el usuario descansa de su rutina diaria.

Conclusiones y recomendaciones

Partiendo del análisis general expuesto, se advierte que los desarrollos inmobiliarios limitan consideraciones de adecuación al clima en la construcción de las viviendas de interés social devastando su calidad térmica principalmente en época de calor. Ante tal situación, el usuario se sumerge en la búsqueda inmediata de sistemas pasivos para el control de la radiación solar tales como: protecciones de aleros horizontales o verticales en ventanas, ampliación hasta dos niveles, uso de vegetación entre otros; no obstante dichos elementos son seleccionados y dispuestos de forma intuitiva, lo que impide un mejoramiento de las condiciones constructivas y habitables.

La solución para mejorar el desempeño térmico de la vivienda puede darse si se replantea el diseño de los elementos enlistados, y con mayor éxito dando empleo a materiales de menor impacto ambiental basados en energías renovables para lograr una mayor eficiencia energética y reducción al uso de sistemas de climatización artificial.

Fuentes de consulta

1. Auliciems y Szokolay. S.V. "Thermal confort". PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture. University of Queensland, 1999.
2. Castañeda, N. G. y Vecchia, F. (2007). "Sistema de techo alternativo para vivienda progresiva en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México". Ingeniería, Revista académica de la FI-UADY, 11-2, 21-30.
3. Olgyay, V. (1998). "Arquitectura y clima". Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Edit. Gustavo Gilli.
4. Comisión Nacional del Agua y el Sistema Meteorológico Nacional. Página web: <http://smn.cna.gob.mx>.



La resiliencia de las comunidades microbianas acuáticas de cuatro ciénegas ante escenarios de cambio climático global

^{1,2}Silvia Pajares y ¹Valeria Souza

¹Instituto de Ecología, UNAM, México D.F.

²Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Salamanca, España.

Resumen

Entender los cambios en la composición de comunidades microbianas acuáticas como respuesta a un aumento de la radiación ultravioleta y temperatura es relevante para predecir modificaciones biogeoquímicas bajo escenarios de cambio climático global. Cuatro Ciénegas es un oasis en el desierto chihuahuense que alberga en sus pozas una amplia diversidad de tapetes microbianos y estromatolitos que han logrado sobrevivir en aguas extremadamente oligotróficas.

En este trabajo investigamos variaciones en la dinámica de estas comunidades en respuesta a cambios a largo plazo en la temperatura y radiación UV. Para ello, se sembraron comunidades microbianas de tres pozas de Cuatro Ciénegas en 15 mesocosmos, formados por 5 tratamientos y 3 réplicas: a) misma temperatura (30°C) y UV que pozas, b) temperatura fluctuante y UV normal, c) temperatura a 40°C, d) con radiación UV, e) con filtros de UV. Se analizaron librerías de 16S rDNA de muestras de agua a medio plazo (cuatro meses) y al final del experimento (ocho meses). El análisis filogenético reveló cambios drásticos en la composición y estructura de la comunidad microbiana a lo largo del experimento, en respuesta a cambios de temperatura y la creciente radiación ultravioleta. La temperatura fluctuante fue el factor ambiental que más afectó a las comunidades microbianas durante el experimento. El impacto a largo plazo de estas presiones ambientales disminuyó la diversidad de las comunidades bacterianas acuáticas. Los cambios en estas comunidades se producen en una escala de tiempo ecológicamente relevante y pueden modificar el funcionamiento de los ecosistemas de agua dulce en el futuro.

Palabras claves: Mesocosmos, radiación UV, temperatura, diversidad bacteriana, librerías de clonas de ARNr 16S.

Introducción

Las comunidades microbianas desempeñan un papel central en los ciclos biogeoquímicos en los ecosistemas acuáticos (Azam y Malfati, 2007). Bajo escenarios de calentamiento global, cambios en la temperatura y radiación UV pueden modificar el funcionamiento de estos ecosistemas (Adams et al., 2010; Häder et al., 2011). Los daños causados por la radiación UV en la comunidad bacteriana acuática tienen un impacto en la fotosíntesis, la producción de biomasa y la composición de la comunidad (Arrieta, 2000; Winter et al., 2001). La temperatura también juega un papel clave en la dinámica de la comunidad bacteriana, ya que la actividad microbiana y el reciclado de nutrientes aumenta con la temperatura (Adams et al., 2010).

Hasta la fecha, se han hecho pocos estudios sobre la regulación de la diversidad bacteriana por factores ambientales debido a las dificultades propias de trabajar con dichas comunidades durante períodos largos de tiempo (Szabo et al., 2007; Hortnagl et al., 2011). No obstante, el uso de modelos experimentales sencillos y reproducibles de ecosistemas permiten abordar muchas cuestiones que no son accesibles a través de la observación de campo o experimentación (Jessup et al., 2004). Asimismo, el desarrollo de herramientas de biología molecular adecuadas para estudios ecológicos ha hecho posible monitorear modificaciones en la composición bacteriana en el tiempo como consecuencia de cambios ambientales (Winter et al., 2001).

Cuatro Ciénegas (CC) es una cuenca cerrada evaporítica en el desierto de Chihuahua (Coahuila) que alberga en sus pozas una amplia diversidad de tapetes microbianos y estromatolitos que han logrado sobrevivir en aguas extremadamente oligotróficas (Souza et al., 2006, 2008) y que tienen una fuerte cohesividad y redundancia (Breitbart et al., 2009). La composición de las comunidades



bacterianas de estas pozas está dominada por Proteobacteria (principalmente Gamma, Beta y Alfaproteobacteria), seguida por Bacteroidete y Actinobacteria (Escalante et al., 2008; Pajares et al., 2012). Esta composición es similar a la observada en lagos de agua dulce en estudios basados en ARNr 16S (Zwart et al., 2002; Newton et al., 2011).

En este trabajo investigamos cambios en la composición y estructura de las comunidades bacterianas acuáticas de CC en respuesta a modificaciones a largo plazo en la temperatura y radiación UV mediante un enfoque de mesocosmos, que incluye tapetes microbianos “sintéticos”, bacterioplancton y agua de las pozas de CC.

Materiales y métodos

Diseño experimental

Se construyeron 15 mesocosmos de 40 L con tapetes microbianos, bacterioplancton y agua compuesta de tres pequeñas pozas adyacentes y del mismo sistema hidrológico del Rancho Pozas Azules de CC (Coahuila: 26° 49,4' N, 102° 00,9' W). Las pozas son oligotróficas, con similares propiedades fisicoquímicas (pH neutro, ligeramente salinas, baja concentración de nitrógeno y ricas en carbonato de calcio) y tienen tapetes microbianos (Pajares et al., 2012).

En noviembre de 2007 se colocaron charolas de acrílico con portaobjetos de vidrio esmerilados a diferentes profundidades en las tres pozas para atrapar a la comunidad formadora del tapete microbiano. En julio de 2009, se recogió 600 L de agua de las pozas y se mezcló para homogenizar la comunidad microbiana al inicio del experimento. A cada mesocosmo se añadió 40 L de agua compuesta y una charola con 12 portaobjetos al azar procedentes de las pozas.

El diseño experimental consistió en 15 mesocosmos formados por 5 tratamientos y 3 réplicas: a) Control: misma temperatura (30 °C) y UV que las pozas, b) Fluct: temperatura fluctuante con la temperatura ambiental (25-45 °C en verano y 0-20 °C en invierno) y misma UV que las pozas, c) 40C: temperatura a 40 °C, d) UVplus: aumento artificial de la radiación UV, e) UVmin: reducción de luz UV con filtros de acrílico. La regulación de la temperatura y aireación del agua se mantuvo con un Chiller BOYU L-075. Se colocó un HOBO en cada mesocosmo para controlar las variaciones de luz y temperatura. En el tratamiento UVplus se instalaron lámparas de luz UV (BioPro 110-120 V). Los

mesocosmos se colocaron al azar en un edificio del Centro Bachillerato Tecnológico Agropecuario de CC durante ocho meses.

Bibliotecas de clonas de genes de ARNr 16S ambiental

Se obtuvieron bibliotecas de clonas de ARNr 16S a partir de muestras de agua de cada mesocosmo al final del experimento. Se recogieron 3 L de agua de cada mesocosmo y se filtraron con filtros de 0.45 µm. Los filtros se almacenaron a -80 °C antes de la extracción de ADN.

Se extrajo el ADN genómico a partir de dos filtros por mesocosmo utilizando el kit UltraClean Water DNA (Mo-Bio, USA). La mezcla de reacción para la amplificación de los genes ARNr 16S por PCR contuvo: 20-30 ng de ADN en 50 µl, 1 x buffer de PCR, 1.5 mM MgSO₄, 0.4 mM de cada desoxinucleótido, 300 mM de primers universales 27F (5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3') y 1492R (5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3'), 1 mg ml⁻¹ de BSA, 5% de DMSO y 1 U de Taq Platinum ADN polimerasa (Invitrogen, USA.). La amplificación se realizó del siguiente modo: desnaturalización inicial a 94 °C por 3 min, 30 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 1 min, hibridación a 52 °C por 1 min y extensión a 72 °C por 1.2 min, seguido de un periodo de extensión final de 3 min a 72 °C. Los productos amplificados se purificaron y se clonaron con el kit Topo Cloning (Invitrogen, USA). Los insertos clonados fueron aislados con el kit Plasmid Miniprep96 (Millipore Corp.). Los plásmidos se enviaron al Laboratorio de ADN de la Universidad de Washington (Seattle, USA) para la secuenciación de los fragmentos de ARNr 16S.

Las secuencias parciales de los genes ARNr 16S (760 pb) se alinearon contra la base de datos de Greengenes (DeSatis et al., 2003) y, posteriormente, las alineaciones se corrigieron manualmente con el programa Bioedit. Se construyó un árbol filogenético neighbour-joining de las secuencias representativas con el programa QuickTree y se editó con el programa online ITOL (Letunic y Bork, 2007). Se identificaron las unidades taxonómicas operativas (OTU) correspondientes a los clonas que compartían >97% de similitud de secuencia utilizando el programa Mothur (Schloss et al., 2009). También se calcularon los índices de diversidad (Shannon, Simpson, Berger-Parker), estimaciones de riqueza (Chao1) y curvas de rarefacción para cada tratamiento con el programa Mothur.



Fig. 1. Árbol filogenético neighbour-joining de las secuencias de los genes ARNr 16S al final del experimento. La barra de escala representa el 1% de la divergencia estimada en secuencias y los círculos en negrita representan los nodos que tienen un soporte >50% en el análisis de bootstraps de 1,000 réplicas. Los 189 OTUs representativos de las 552 secuencias están definidos a una distancia de corte de 0.03. Cada OTU tiene entre paréntesis el número de clonas representadas por ese OTU en cada tratamiento en el siguiente orden: Control, UVmin, UVplus, 40C, Fluct

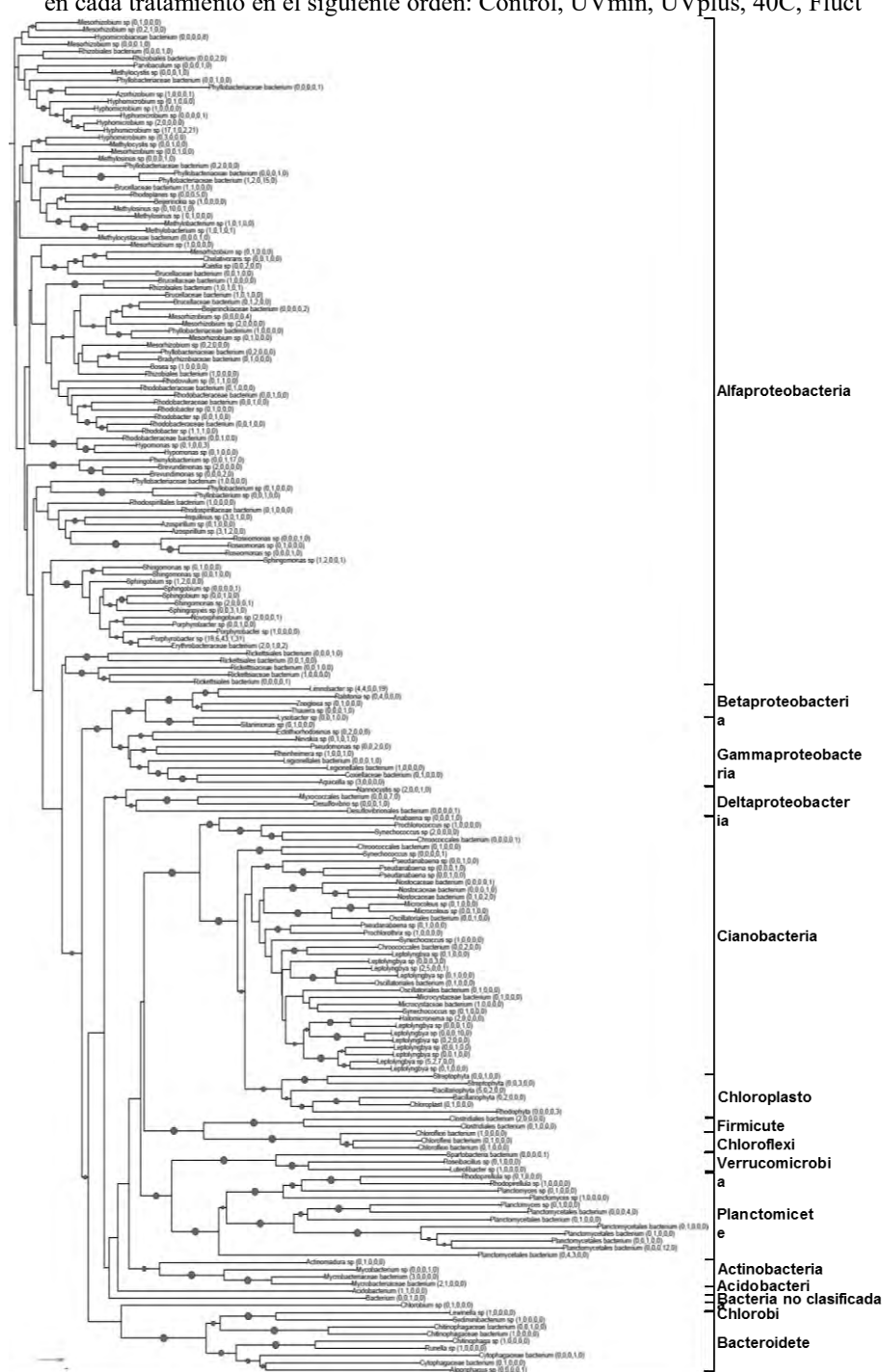




Fig. 2. Abundancia relativa (%) de los grupos taxonómicos de bacterias procedentes de las bibliotecas de clonas en los diferentes tratamientos al final del experimento (ocho meses). Cada barra se refiere a un mesocosmo diferente.

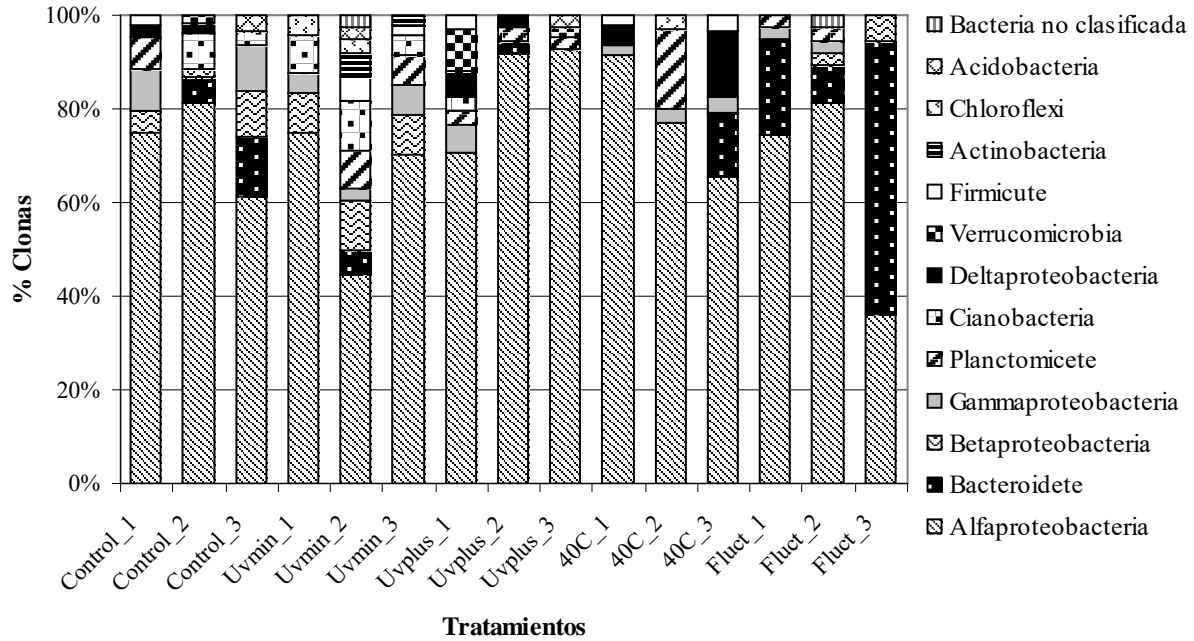


Fig. 3. Curvas de rarefacción de las secuencias de los genes de ARNr 16S para cada tratamiento al final del experimento (ocho meses), mostrando el número de OTUs detectados (al 97% de corte) frente al número de secuencias analizadas en cada tratamiento

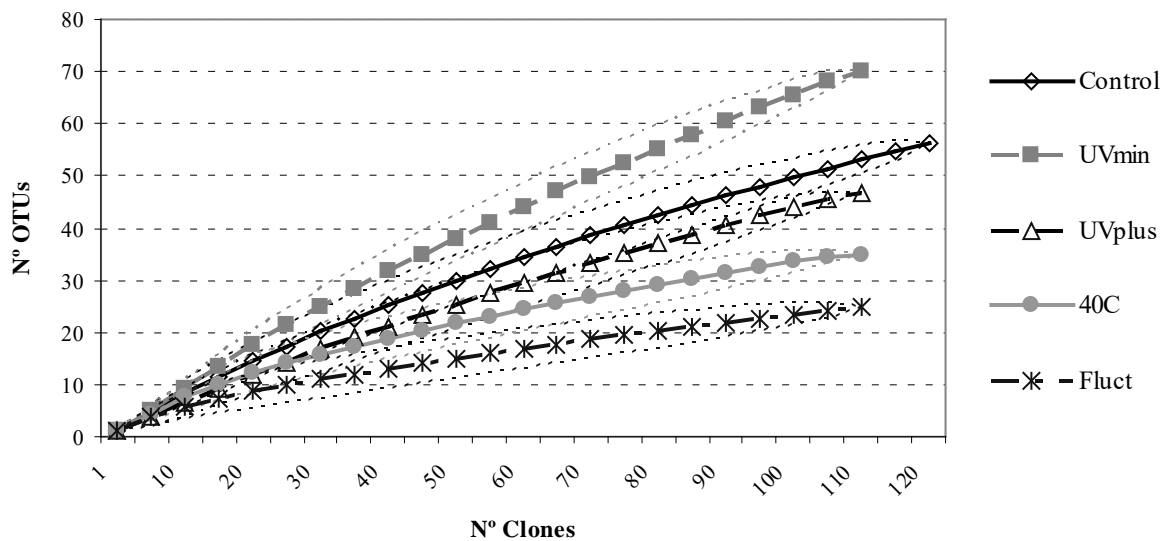




Tabla 1. Índices de diversidad de las secuencias de genes de ARNr 16S (OTUs al 97% de corte) para cada tratamiento al final del experimento (8 meses).

Tratamientos	Sobs	Chao1	Shannon (H')	Simpson (1/D)	Berger-Parker
Control	56	126 (86-222)	3.47 (3.24-3.71)	0.053 (0.03-0.076)	0.16
Uvmin	70	208 (133-372)	4 (3.82-4.19)	0.017 (0.008-0.026)	0.092
UVplus	46	111 (70-231)	2.84 (2.51-3.17)	0.169 (0.097-0.241)	0.406
40C	35	81 (50-174)	2.95 (2.73-3.17)	0.079 (0.058-0.103)	0.169
Fluct	25	93 (44-245)	2.29 (1.98-2.45)	0.163 (0.123-0.203)	0.3

*Intervalo de confianza de cada índice entre paréntesis. Sobs = riqueza observada.

Resultados

Los resultados de la biblioteca de clonas revelaron cambios drásticos en la composición de la comunidad bacteriana al final del experimento. Se recuperaron 189 OTUs, pertenecientes a 13 linajes de Eubacteria, de 552 secuencias de ARNr 16S (Fig. 1). Alfaproteobacteria dominó todos los tratamientos al final del experimento (61,2%), seguida de Cianobacteria (16,5%), Betaproteobacteria (6%) y Planctomicetes (5,8%) (Fig. 2). Rhizobiales y Sphingomonadales fueron los órdenes más importantes (147 y 123 secuencias, respectivamente; Fig. 1).

El UVmin fue el tratamiento con el mayor porcentaje de OTUs recuperados (71 OTUs de 109 secuencias). Las Alfaproteobacterias fueron diversas y abundantes en este tratamiento, como las Cianobacterias, destacando *Leptolyngbya*. El Control siguió en número de OTUs recuperados (46 OTUs de 106 secuencias). Entre las Alfaproteobacterias destacaron *Porphyrobacter* e *Hyphomicrobium* y la mayoría de las Cianobacterias pertenecieron a *Leptolyngbya* y *Bacillariophyta*. El tratamiento UVplus tuvo la mayor variabilidad de OTUs recuperados entre sus réplicas, con un total de 52 OTUs de las 113 secuencias, siendo *Porphyrobacter* el género más abundante. En el 40C se recuperaron 41 OTUs de 107 secuencias. Las Alphaproteobacterias también fueron dominantes, predominando los OTUs con estrecha afinidad a *Phenylobacterium* y *Phyllobacteriaceae*. Las Cianobacterias aumentaron considerablemente en este tratamiento y la mayoría pertenecieron a

Leptolyngbya. El tratamiento Fluct tuvo el menor número de OTUs recuperados (29 OTUs de 110 secuencias) y estuvo dominado por Alfaproteobacterias (principalmente *Porphyrobacter* e *Hyphomicrobium*) y Betaproteobacterias (con gran abundancia de un OTU con estrecha afinidad a *Limnobacter*).

El análisis de rarefacción indicó que el esfuerzo de secuenciación no fue lo suficientemente grande para capturar la diversidad completa de las comunidades bacterianas de los mesocosmos, ya que ninguna curva alcanzó la asíntota (Fig. 3). Los índices de diversidad revelaron que el tratamiento UVmin tuvo la mayor diversidad microbiana, mientras que la riqueza disminuyó fuertemente en los tratamientos 40C y Fluct, mientras que UVplus afectó negativamente a la uniformidad (Tabla 1).

Discusión

El objetivo de esta investigación fue estudiar los efectos de diferentes tipos de estrés ambiental sobre la composición y estructura de las comunidades bacterianas acuáticas de CC a largo plazo (ocho meses) y contrastarlos con los resultados obtenidos a corto plazo (40 días), que se presentaron en un estudio anterior (Pajares et al., 2012).

Las comunidades bacterianas encontradas en este experimento tienen una composición similar a la de otros ambientes de agua dulce (Zwart et al., 2002; Newton et al., 2011) y son también abundantes en



otros sitios de CC (Escalante et al., 2008; Souza et al., 2008). La mayoría de los grupos taxonómicos varió entre tratamientos, mientras que un pequeño número de OTUs dominó todos los tratamientos, lo que sugiere que estos organismos son generalistas con amplia tolerancia a cambios ambientales.

Este patrón se ajusta a un modelo de ensamblaje bacteriano que consiste en un "núcleo" de taxas y un "banco de semillas" de especies raras (Pedrós-Alió, 2006). Los primeros son los organismos más abundantes y activos dentro de la comunidad y que están adaptados a cambios ambientales. Los segundos son las taxas ocasionales que constituyen una reserva de diversidad para iniciar el desarrollo de nuevas comunidades cuando las condiciones ambientales cambian. En este estudio, *Porphyrobacter* fue el género más abundante en todos los tratamientos, lo que sugiere que este organismo es parte del núcleo de la comunidad. Se trata de un grupo generalista quimioorganótrofo que sintetiza bacterioclorofila y tiene muchas adaptaciones para sobrevivir en condiciones oligotróficas y de estrés, por tanto puede competir en cualquier entorno (Fuerst et al., 1993).

Hubo una disminución general en la abundancia de algunos grupos importantes de bacterias de agua dulce con respecto al experimento a corto plazo (Pajares et al., 2012), como las familias Microbacteriaceae y Sphingomonadaceae. Estos grupos son oportunistas de rápido crecimiento que aumentan su abundancia después de una perturbación, pero su número disminuye a largo plazo cuando la comunidad comienza a estabilizarse. También se observaron nuevos OTUs al final del experimento como consecuencia del aumento de la uniformidad, mejorando así la probabilidad de muestreo de grupos que no fueron inicialmente abundantes.

Por ejemplo, los productores primarios en este experimento, como las cianobacterias (especialmente *Leptolyngbya*, una filamentosa que abunda en los tapetes microbianos), aumentaron a largo plazo. Estos resultados subrayan la importancia de dar seguimiento a grupos taxonómicos a largo plazo en estudios de cambios en la composición bacteriana debido a factores ambientales.

La alta riqueza y diversidad bacteriana encontrada en los tratamientos UVmin y Control sugieren que la estabilidad del medio ambiente juega un papel fundamental en la diversificación y ensamblaje de

comunidades complejas y, por lo tanto, en el desarrollo de más funciones.

Por otra parte, las perturbaciones afectaron a la estructura de la comunidad debido a un aumento de la dominancia de unas pocas taxas (UVplus) o la disminución de la riqueza (Fluct y 40C). La propagación de unos pocos OTUs en los tratamientos con condiciones extremas se debe probablemente a un incremento de la competencia de otros miembros de la comunidad bacteriana, ocasionando una disminución en su número a niveles indetectables (Youssef y Elshajed, 2009). Por ejemplo, la inestabilidad de la temperatura en el tratamiento Fluct promovió la diversidad local a corto plazo (Pajares et al., 2012), produciendo una alta competencia intraespecífica, lo que resultó en una disminución de la riqueza en este tratamiento a largo plazo.

La temperatura jugó un papel clave en el control de la comunidad bacteriana en el experimento, ya que se sabe que la dinámica microbiana cambia rápidamente con los cambios de temperatura (Adams et al., 2010). Un incremento de la temperatura puede aumentar la actividad bacteriana y el reciclaje de nutrientes, favoreciendo organismos adaptados a temperaturas más altas y con mayores tasas de crecimiento. Este es el caso del género *Phenylobacterium*, que se presentó casi exclusivamente en el tratamiento 40C al final del experimento. De acuerdo con Adams et al. (2010), fluctuaciones temporales de temperatura pueden favorecer la persistencia de diferentes grupos de bacterias generalistas. En contraste, la comunidad bacteriana en el tratamiento Fluct fue muy desigual, predominando unos pocos OTUs generalistas, como *Hyphomicrobium*, lo que significa que el funcionamiento de este ecosistema acuático sería menos resistente a este tipo de estrés ambiental.

Algunos grupos (*Porphyrobacter*, *Leptolyngbya*) que incrementaron su diversidad en el tratamiento UVplus parecen haberse aclimatado a la exposición UV a largo plazo, lo que indica la existencia de una alta capacidad de tolerancia contra este estrés ambiental en las comunidades bacterianas acuáticas de CC. En el caso de las cianobacterias, esta aclimatación se vio favorecida por su lento crecimiento, ya que la radiación UV eliminó la competencia, además de la presencia en este grupo de mecanismos para reparar el daño causado por la radiación UV (por ejemplo, sistema antioxidante y/o aumento de las concentraciones celulares de enzimas de reparación; Roos y Vincent, 1998).



Conclusión

Este experimento de mesocosmos nos muestra cómo las comunidades bacterianas acuáticas de CC pueden responder a cambios ambientales. A largo plazo hubo un pequeño número de OTUs generalistas que sobrevivieron a todos los cambios ambientales estudiados. Por otra parte, la comunidad bacteriana disminuyó su diversidad en los tratamientos más extremos, lo que demuestra que el impacto a largo plazo de factores ambientales relacionados con diferentes escenarios de cambio climático, como un aumento de la radiación UV y temperatura y/o la temperatura fluctuante, reducirá la diversidad y riqueza, seleccionando determinadas comunidades bacterianas acuáticas resistentes a estos impactos. La temperatura fluctuante fue el factor ambiental más importante al cambiar rápida y drásticamente la composición y estructura del bacterioplancton. Estos cambios en la comunidad bacteriana pueden ocurrir en escalas de tiempo ecológicamente relevantes (días o meses) y, por tanto, modificar el funcionamiento de los ecosistemas de agua dulce en un futuro cercano.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por los programas SEP-CONACyT 50705, SEMARNAT 0023459 y WWF-Alianza Carlos Slim OL039. S. Pajares tuvo una beca postdoctoral del CSIC (España). Nos gustaría agradecer a J.A. Valdivia, los maestros C.H. Hernández y P.L. Arizpe y los estudiantes del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) de CC, también a los integrantes del Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental (UNAM) por la excelente asistencia técnica en el campo y el experimento. Agradecemos especialmente a PRONATURA Noreste para el acceso al rancho Pozas Azules, la oficina del APFF de Cuatro Ciénegas, por su apoyo constante, y sobre todo al CBTA por proporcionar el lugar y el apoyo para el experimento.

Fuentes de consulta

1. Adams HE, Crump BC, Kling GW (2010). Temperature controls on aquatic bacterial production and community dynamics in arctic lakes and streams. *Environ Microbiol* 12: 1319-1333.
2. Arrieta JM, Weinbauer MG, Herndl G (2000). Interspecific variability in sensitivity to UV radiation and subsequent recovery in selected isolates of marine bacteria. *Appl Environ Microbiol* 66:1468-1473.
3. Azam F, Malfatti F (2007). Microbial structuring of marine ecosystems. *Nat Rev Microbiol* 5: 782-791.
4. Breitbart M, Hoare A, Nitti A, Siefert J, Haynes M, Dinsdale E, Edwards R, Souza V, Rohwer F, Hollander D (2009). Metagenomic and stable isotopic analyses of modern freshwater microbialites in Cuatro Ciénegas, Mexico. *Environ Microbiol* 11: 16-34.
5. DeSantis TZ, Dubosarsky I, Murray SR, Andersen GL (2003). Comprehensive aligned sequence construction for automated design of effective probes (CASCADE-P) using 16S rDNA. *Bioinform* 19: 1461-1468.
6. Escalante AE, Eguiarte LE, Espinosa-Asuar L, Forney LJ, Noguez AM, Souza V (2008). Diversity of aquatic prokaryotic communities in the Cuatro Ciénegas basin. *FEMS Microbiol Ecol* 65: 50-60.
7. Fuerst JA, Hawkins JA, Holmes A, Sly LI, Moore CJ, Stackebrandt E (1993). *Porphyrobacter neustonensis* gen. nov., sp. nov., an aerobic bacteriochlorophyll-synthesizing budding bacterium from freshwater. *Int J Syst Bacteriol* 43: 125-134.
8. Häder DP, Helbling EW, Williamson CE, Worrest RC (2011). Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photochem Photobiol Sci* 10: 242-260.
9. Hörtnagl P, Pérez MT, Sommaruga R (2011). Contrasting effects of ultraviolet radiation on the growth efficiency of freshwater bacteria. *Aquat Ecol* 45: 125-136.
10. Jessup CM, Kassen R, Forde SE, Kerr B, Buckling A, Rainey PB, Bohannan BJM (2004). Big questions, small worlds: microbial model systems in ecology. *Trends Ecol Evol* 19: 189-197.
11. Letunic I, Bork P (2007). Interactive Tree Of Life (iTOL): an online tool for phylogenetic tree display and annotation. *Bioinform* 23: 127-8.
12. Newton RJ, Jones SE, Eiler A, McMahon KD, Bertilsson S (2011). A guide to the natural history of freshwater lake bacteria. *Microbiol Molec Biol Rev* 75: 14-49.
13. Pajares S, Bonilla-Rosso G, Travisano M, Eguiarte LE, Souza V (2012). Mesocosms of aquatic bacterial communities from the Cuatro Ciénegas basin (Mexico): a tool to test bacterial community response to



- environmental stress. *Microb Ecol*. doi: 10.1007/s00248-012-0045-7.
14. Pedrós-Alió C (2006). Marine microbial diversity: can it be determined? *Trends Microbiol* 14: 257-263.
 15. Ross JC, Vincent WF (1998) Temperature dependence of UV radiation effects on antarctic cyanobacteria. *J Phycol* 34: 118-125.
 16. Souza V, Espinosa-Asuar L, Escalante AE *et al.*, (2006). An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *Proc Natl Acad Sci USA* 103: 6565-6570.
 17. Souza V, Eguiarte LE, Siefert, J, Elser JJ (2008). Microbial endemism: does phosphorus limitation enhance speciation? *Nature Rev Microbiol* 6: 559-564.
 18. Schloss PD, Westcott SL, Ryabin T *et al.*, (2009). Introducing mothur: Open-source, platform-independent, community-supported software for describing and comparing microbial communities. *Appl Environ Microbiol* 75: 7537-7541.
 19. Szabo KE, Ito POB, Bertilsson S, Tranvik L, Eiler A (2007). Importance of rare and abundant populations for the structure and functional potential of freshwater bacterial communities. *Aquat Microb Ecol* 47: 1-10.
 20. Winter C, Moeseneder MM, Herndl GJ (2001). Impact of UV radiation on bacterioplankton community composition. *Appl Environ Microbiol* 67: 665-672.
 21. Youssef NH, Elshajed MS (2009). Diversity rankings among bacterial lineages in soil. *ISME J* 3: 305-313.
 22. Zwart G, Crump BC, Agterveld MPKW, Hagen F, Han SK (2002). Typical freshwater bacteria: an analysis of available 16S rRNA gene sequences from plankton of lakes and rivers. *Aquat Microb Ecol* 28: 141-155.

Anexo

Temas de investigación en el contexto de cambio climático

El impacto del cambio climático sobre la diversidad y dinámica de las comunidades microbianas acuáticas.

Efecto del incremento de la radiación ultravioleta en ecosistemas acuáticos.

Impacto del cambio climático en los ciclos biogeoquímicos.



Estudio preliminar de Confort térmico en la vivienda de la ciudad sustentable Nuevo Juan de Grijalva

PávelRuiz Torres Raúl y Gabriel Castañeda Nolasco

Universidad Autónoma de Chiapas

Resumen

El trabajo expone los resultados preliminares del proyecto de investigación denominado “Los componentes y condicionantes de la vivienda en las ciudades sustentables de Chiapas, caso de estudio Juan del Grijalva desarrollado por COCOVI. El levantamiento de datos se realizó durante la estancia en enero de 2011 en Nuevo Juan de Grijalva, el método aplicado se basó en investigaciones realizadas por McCartney y Nicol (2001) y Eduardo González (2003), sobre el estudio del confort térmico bajo el enfoque adaptativo. El objetivo principal fue evaluar el confort térmico de las viviendas determinando la temperatura de neutralidad y las preferencias térmicas.

El clima de la localidad es cálido húmedo, los resultados se compararon con los obtenidos por autores que han desarrollado modelos adaptativos en climas similares. Se presentan las gráficas correspondientes a las variables estudiadas. Se exponen las conclusiones derivadas de este análisis y las recomendaciones del trabajo.

La evaluación del confort térmico y de humedades a partir de estudios de una localidad tiene relevancia en la disciplina de la arquitectura, ya que se podría utilizar dicha información para el diseño e implementación de sistemas y estrategias pasivas en vivienda; además, que el diseño de la vivienda se realizó con el objetivo de alcanzar mejores condiciones de confort térmico para evitar el uso de sistemas activos de climatización.

Palabras clave: Confort térmico, clima húmedo, vivienda rural.

Introducción

El Objetivo general del trabajo es determinar la temperatura neutral y zona de confort de las personas que habitan las viviendas para el mes de enero bajo el enfoque adaptativo. Se expone los resultados preliminares del estudio del confort térmico del proyecto de investigación denominado

“Los componentes y condicionantes de la vivienda en las ciudades rurales sustentables de Chiapas. Caso de estudio Juan de Grijalva” realizado por el Cuerpo Académico COCOVI de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Este trabajo permitirá contribuir en conocimiento para mejorar los problemas y necesidades presentadas en el ámbito arquitectónico del prototipo de vivienda en Nuevo Juan de Grijalva.

La ciudad se encuentra ubicada en el municipio de Ostuacan, en la región norte del estado de Chiapas, cuenta con clima cálido húmedo con lluvias en verano con una altitud sobre el nivel del mar de 320.

Materiales y métodos.

Para el estudio de confort térmico se seleccionaron las viviendas aleatoriamente ubicadas en distintas partes de la ciudad, el número de personas que accedieron a participar en el estudio fue de 35, el levantamiento de datos se realizó durante el 16 y 17 de enero en periodo matutino y vespertino.

El método para seleccionar a las personas en el trabajo de campo fue a través de una muestra dirigida, ya que se buscaba tener personas que fueran serias al responder los cuestionarios y además tener la seguridad de instalar el equipo de monitor de estrés térmico, que es frágil en su funcionamiento, por ello fue importante elegir cuidadosamente y de forma controlada la elección de los sujetos con ciertas características especificadas

Aspectos que se consideraron para la selección de las personas en la muestra:

Es importante mencionar que las características están presentadas muy sintetizadas y se encuentran desarrolladas de acuerdo a los factores internos y externos que afectan en la preferencia térmica de las personas.



Los aspectos a considerar para la selección de las personas a entrevistar fueron las siguientes:

- Se encuestaron personas de 11 años a 75 años de edad.
- Que las personas lleven viviendo en la ciudad por un mínimo de 6 meses posterior al estudio de campo.
- Que estén dispuestos en contestar el cuestionario.
- Que sean viviendas ventiladas naturalmente.
- Que las viviendas de los sujetos seleccionados se encuentren ubicados en distintas partes de la ciudad rural.

Equipo empleado para el monitoreo del confort térmico:

Los datos que se registraron en el interior de las viviendas son: la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo, humedad relativa y velocidad del viento. Para el monitoreo en interiores se utilizó el equipo de monitor de estrés térmico QUESTemp 36 (ver figura 1).

Figura 1: Monitor de estrés térmico y anemómetro omnidireccional, modelo QUESTemp 36



El cuestionario se desarrolló a partir del cuestionario utilizado en el proyecto “Confort térmico y ahorro de energía en la vivienda económica en México, regiones de clima cálido seco y húmedo” (CONAVI) (2005); así como también el revisado de otras investigaciones análogas y se realizaron

modificaciones para adaptarlo a los objetivos del trabajo de estudio. El cuestionario utilizado fue el adaptado en la tesis doctoral de Ruiz, Pável (2011). El objetivo de este cuestionario fue establecer la sensación y la preferencia térmica del usuario de la vivienda.

La encuesta está estructurada en 5 partes, las cuales se explican en los siguientes párrafos:

1) Datos de control:

Es para registrar las fechas, los folios de cada cuestionario del periodo del monitoreo y registrar quien capturó la encuesta.

2) Información general del habitante:

Este es llenado en gabinete, contiene datos que identifican al habitante y datos que son constantes durante el periodo de monitoreo, como es la estatura, el peso y la edad.

3) Datos llenados por cada sesión de respuestas:

Se registra los datos temporales como fecha y hora, ya que se llenara un cuestionario cada hora, se pretende conocer fecha y hora que se respondió para poder compararlo con los datos registrados por los equipos. Y se registran factores que cambian en tiempo como es el tipo de vestimenta y dispositivos de control climático activados en el lugar, el tiempo que lleva en la casa y la actividad desarrollada antes de contestar el cuestionario.

Para el tipo de vestimenta se clasificó de acuerdo a la forma de vestir en casa en la localidad, para la clasificación nos ayudamos del factor “Clo” (Innova, 1997) para su posterior análisis. Para el caso de la actividad desarrollada se basó en la ISO 8996 (1989), esta norma forma parte de una serie de normas internacionales que hacen referencia al ambiente térmico.

En ella se describen los diferentes métodos de determinación del consumo energético indicando el nivel de precisión de cada uno de ellos.

4) Percepción del ambiente higrotérmico interior en la vivienda:

Contiene datos para la identificación de la sensación, preferencia y tolerancia de las personas que habitan la vivienda respecto al ambiente higrotérmico. Se pregunta la sensación térmica, sensación de humedad, sensación de ventilación, sensación de radiación, preferencia de temperatura, preferencia de humedad, preferencia de ventilación, preferencia de radiación y tolerancia personal ante el ambiente térmico. Las escalas de sensación y preferencias se realizaron de acuerdo al ISO 10551 (Estándar que marca los elementos que se



necesitan para realizar una evaluación del ambiente térmico a partir de preguntas subjetivas).

5) Datos de monitoreo Físico:

Es llenado en gabinete y se anota los datos registrados por equipo de monitor de estrés térmico. Existen dos columnas, una de datos registrados en interiores y otra para datos registrados en exteriores. Los datos medidos en interiores que se anotan son la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo, humedad relativa y la velocidad del viento. Los datos anotados en exteriores es la temperatura de bulbo seco, humedad relativa y temperatura de rocío.

A continuación se presentan algunas fotos durante el levantamiento de datos en las viviendas (ver figuras 2 y 3).

Figura 2: Fotos durante el estudio de campo



Figura 3: Fotos durante el estudio de campo



Método de análisis

Para el análisis de los datos se utilizó el software Excel, con dicho programa se encontró la temperatura neutra de confort a partir de una regresión de mínimos cuadrados y para la obtención

de la zona de confort térmico se añadió ± 2.5 para definir los límites de la zona.

En la figura 3 se graficó en el eje de las “Y” la sensación térmica de las personas y en el eje de las “X” la Temperatura de Bulbo Seco (TBS). Una vez ingresado los datos se agrega una línea de tendencia solicitando el valor R para determinar el grado de correlación entre los datos.

El valor R dede 0.6288, el cual indica que existe relación entre los datos y no es fortuito los resultados, cabe destacar que el ideal de R son los valores 0.9, pero con los pocos datos obtenidos en campo es alto el valor, ya que al aumentar a 100 casos seguramente el valor estará alrededor de 0.8 o 0.9. Una vez obtenido la línea de tendencia se puede obtener la Temperatura neutral (Tn), puede ser gráficamente como se expresa en la figura 5 o sustituyendo el valor “cero” en la ecuación de la recta, despejando el valor de “X”. La Tn resultante es de 25.8 °C, que para fines prácticos se redondea a 26 °C. Una vez que se obtiene la Tn se le suma y resta 2.5 para determinar los límites de la zona de confort.Finalmente la zona de confort obtenido es de 23.5°C a 28.5°C, la Tn resulta de 26°C.Se comparó la Tn con dos modelos adaptativos obtenidos en climas similares, los resultados son los siguientes:Brager-DeDear (1998), su fórmula es $Tn= 17.38+((0.31*Tm))$, siendo Tm la media del mes a analizar o en su caso anual. Para Humpreys- Nicol (2000), su fórmula es $Tn=13.5+ ((0.51*Tm))$. El valor a sustituir se eligió el promedio de TBS para Enero obtenido del SMN histórico de las normales climatológicas, el cual es Tm para enero en Ostuacan de 25.7°C.

Resultados del análisis del confort térmico

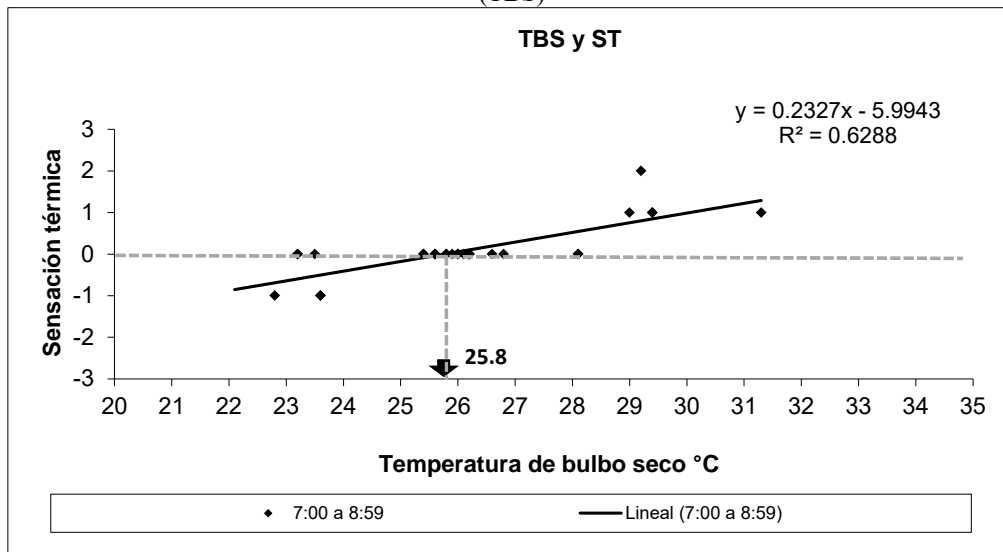
Los resultados de la tabla 1 indican que lo obtenido en “Tn” cumple con los parámetros mencionados bajo el enfoque adaptativo, la diferencia entre los modelos es mínima, por lo tanto podría utilizarse preliminarmente para evaluar condiciones de comportamiento térmico en las viviendas de la ciudad rural, quedando con una Tn= 26°C con una zona de confort que va de los 23.5°C a los 28.5°C.

Tabla 1: Cálculo de Tn con dos modelos adaptativos para el mes de enero

Brager-De Dear (1998)	Tn=	25.3
Humpreys- Nicol (2000)	Tn=	26.6



Figura 3: Análisis de los datos por regresión por mínimos cuadrados. Sensación térmica (ST) y temperatura de bulbo seco (TBS)



Conclusiones

Los resultados de la zona de confort obtenido y la Tn coinciden con modelos adaptativos más utilizados en estudios de confort térmico, con la premisa de que las personas tienden a adaptarse a las condicionantes climáticas que ellos experimentan.

Es importante señalar que a pesar de haber obtenido pocas respuestas para este tipo

de análisis, los resultados demuestran que es posible tener un acercamiento a la determinación de las preferencias térmicas. Estos resultados se compararán con los próximos estudios que se realizarán en los meses cálidos, pero se puede inferir que aumentará las respuestas de sensación de calor y por consiguiente la Tn y la zona de confort térmica por la condición climática.

Con la información obtenida se desarrollará propuestas de mejoramiento a la vivienda Nuevo Juan de Grijalva. La evaluación del confort térmico y de humedades a partir de estudios de una localidad tiene relevancia en la disciplina de la arquitectura, ya que se podría utilizar dicha información para el diseño e implementación de sistemas y estrategias pasivas en vivienda; además, que el diseño de la vivienda se realizó con el objetivo de alcanzar mejores condiciones de confort térmico para evitar

el uso de sistemas activos de climatización, lo cual permite disminuir el uso de energía eléctrica impactando de esta forma menor al ambiente y por consecuencia al efecto del cambio climático.

Fuentes de consulta

1. Auliciems y Szokolay. S.V. Thermal confort. PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture. University of Queensland, 1999.
2. Comisión Nacional del Agua y el Sistema Meteorológico Nacional. Página web: <http://smn.cna.gob.mx>.
3. Gómez-Azpeitia, G., Bojórquez, G. Ruiz, R.P., Romero, R.A., Ochoa, J.M., Pérez, M., Reséndiz, J. y Llamas, A. (2009). Comfort Temperatures inside low-cost housings of six warm climate cities in Mexico, PLEA 2009 The 26th International Conference, 21-24 June 2009.
4. Ruiz Torres, R. P. (2011). Confort térmico variable en clima cálido subhúmedo. Coquimatlán, Colima.: Tesis Doctoral en Programa PIDA.
5. Vecchia, Francisco, (1997). Tesis doctoral: Clima y ambiente construido. A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano, San Pablo, FFLCH USP.



Fusión de la Arquitectura Orgánica y sustentable ante el Cambio Climático

Liliana Eneida Sánchez Platas y Jesús Sanchez Luqueño

Universidad Tecnológica de la Mixteca

Resumen

Una de las líneas de investigación de la arquitectura sustentable analiza la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, optando por los de bajo contenido energético o bajo requerimiento energético para su producción.

La incorporación de materiales reutilizados o reciclados en el proceso constructivo aunado a la arquitectura orgánica ha permitido darle un valor añadido al espacio construido. El rehúso de botellas de pet -politereftalato de etileno- como material de construcción, reduce los costos de la obra además de fungir como aislante térmico aunado a su vacío parcial, incitar a la reflexión de la luz solar, permite generar espacios diáfanos y su forma favorece la recolección de agua de lluvia y humedad ambiental, entre otras potencialidades.

La arquitectura orgánica permite estudiar a la naturaleza como un elemento inspirador en perfecto funcionamiento adaptándose al medio ambiente como consecuencia de millones de años de evolución. La fusión de la arquitectura sustentable con formas ondulantes permite afrontar a los elementos del medio físico natural. El impacto del cambio climático ante el espacio construido exige una evolución de la arquitectura tradicional.

Introducción

La vivienda busca ser un espacio para resguardar al ser humano de las inclemencias del tiempo y descansar. Además permitirá utilizar materiales

reciclados en su construcción logrando ser más económica en relación con el sistema de construcción tradicional de cemento y varilla.

Otro de los conceptos involucrado en nuestro tema es el de la basura, los cuales son materiales y productos que ya no deseados considerados como desechos y que necesitamos eliminar de nuestra casa, de nuestra vida y de nuestro planeta.

El manejo de esta basura o residuos atraviesa tres etapas principalmente, Recolección, Tratamiento y Eliminación.

Sin embargo no ha sido posible reducir el nivel de impacto negativo sobre el medio ambiente y la sociedad.

Tradicionalmente entre la etapa de tratamiento y eliminación la basura se coloca en lugares previstos para su recolección los cuales generalmente en espacios a cielo abierto provocando graves problemas de contaminación atmosférica en el contexto del sitio e incluso por la acción de los vientos dominantes esta contaminación puede llegar a lugares muy lejanos, además de la contaminación del suelo que lo vuelven inerte y la contaminación visual entre otras.

Producto de investigaciones biológicas ahora se sabe que los tiraderos ó vertederos, rellenos sanitarios u cualquier otro tipo de lugar en el cual se canalice la basura tarde o temprano desencadenaran contaminación ambiental.

Lo peor de la basura además de su impacto es la falta de visión que hemos tenido sobre el potencial económico y de empleo que puede llegar a generar y que solo algunas compañías lo han identificado y aprovechado para su beneficio.

Algunas empresas aprovechan los residuos y en ocasiones los procesan para generar materias primas para otros usos, por ejemplo las llantas usadas son reutilizadas y tratadas para convertirlas en materia prima para integrar asfalto y construir carreteras. Los huesos de los animales de los rastros se pulverizan y se integran a la materia prima para generar alimento para animales, aceites ó velas. El bagazo, que no es más que la fibra de la fruta, es utilizada por empresas de fertilizantes, recordemos el principio de la composta que es la mezcla de tierra y basura orgánica.

En nuestras viviendas tenemos desechos líquidos y sólidos, todos se pueden reutilizar. El agua usada o servida es un desecho líquido, por ejemplo el agua de la lavadora puede ser reutilizada en los wc.

Existen algunos residuos sólidos los cuales no es necesario tratarlos en la industria para poderlos reutilizar por sí mismos tienen un valor económico y rentable, materiales potencialmente reciclables.



En nuestra vivienda podemos encontrar envases y pedazos de vidrio, botellas, tapas y tapones de plástico, aluminio, papel y cartón, tetra pack, telas, unicel, metales diversos, materia orgánica, entre otros.

Arquitectura sustentable

La arquitectura sustentable busca concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, entendiéndose el concepto de sostenibilidad como **la capacidad de satisfacer las necesidades de generaciones presentes sin poner en riesgo la capacidad de satisfacción de las generaciones futuras**, buscando optimizar los recursos naturales y sistemas de la edificación minimizando el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes. Es decir minimizar el impacto de la vivienda sobre el medio ambiente y viceversa el impacto del medio ambiente producto del cambio climático en los niveles de confort de los habitantes de la vivienda.

Los principios de la arquitectura sustentable incluyen:

- La consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en que se construyen los edificios, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto.
- La eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, primando los de bajo contenido energético frente a los de alto contenido energético
- La reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración,

iluminación y otros equipamientos, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables

- La minimización del balance energético global de la edificación, abarcando las fases de diseño, construcción, utilización y final de su vida útil.
- El cumplimiento de los requisitos de confort higrotérmico, salubridad, iluminación y habitabilidad de las edificaciones

Una de las áreas de la arquitectura sustentable es buscar la eficiencia y moderación en el uso de materiales de construcción, priorizando el uso de los que hayan implicado un bajo consumo energético

frente a los de alto contenido energético y en consecuencia se inclina por los materiales reciclados los cuales implicaron un proceso de consumo energético y al ser reciclados son utilizados como materiales para construcción a aquellos que son de nueva creación e implicaron un proceso de transformación de materias primas exclusivo para convertirlos en materiales para construcción.

los materiales reciclados que se han utilizado para la construcción se encuentran las botellas de plástico, las llantas usadas, el aluminio, el vidrio y el tetra pack, en diferentes presentaciones, tamaños, posiciones y formas.

Arquitectura orgánica.

El teórico David Pearson propuso una lista de reglas hacia el diseño de una arquitectura orgánica, se conoce como la carta de Gaia para la arquitectura y el diseño orgánicos. Dice:

El diseño debe:

Ser inspirado por la naturaleza y ser sostenible, sano, conservativo y diverso.

Revelar, como un organismo, el interior de la semilla.

Existir en el “presente continuo” y “comenzar repetidas veces”.

Seguir los flujos y ser flexible y adaptable.

Satisfacer las necesidades sociales, físicas, y del espíritu.

“Crecer fuera del sitio” y ser único.

Celebrar la juventud, jugar y sorprenderla.

Expresar el ritmo de la música y de la energía de la danza.

Basado en estos principios el diseño orgánico se genera inspirado en la naturaleza para crear alternativas sostenibles, con diversas aplicaciones, tratando de fusionarlo con el sistema alternativo de construcción y crear expectativas de beneficio para la sociedad, la naturaleza ofrece soluciones que ella misma tiene en práctica, usa formas, bio-estructuras que dan estabilidad a cada forma orgánica, en realidad hay tecnología eficiente presente en cada manifestación biológica, las formas exteriores y las



cavidades interiores de estas manifestaciones, tienen todo resuelto, porque sus partes y elementos están eternamente ligados y funcionan perfectamente, e interactúan entre sí para garantizar su supervivencia, algunas hojas de la plantas están diseñadas de tal manera que aprovechan la humedad ambiental y logran conducirla a su interior por medio de poros y de canales para lograr la supervivencia, ejemplo la hoja elegante, con formas ondulantes y con canales los cuales cumplen con la función de llevar las gotas de rocío o de lluvia que caen sobre ella, la superficie de doble curvatura absorbe la cantidad de calor que incide sobre ella para crear el efecto de la fotosíntesis, es decir solo la parte expuesta recibirá calor, porque no necesariamente la hoja requiere de este fenómeno.

Una cocha de caracol permite a observar el área con mayor incidencia solar, el resto de la superficie no está expuesta al sol completamente, el ejemplo grafico de la cubierta inspirada en la concha de caracol muestra que la superficie no recibe el asoleamiento totalmente. (Figura 1)

En el caso de las curvas en un solo sentido como las bóvedas de cañón corrido, la radiación solar incide directamente en un solo punto de manera perpendicular sobre cierta área de la cubierta, mientras que la parte que no está expuesta a los rayos solares se mantiene ligeramente expuesta y a medida que va cambiando la dirección de los rayos solares esta se va enfriando o calentando según el caso, el ejemplo de la aplicación de este criterio lo observamos también en una cubierta cónica sobre una casa de planta circular, la radicación solar será sobre un solo punto de su superficie, si esta fuera esférica la incidencia solar sería sobre un solo punto y no sobre un área lineal de la cubierta. (Figura 2)

En las figura 3 se muestra como las superficies de doble curvatura, reciben la radicación solar en un solo punto, se observa que el área más oscura no recibe asoleamiento, por tanto esa parte de la cubierta permanece más fresca, y cuando el dirección del sol rota, la temperatura cambia puesto que la incidencia solar esta perpendicularmente sobre un solo punto y no en toda la superficie

El crecimiento logaritmico del nautilus nos ayuda a organizar los espacios de manera que estos van tomando cierta gerarquía en cuanto a su grado de

importancia de funcionalidad, asimismo el aspecto formal expresa la gerarquía conceptual, el aprovechamiento de los recursos geometricos que ofrece la distribución logaritmica del caracol es sin duda la aportación mas valisosa en cuanto a diseño arquitectónica se refiere, pero tambien aporta grandes beneficios el observar la bio-estructura, la cual es un cascarón muy resistente debido a su doble curvatura y nervadura que crean cada espacio creado por este crecimiento logaritmico, en consecuencia aprovechamos la doble curvatura para crear una estructura muy estable en su resistencia, las cavidades interiores ofrecen al habitante un confort ideal para tener su adecuado crecimiento, por tanto aprovechamos esas cualidades para dar a un espacio interior mayor confort, y evitar el uso de recursos artificiales para una climatización de sus espacios. (Figura 4)

Aplicaciones.

Un primer ejemplo son las viviendas con botellas de plástico y formas orgánicas lo cual permite optimizar los costos de los materiales de construcción, generar menos residuos, posibilitar la autoconstrucción, fomentar la convivencia social, desarrollarlos a través del 'tequio', utilizar arcillas o limos de la región, reducir el uso de cementantes y materiales industrializados, integrarnos al contexto ambiental, utilizar formas autoportantes y sentirnos útiles como sociedad.

El vacío es uno de los mejores aislantes térmicos, la implementación de las botellas de plástico al vacío, herméticamente tapadas permite establecer una barrera al paso del calor entre dos medios que

naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que entre el calor. El tamaño, la posición y el pigmento del plástico permitirán manipular la entrada y la reflexión de luz natural en el interior. (Figura 5)

Algunos de los proyectos desarrollados han integrado la generación de ecotecnias las cuales son instrumentos para aprovechar eficientemente los recursos que la naturaleza nos ofrece para la vida diaria. La base de las botellas de plástico permite el direccionamiento de la precipitación pluvial, humedad ambiental y neblina de la madrugada hacia puntos específicos de la construcción para su recolección, almacenamiento y autoconsumo.



Figura 1 Superficie con una curvatura

Concha de caracol



Cubierta inspirada en la concha

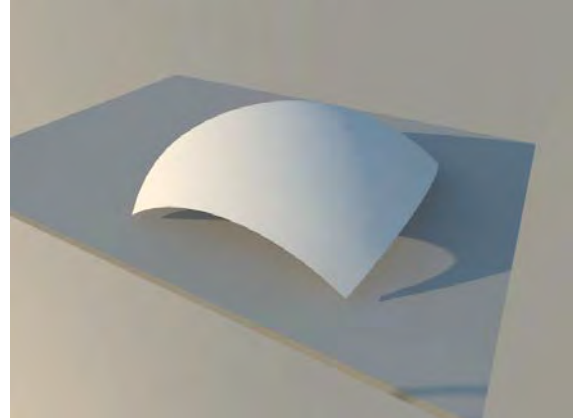
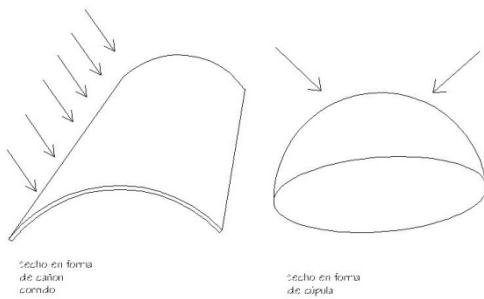


Figura 2

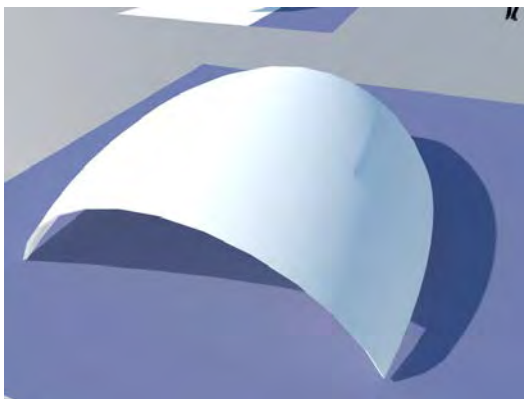
Esquema de superficies curvas



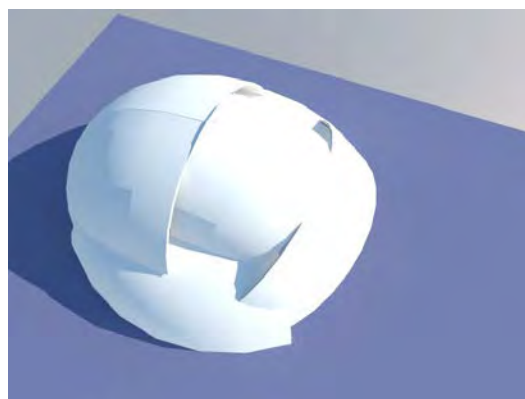
Aplicación de superficie cónica



Figura 3 Analogías de hojas en techos de doble curvatura



Superficie de doble curvatura



Superficie de varias curvas



Aplicación del criterio doble curva



Techos de doble curvatura

Figura 4



Sección del caracol nautilus Maqueta de centro de convenciones

Figura 5 Reutilización de botellas de pet y tetrapack – alumnos de la UTM





La utilización en muebles para la vivienda es otra opción de las formas orgánicas auto portantes y los materiales reciclados, resultan económicas,

altamente resistentes y por consecuencia duraderas, las cuales aun trabajos en la posibilidad de que lleguen a ser móviles.(Figura 6)

Figura 6 Muebles de formas orgánicas y rellenos de botellas de pet para darles ligereza y resistencia a la vez.



Conclusiones

La arquitectura sustentable fusionada con la arquitectura orgánica ofrece beneficios para el medio ambiente y para el ser humano directamente. Busca minimizar o detener el impacto ambiental a través de no usar materiales industrializados, los cuales sobre-explotan los recursos naturales para su generación

Utiliza la basura como materia prima, esto permite que los residuos generados por el ser humano sean menos.

Se logra confort en los espacios, los materiales reciclados soportan el cambio climático (deposición acida, calentamiento global, efecto invernadero), son espacios más económicos, se promueve la

autoconstrucción y la clasificación de la basura son una rentable fuente de ingresos y empleo.

Fuentes de consulta

1. Sánchez Platas, Liliana Eneida. Sánchez Luqueño, Jesús. La participación de la Innovación Tecnológica hacia una Arquitectura Integral. International Congress of Technological Innovation 2010. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Cultural Universitario, Diciembre, 2010, Puebla, Puebla, México. ISBN 978-607-487-243-9 Proceedings of the International Congress of Technological Innovation 2010. CINIT2010. Vol. 1 2010 Págs. 49-54



2. Liliana Eneida Sánchez Platas (Technology University of the Mixteca) Jesús Sánchez Luqueno, Ramiro Marbel Cruz Sánchez, Armando López Torres, Pavel Makagonov. Tools of a new architectural design (library and staff room for technical secondary school No. 189) The 24th world congress of architecture. (UIA2011-Tokio) 20303 pág. 864-865 ISBN 4-903378-09-1 25 Octubre 2011.
3. The sustainability of architectural design (library and the auditorium of the 'Sea University') Liliana Eneida Sánchez Platas (Technology University of the Mixteca) Jesús Sánchez Luqueño, Ramiro Marbel Cruz Sánchez, Armando López Torres, Pavel Makagonov. The 24th world congress of architecture.
4. (UIA2011-Tokio) 30528 ISBN 4-903378-09-1 25 Octubre 2011.

ANEXO

Temas que pudieran ser objetos de ser investigados en el contexto de cambio climático

- Arquitectura sustentable con botellas de pet
- Reciclado en la Arquitectura
- Formas orgánicas en la arquitectura ante el cambio climático



Diseño hidráulico de un sistema de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable considerando el impacto del cambio climático

Gerardo Sánchez Torres¹, Jesús E. Ospina², Rocío Vargas¹, Raisa Barragán¹ y Alejandro Govea¹.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero, Tamaulipas.

²Programa de Investigación en Cambio Climático –PINCC-, UNAM

E-Mail: gsanchezt@uat.edu.mx

Resumen

En este trabajo se presenta el procedimiento de análisis climatológico y de cambio climático para determinar las condiciones actuales de precipitación, y su proyección hacia el futuro, para determinar el volumen de precipitación media anual con el cual se diseñará el sistema de captura de agua de lluvia para el suministro de agua potable. En este procedimiento de diseño hidráulico se incorpora la variable correspondiente al tratamiento de las aguas residuales y su reutilización parcial, o total, para incrementar la confiabilidad del sistema de suministro de agua potable. El procedimiento de cálculo se basa en un análisis de la precipitación mensual, en donde tomando en cuenta la dotación diaria de agua que se desea obtener y el tamaño del tanque de almacenamiento de agua de lluvia, se puede determinar el porcentaje mínimo de reutilización de las aguas residuales para lograr la dotación diaria, maximizando el porcentaje de confiabilidad del sistema en el largo plazo. Este sistema de captura de agua de lluvia se puede aplicar en viviendas unifamiliares en zonas rurales y urbanas, pero además se puede aplicar en edificios de condominios en zonas urbanas. Se presenta la aplicación de este procedimiento de diseño hidráulico al estudio de caso del Instituto Tierra y Cal, A.C., en San Miguel Allende, Guanajuato.

Introducción

En este documento se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado en el terreno de 10 hectáreas del Instituto Tierra y Cal, A.C. (ITyC)

ubicado a 15 minutos de San Miguel Allende, Guanajuato, en la carretera San Miguel Allende-Dolores Hidalgo, Guanajuato. El objetivo de este estudio fue determinar el dimensionamiento general de la infraestructura requerida para el suministro de agua potable, con base en un sistema de captura de agua de lluvia, del edificio principal del ITyC. Para este estudio se llevó a cabo un análisis de registros climatológicos y de la modelación de cambio climático en el área de estudio para después poder realizar el dimensionamiento hidráulico del tanque de almacenamiento y del porcentaje de reutilización de las aguas residuales tratadas, para poder satisfacer la dotación diaria de agua de los usuarios del edificio principal del ITyC.

Análisis de registros de precipitación

El análisis de los registros históricos de precipitación se llevó a cabo utilizando las bases de datos del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) III y de CLICOM. Además, se utilizó el sistema de Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA y Servicio Meteorológico Nacional que funciona dentro del programa Google Earth para ubicar todas las estaciones próximas al área de estudio y proceder con ello a estimar la precipitación media mensual en el sitio de interés. En la Figura No.1 se muestra la ubicación del área de estudio y las 13 estaciones que se consideraron en el análisis para estimar la precipitación media mensual en el terreno del ITyC. En la Tabla No.1 se muestran los nombres y coordenadas de las estaciones climatológicas consideradas en el estudio.



Tabla 1. Ubicación del ITyC y de las estaciones climatológicas cercanas al área de estudio.

Cuadrante	No. Estación	Coordenadas UTM		Nombre de la Estación
ITyC		311656.18N	2326103.05E	Instituto Tierra y Cal, A.C.
I	11075	301437.86N	2318351.14E	Soledad Nueva, Dolores Hidalgo
	11016	278360.01N	2314766.13E	Dolores Hidalgo (DGE)
	11017	288762.51N	2332719.14E	Dolores Hidalgo, C. Cap. Rural
	11051	305156.85N	2334855.6E	Peñuelitas, D. Hidalgo
	11061	299374.41N	2341199.94E	San Antón, Dolores Hidalgo
II	11011	300457.62N	2354352.33E	Cinco Señores
	11121	323443.6N	2355195.59E	El Sabino, Salvatierra
	11085	329355.74N	2327637.24E	Dos Arroyos, San Miguel Allende
	11033	334097.14N	2319592.95E	La Begoña, San Miguel Allende
III	11118	318577.15N	2313603.62E	San Miguel Allende
	11155	310283.41N	2306006.43E	Corral de Piedras, San Miguel Allende
IV	11042	286676.09N	2305060.03E	Los Rodríguez
	11043	299266.51N	2341816.47E	Lourdes, San Luis de la P.

Fuente: ERIC III y Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA y SMN.

Para el cálculo de la precipitación media mensual en el sitio del ITyC se aplicó el Método del Cuadrante para estimar la precipitación media mensual en el sitio de estudio con base en los registros históricos de precipitación en las estaciones climatológicas mostradas en la Tabla No.1 y Figura No.1.

El Método del Cuadrante comprende las siguientes fórmulas:

$$\bar{P}_x = \sum_{i=1}^n (P_i) * W_i$$

Donde:

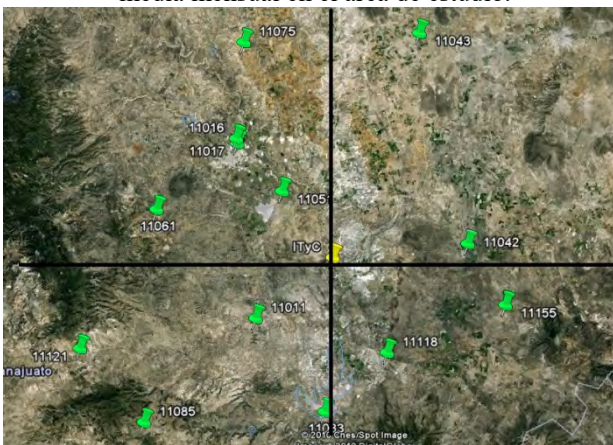
$$W_i = \frac{1}{d_i^2} / \sum_{i=1}^n (1/d_i^2)$$

d_i = Distancia de la estación i al centro de localización de la estación analizada
 n = N° de estaciones independientes consideradas

Por otra parte, la distancia d_i se calculó mediante la siguiente expresión:

$$d_i = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Figura 1. Ubicación del ITyC y de las estaciones climatológicas consideradas para estimar la precipitación media mensual en el área de estudio.



Fuente: Google Earth y Red de Estaciones Climatológicas de la CONAGUA y SMN



Donde:

x_2 = es el valor de la ordenada del segundo punto

x_1 = es el valor de la ordenada del primer punto

y_2 = es el valor de la abscisas del segundo punto

y_1 = es el valor de la abscisas del primer punto

Los resultados que se obtuvieron de la aplicación del Método del Cuadrante en el área de estudio se muestran en la Tabla No.2. Con base en estudios que se han elaborado en diferentes partes del mundo y diseños específicos de sistemas de captura de agua de lluvia se ha concluido que este tipo de sistemas es factible en regiones con precipitaciones medias anuales iguales o mayores a 400 mm (Mihelcic et al. 2009). Por lo tanto, este sistema es factible en el área de estudio del ITyC dado que la precipitación media anual es de 505.63 mm.

Escenarios de cambio climático

Con el propósito de observar la variación de la cantidad de agua lluvia que puede ser captada en el proyecto ITyC bajo escenarios de cambio climático, inicialmente se tuvieron en cuenta las salidas anuales (cada 5 años) de los modelos UKHADGEM, UKHADCM3, MPECH-5, GFDLCM21, MIROCMED, CSIRO-30, CCCMA-31 y los escenarios A2 y B2, utilizando el MAGICC-SCENGEN. V.5.3, en las coordenadas 21.25 latitud Norte y 101.25 longitud Oeste, las cuales son las más cercanas al punto de interés.

Lo anterior sólo permite tener una idea del aumento o disminución del recurso hídrico, pero no permite adelantar programas de diseño de infraestructura, ni programas de manejo integral y uso eficiente de los recursos hídricos, ni calendarios apropiados para riego según los cultivos contemplados a sembrar, entre otros.

Por lo expuesto anteriormente, con el propósito de atender dicha limitante y siguiendo la lógica de evitar o poder contemplar los efectos más adversos en cuanto a la cantidad de agua de lluvia a captar que redunde en una mayor o menor disponibilidad de la misma, se propone generar un escenario promedio ponderado, de tal forma que se tengan en

cuenta todos los modelos y escenarios, dado que todos pueden tener la misma probabilidad de ocurrencia (Ver Ospina *et al.* 2009a y Ospina *et al.* 2009b); también es importante tener en cuenta los efectos más adversos que en este caso sería la disminución de la precipitación (PCP), por lo cual se analizan los cuatro modelos bajo los escenarios A2 y B2, que mostraron tener dicho comportamiento como: CSIRO-30, CCCMA-31, UKHADGEM, MPECH-5, las salidas fueron analizadas por estación, así: invierno (DEF), primavera (MAM), verano (JJA) y otoño (SON) para cada 10 años.

Finalmente, se analizaron las salidas mensuales para el año 2030 y 2060 de los escenarios más adversos que corresponden a los modelos CCCMA-31, CSIRO-30, escenario A2.

Como se puede observar en los escenarios A2 sólo un modelo, el GFDLCM21_A2 proyecta aumento de la precipitación, es decir, en este caso el 85.7 % de los modelos analizados indican una alta posibilidad de disminución de la precipitación, sin embargo, todos los modelos tienen la misma probabilidad de ocurrencia, por lo que se propone generar el escenario promedio ponderado, el cual tiene en cuenta los resultados de todos los modelos y sirve como plataforma de planeación para la captación de agua lluvia o disponibilidad del recurso, en la lógica de evitar los efectos más adversos. Los dos modelos más adversos para los objetivos y propósitos del proyecto serían el CCCMA-31, CSIRO-30 (Ver Figura No.2).

De los escenarios B2, tres (42.9 %) proyectan aumento y cuatro (57.1 %) disminución de la precipitación, sin embargo dos de los tres modelos que proyectan aumento, son casi insignificantes como se puede observar en la Tabla No.4 y Figura No.3, lo cual nuevamente corrobora la tendencia a la disminución de la precipitación en el área de estudio del proyecto.

Las tablas 5, 6, 7, 8 y 9 presentan los resultados de los modelos CSIRO-30, CCCMA-31, UKHADGEM, MPECH-5 los cuales muestran ser los más negativos para los propósitos de la captación de agua lluvia en el proyecto ITyC; los resultados se muestran cada 10 años, por estación e igualmente se propone el escenario promedio ponderado.



Tabla 2. Precipitaciones medias mensuales estimadas en el sitio del ITyC con base en los registros históricos de las estaciones climatológicas en el entorno del área de estudio.

	ESTACION\MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	11011	12.2	4.2	5.7	13.7	38.5	114.9	147.4	115.0	100.4	36.4	9.0	9.1	606.5
2	11121	16.6	6.9	6.9	8.5	24.9	96.2	142.2	115.3	70.5	48.9	20.9	12.5	570.3
3	11061	14.2	4.5	4.3	13.3	36.6	106.3	127.4	92.2	80.1	33.2	7.3	10.2	529.6
4	11051	11.2	3.7	5.0	16.7	44.7	89.8	115.2	90.9	82.3	32.7	7.2	8.2	507.6
5	11017	12.6	4.8	3.9	14.5	37.1	77.8	98.0	86.9	71.5	32.7	7.4	8.8	456.0
6	11075	15.4	5.7	7.3	11.8	32.8	76.2	94.6	81.5	76.1	14.3	4.6	5.2	425.5
7	11043	9.7	3.7	10.0	20.0	30.1	75.0	90.9	60.3	61.1	27.7	3.2	10.2	401.9
8	11042	21.7	23.2	25.9	27.6	29.2	26.8	25.2	24.7	24.1	23.7	23.1	21.6	296.8
9	11155	17.7	6.0	1.2	8.0	17.0	110.5	104.2	89.2	67.3	25.9	4.0	7.2	458.2
10	11118	14.8	6.1	6.6	17.2	38.5	100.9	142.6	98.0	89.4	40.0	11.7	8.2	573.9
11	11033	11.8	3.6	5.2	13.1	41.1	106.7	135.0	106.9	97.3	89.5	10.7	8.5	629.4
12	11085	12.2	5.9	5.9	14.5	32.9	107.9	194.9	146.5	97.5	47.1	6.0	10.3	682.2
13	11016	8.1	5.3	1.8	8.0	20.3	81.3	71.3	56.0	30.4	25.1	4.7	10.0	322.3
	ITyC	13.33	6.24	6.85	15.36	36.01	91.28	114.92	89.39	76.57	36.44	9.43	9.81	505.63

Tabla No.3. Cambio en la precipitación anual, escenario A2.

Año	UKHADGE M A2		UKHADCM 3 A2		MPIECH-5 A2		GFDLCM21 A2		MIROCMED A2		CSIRO-30 A2		CCCMA-31 A2		PP A 2 ^e
	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (%)	Cambio (mm)	Cambio (mm)
2015	-2.0	495.7	-0.2	504.8	-1.0	500.5	5.4	532.8	-0.5	502.9	-2.3	493.9	-3.9	486.1	497.1
2020	-3.2	489.7	-0.9	501.2	-2.0	495.7	6.1	536.6	-1.4	498.8	-3.6	487.3	-5.6	477.5	491.5
2025	-4.1	484.8	-1.3	498.8	-2.6	492.3	7.3	542.3	-1.9	495.9	-4.7	481.9	-7.0	470.0	487.0
2030	-5.2	479.4	-1.9	496.1	-3.4	488.3	8.4	548.0	-2.6	492.7	-5.9	476.0	-8.7	461.7	482.1
2035	-6.3	473.7	-2.4	493.4	-4.2	484.2	9.6	554.0	-3.2	489.3	-7.1	469.8	-10.4	453.1	476.9
2040	-7.4	468.0	-3.0	490.5	-5.1	479.9	10.8	560.3	-3.9	485.8	-8.4	463.3	-12.2	444.2	471.5
2045	-8.2	464.1	-3.1	489.8	-5.5	477.7	12.5	569.0	-4.2	484.4	-9.2	458.9	-13.5	437.1	468.2
2050	-8.9	460.9	-3.2	489.6	-5.8	476.1	14.4	578.5	-4.4	483.6	-10.0	454.9	-14.9	430.5	465.4
2055	-9.4	457.9	-3.1	489.8	-6.1	474.8	16.4	588.7	-4.4	483.2	-10.7	451.3	-16.1	424.1	463.0
2060	-10.0	455.1	-3.0	490.3	-6.3	473.7	18.5	599.3	-4.5	482.9	-11.4	447.9	-17.3	417.9	460.7
Factor Ponderante	3		2		3		1		2		4		5		
Cambio al 2060 ^e		-50.5		-15.3		-31.9		93.7		-22.7		-57.7		-87.7	-44.9

^dEscenario Promedio Ponderado, en A2. ^eCon base al valor actual 505.6 mm



Tabla No.4. Cambio en la precipitación anual, escenario B2.

Año	UKHADGE M_B2		UKHADCM 3_B2		MPIECH- 5_B2		GFDLCM21 B2		MIROCMED B2		CSIRO- 30_B2		CCCMA- 31_B2		PP_B 2 ^E
	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Cam bio (%)	Camb io (mm)	Camb io (mm)
2015	-1.3	498.8	0.3	507.3	-0.5	503.3	5.5	533.6	0.0	505.5	-1.7	497.1	-3.1	489.9	501.2
2020	-1.6	497.7	0.5	508.1	-0.5	503.2	6.9	540.2	0.1	506.0	-2.0	495.6	-3.7	486.7	500.6
2025	-1.8	496.3	0.6	508.6	-0.6	502.8	8.1	546.8	0.1	506.1	-2.3	493.8	-4.4	483.3	499.8
2030	-2.2	494.7	0.7	509.0	-0.7	502.3	9.5	553.4	0.1	506.1	-2.7	491.7	-5.1	479.6	498.7
2035	-2.5	493.1	0.8	509.5	-0.8	501.8	10.8	560.2	0.1	506.1	-3.1	489.8	-5.9	475.8	497.7
2040	-2.8	491.5	0.9	509.9	-0.9	501.3	12.2	567.1	0.1	506.1	-3.5	487.7	-6.7	472.0	496.7
2045	-3.0	490.3	1.0	510.9	-0.9	501.2	13.6	574.5	0.2	506.6	-3.9	486.0	-7.3	468.6	496.0
2050	-3.2	489.2	1.2	511.9	-0.9	501.2	15.1	582.0	0.3	507.2	-4.2	484.6	-8.0	465.3	495.6
2055	-3.5	488.0	1.4	512.7	-0.9	501.0	16.6	589.3	0.4	507.5	-4.5	482.8	-8.7	461.8	494.9
2060	-3.8	486.6	1.6	513.4	-1.0	500.8	18.0	596.6	0.5	507.9	-4.9	481.1	-9.4	458.2	494.1
Factor Ponderante	2		1		2		1		1		2		3		
Cambio al 2060 ^e		-19.0		7.8		-4.8		91.0		2.3		-24.5		-47.4	-11.5

^fEscenario Promedio Ponderado, en B2.

^eCon base al valor actual 505.6 mm

Figura 2. Proyección de precipitación diferentes modelos, escenarios A2.

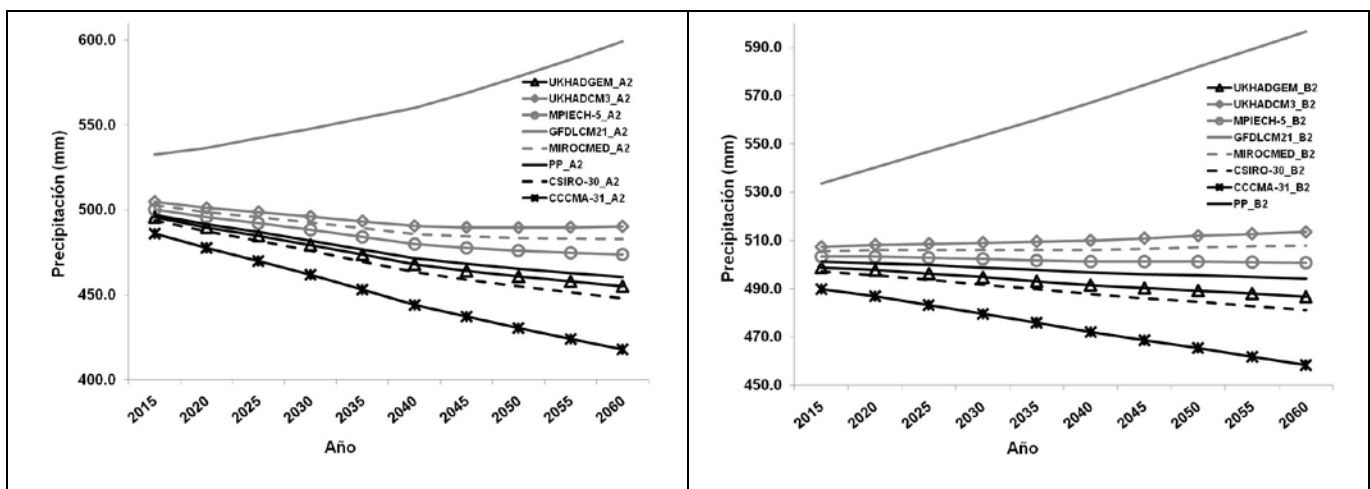




Figura No.3. Proyección de precipitación diferentes modelos, escenarios B2.

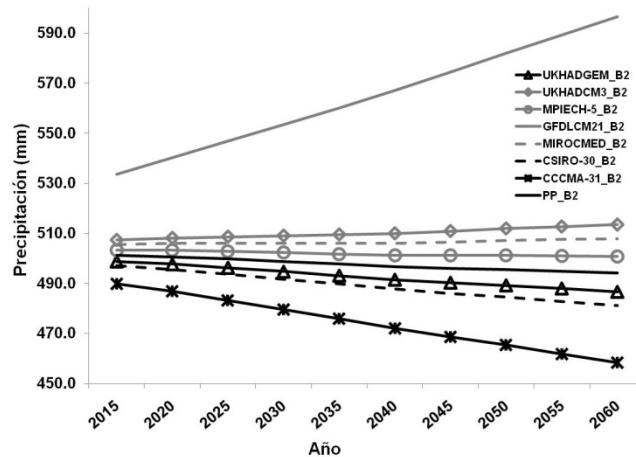


Tabla No.5. Cambio de precipitación estacional, CCCMA-31_A2.

	CCCMA-31_A2								
	Cambio (%)				PCP (mm) [£]				
Año/Estación	DEF	MAM	JJA	SON	DEF	MAM	JJA	SON	Anual
2020	-3.5	-3.2	-7.9	0.91	28.3	56.4	272.2	123.5	480.5
2030	-4.7	-4.7	-12.6	0.08	28.0	55.5	258.5	122.5	464.5
2040	-6.6	-6.6	-17.5	-0.65	27.5	54.4	243.9	121.6	447.4
2050	-6.3	-7.6	-22.4	-0.24	27.5	53.8	229.3	122.1	432.8
2060	-5.1	-8.4	-27.5	0.57	27.9	53.4	214.3	123.1	418.7
Factor Ponderante					1	2	4	3	

Tabla No.6. Cambio de precipitación estacional, CSIRO-30_A2.

	CSIRO-30_A2								
	Cambio (%)				PCP (mm) [£]				
Año/Estación	DEF	MAM	JJA	SON	DEF	MAM	JJA	SON	Anual
2020	-3.9	2.5	-5.0	-1.8	28.2	59.7	280.7	120.2	488.8
2030	-5.1	3.6	-8.47	-3.9	27.9	60.3	270.8	117.6	476.6
2040	-7.2	4.6	-11.9	-6.0	27.3	60.9	260.5	115.1	463.7
2050	-7.0	6.6	-15.2	-7.1	27.3	62.1	250.5	113.8	453.7
2060	-6.1	9.1	-18.7	-7.8	27.6	63.5	240.2	112.8	444.2
Factor Ponderante					2	1	3	4	



Tabla No.7. Cambio de precipitación estacional, UKHADGEM_A2.

	UKHADGEM_A2								
	Cambio (%)				PCP (mm) [‡]				
Año/Estación	DEF	MAM	JJA	SON	DEF	MAM	JJA	SON	Anual
2020	-13.7	-3.6	-2.9	1.5	25.4	56.1	287.1	124.3	492.8
2030	-19.5	-5.3	-5.2	1.0	23.7	55.1	280.2	123.6	482.6
2040	-26.5	-7.4	-7.6	0.5	21.6	53.9	273.1	123.1	471.7
2050	-31.6	-8.6	-9.8	1.3	20.1	53.2	266.5	124.0	463.8
2060	-36.2	-9.6	-12.1	2.4	18.8	52.6	259.8	125.4	456.6
Factor Ponderante					4	3	2	2	

Tabla No.8. Cambio de precipitación estacional, MPIECH-5_A2.

	MPIECH-5_A2								
	Cambio (%)				PCP (mm) [‡]				
Año/Estación	DEF	MAM	JJA	SON	DEF	MAM	JJA	SON	Anual
2020	-5.7	-7.1	-0.7	4.9	27.7	54.1	293.5	128.4	503.6
2030	-7.8	-10.4	-2.1	5.8	27.1	52.2	289.5	129.6	498.3
2040	-10.7	-14.3	-3.4	7.1	26.2	49.9	285.6	131.1	492.9
2050	-11.5	-17.4	-4.4	9.6	26.0	48.1	282.5	134.2	490.8
2060	-11.6	-20.3	-5.5	12.7	26.0	46.4	279.4	137.9	489.8
Factor Ponderante					3	4	1	1	

Tabla No.9. Cambio de precipitación estacional, escenario promedio ponderado.

	Promedio Ponderado (PP)									
	Precipitación (mm)					Disminución (mm) [‡]				
Año/Estación	DEF	MAM	JJA	SON	Anual	DEF	MAM	JJA	SON	Total
2020	26.9	55.7	279.9	122.8	485.4	-2.4	-2.5	-15.7	0.4	-20.3
2030	26.0	54.5	269.6	121.5	471.6	-3.4	-3.7	-25.9	-0.9	-34.0
2040	24.7	53.1	258.9	120.2	457.0	-4.7	-5.1	-36.7	-2.2	-48.7
2050	24.1	52.2	248.5	120.4	445.0	-5.3	-6.1	-47.1	-2.1	-60.6
2060	23.6	51.4	237.7	120.9	433.6	-5.8	-6.8	-57.9	-1.5	-72.0

[‡]Con relación a los valores actuales: 29.4 (DEF), 58.2 (MAM), 295.6 (JJA), 122.4 (SON), 505.6 (Anual).

En este caso el promedio ponderado se construyó por estación, según la disminución alcanzada al 2060, así, por ejemplo, para la estación DEF el modelo que mayor disminución mostró fue el UKHADGEM_A2 por lo cual se le asignó el valor de 4 (factor ponderante), seguido de los modelos MPIECH-5_A2, CSIRO-30_A2 y CCCMA-31_A2 a los que se les asignó el valor de 3, 2 y 1 respectivamente, de esta forma el escenario promedio ponderado para la estación DEF se construye de la siguiente forma:

$$PP_{(DEF)} = (UKHADGEM_A2_{(DEF)} * 4 + MPIECH-5_A2_{(DEF)} * 3 + CSIRO-30_A2_{(DEF)} * 2 + CCCMA-31_A2_{(DEF)} * 1) / 10$$

Como se puede observar en los cálculos realizados en el promedio ponderado la mayor disminución se da en verano (JJA) alcanzando una disminución de 19.6 % al pasar de 295.6 mm valor actual a 237.7 mm al 2060, es decir, 57.9 mm menos en esta estación, al sumar la reducción en todas las estaciones esta podría llegar a 72.0 mm, es decir, el



14.2 % anual pasando de 505.6 mm en la actualidad a 433.6 mm al 2060.

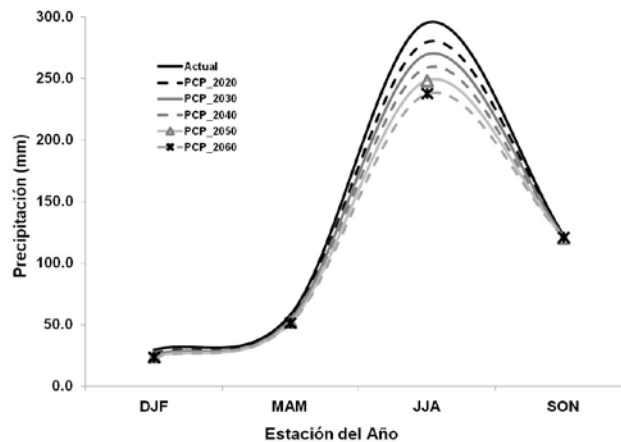
Lo anterior pone de manifiesto que habría que contemplar una disminución anual de 720 m³/ha o 7,200 m³, al año 2060 en el área de influencia del proyecto, pérdida concentrada principalmente en la estación JJA la cual alcanzaría el valor de 579 m³/ha, que equivalen a una disminución en la disponibilidad de agua de 5,790 m³ en el área de influencia del proyecto.

Se recomienda realizar y adelantar programas de diseño de infraestructura, de manejo integral y uso eficiente de los recursos hídricos, calendarios apropiados para riego según las especies a sembrar contempladas, entre otros, teniendo en cuenta el mínimo y el máximo de agua posible y el máximo de disminución según los escenarios de cambio

climático, es decir, prestar mucha atención a los resultados obtenidos en las estaciones JJA y DEF, además de tener en cuenta especialmente el escenario denominado promedio ponderado (Ver Figura No.4).

La Tabla No.10, presenta los resultados mensuales hallados con los dos modelos que proyectan cambios más extremos, esto valores también pueden servir de apoyo en el diseño de infraestructura y los planes de manejo y uso eficiente del recurso hídrico. En la cual se puede observar que los meses que mayor porcentaje de disminución presentan en orden descendente son: Abril, Agosto, Octubre y Junio respectivamente, para el modelo CCCMA-31, escenario A2 tanto para el año 2030 como para el 2060, mientras que para el modelo CSIRO-30, los meses que mayor reducción presentan en orden descendente son: Junio, Diciembre, Octubre y Febrero respectivamente..

Figura No.4. Proyección de precipitación estacional, escenario promedio ponderado.



De acuerdo a los resultados mensuales, la disminución de la precipitación anual podría ser de 40.7 mm (8.1 %) al 2030 de acuerdo al modelo CCCMA-31_A2 y 21.5 mm (4.2 %) en el modelo CSIRO-30_A2, para el 2060 la disminución estaría entre 84.3 mm (16.7 %) y 43.8 mm (8.7 %) en los modelos CCCMA-31_A2 y CSIRO-30_A2 respectivamente.

Es importante anotar que sacar promedios o sumas mensuales de los porcentajes de cambio, no tiene sentido, debido a que la distribución de la precipitación no es homogénea, es decir, el aumento o disminución de un 100 % en un mes de poca precipitación puede ser insignificante, mientras que el aumento o la disminución de un 10 % en un mes de abundante precipitación puede ser muy



significativo, así, por ejemplo, un aumento o disminución del 50 % en los meses de febrero y junio de acuerdo a los valores de la precipitación actual presentados en la tabla 10, correspondería a 3.1 mm y 57.45 mm respectivamente, los cuales pueden ser considerados como insignificante el primero y significativo el segundo. Los diferentes modelos analizados mensualmente, seguro aumentarán la incertidumbre en cuanto al porcentaje de variación mensual de la precipitación se refiere, encontrando muy pocas coincidencias y consistencia en cuanto a magnitud y dirección de dichas variaciones, por lo cual se corrobora la recomendación de utilizar los resultados obtenidos de los análisis por estación: invierno (DEF), primavera (MAM), verano (JJA) y otoño (SON) en el escenario promedio ponderado, como insumos para la planeación de todos los aspectos y análisis de las variables necesarias para la implementación del proyecto de captación de aguas lluvias.

Además de los cambios en las condiciones promedias, se recomienda tener en cuenta los efectos de eventos extremos, los cuales parecen ir en aumento e incrementando su magnitud, debido a que dichos eventos pueden generar avenidas que van en contra sentido de los propósitos del proyecto, afectando la infraestructura y disminuyendo la vida útil de la misma, afectando igualmente las áreas de cultivos, entre otros.

Dimensionamiento hidráulico del sistema de captura de agua de lluvia

Con base en los resultados obtenidos, descritos en las secciones anteriores de este trabajo, y con base en el proyecto arquitectónico del edificio principal del ITyC se consideraron los siguientes datos del proyecto:

Tabla No.10. Cambio en la precipitación mensual para los modelos CCCMA-31 y CSIRO-30, escenario A2.

Mes	Precipitación Actual (mm)	CCCMA-31_A2				CSIRO-30_A2			
		2030		2060		2030		2060	
		Cambio (%)	mm	Cambio (%)	mm	Cambio (%)	mm	Cambio (%)	mm
Enero	13.3	-5.2	12.6	-2.2	13.0	19.6	15.9	49.8	20.0
Febrero	6.2	-2.1	6.1	-4.8	5.9	-6.6	5.8	-14.2	5.4
Marzo	6.9	-3.6	6.6	-11.3	6.1	0.3	6.9	-3.1	6.6
Abril	15.4	-24.3	11.6	-46.6	8.2	26.3	19.4	59.7	24.5
Mayo	36.0	2.3	36.8	10.5	39.8	-6.4	33.7	-8.0	33.1
Junio	91.3	-14.4	78.1	-33.2	61.0	-25.8	67.7	-57.2	39.1
Julio	114.9	-4.1	110.2	-7.7	106.1	7.0	123.0	15.6	132.9
Agosto	89.4	-18.4	72.9	-40.5	53.2	-1.3	88.3	-4.3	85.5
Septiembre	76.6	4.5	80.0	7.0	81.9	-5.5	72.4	-13.9	66.0
Octubre	36.4	-20.8	28.8	-36.2	23.3	-11.1	32.4	-15.8	30.7
Noviembre	9.4	22.9	11.6	43.0	13.5	11.9	10.5	19.8	11.3
Diciembre	9.8	-4.7	9.4	-4.2	9.4	-17.3	8.1	-30.6	6.8
Anual (mm)	505.6		464.9		421.3		484.2		461.9
Cambio (mm)			-40.7		-84.3		-21.5		-43.8
Cambio (%)			-8.1		-16.7		-4.2		-8.7



Área de la azotea del edificio principal del ITyC = 1,045.60 m²

Coefficiente de escurrimiento = 0.85

Población de diseño = 70 personas

Dotación diaria = 50 litros/persona/día

Volumen de lavado de la azotea = 40.0 litros/100 m² de azotea

Demanda mensual de agua en el edificio principal del ITyC:

Enero, Marzo, Mayo, Julio, Agosto, Octubre y Diciembre = 108.50 m³

Abril, Junio, Septiembre y Noviembre = 105.00 m³

Febrero = 98.00 m³

El análisis consistió básicamente en hacer un balance hidráulico de la disponibilidad de agua de lluvia capturada en la azotea del edificio principal del ITyC para el período 2001-2030. Se hizo un análisis mensual considerando los registros históricos de precipitaciones, proyectados hacia el futuro sin y con el impacto del cambio climático, en la estación climatológica 11051 Peñuelitas, Dolores Hidalgo, Guanajuato, ubicada a 10.9 km del área de estudio. El algoritmo que se aplicó fue el siguiente:

$$V_{f_{i,j}} = V_{o_{i,j}} + V_{e_{i,j}} - D_{i,j} + V_{RAR_{i,j}}$$

Donde:

$V_{f_{i,j}}$ = Volumen almacenado al final del período i,j, donde i = 2001, 2002,....., 2030 y j = Enero, Febrero,....., Diciembre, m³

$V_{o_{i,j}}$ = Volumen almacenado al inicio del período i, j, m³

$V_{e_{i,j}}$ = Volumen de escurrimiento efectivo del período i, j, igual al volumen de precipitación menos el volumen mensual de lavado de la azotea del edificio del ITyC, m³

$D_{i,j}$ = Demanda de agua para el período i, j, m³

$V_{RAR_{i,j}}$ = Volumen de reutilización de aguas residuales para el período i, j, m³

La aplicación del algoritmo anterior permitió calcular el porcentaje óptimo de reutilización de las aguas residuales tratadas, el volumen mensual máximo de reutilización de aguas residuales, el influente medio mensual que entra al sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en el ITyC, el volumen medio mensual almacenado en el tanque de almacenamiento al final de cada período, la eficiencia del sistema de suministro de agua potable y el volumen mensual máximo de agua excedente que no puede ser aprovechado por el sistema de suministro de agua potable. Estos resultados se muestran en la siguiente Tabla No. 11 para condiciones sin cambio climático y con cambio climático. Para la modelación con cambio climático se tomaron en cuenta los resultados más pesimistas calculados por el modelo canadiense CCCMA-31 para el escenario A2.

Los resultados del modelo CCCMA-31 para el escenario A2 indican que se proyecta una disminución de la precipitación (ver Anexo No.1) del -5.0% para el año 2020 y -8.1% para el año 2030 calculados mensualmente. Esta disminución de la precipitación se incorporó en los registros de precipitación proyectados hacia el futuro, y el impacto de esta disminución de precipitación se puede observar en los resultados mostrados en la Tabla No.11.

Los resultados mostrados en la tabla anterior indican que es necesario reutilizar las aguas residuales para poder satisfacer la demanda de agua en el edificio principal del ITyC.

Sin esta reutilización de las aguas residuales no sería posible satisfacer la demanda de agua y la eficiencia del sistema disminuiría considerablemente.

Además, este proceso de modelación permite determinar cuál será el volumen mensual máximo y medio de reutilización de aguas residuales y el gasto de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Otro resultado importante es el volumen medio mensual almacenado en el tanque de almacenamiento, lo cual determina el tamaño óptimo del tanque de almacenamiento que se requiere construir. En este caso se asumió inicialmente un tanque de almacenamiento de 450.0



m³, y los resultados de este análisis muestran que se requiere un tanque de 346.41 m³ sin cambio climático, y de 355.28 m³ con cambio climático. Finalmente, los volúmenes máximos de agua excedente que no fue posible almacenar, y que por

lo tanto se descargaron fuera del sistema como escurrimiento superficial, o como recarga de acuíferos, fueron de 40.16 m³ sin cambio climático y de 112.84 m³ con cambio climático.

Tabla No.11. Resultados del dimensionamiento hidráulico del sistema de agua potable del Instituto Tierra y Cal, San Miguel Allende, Guanajuato.

	Modelación sin el impacto del cambio climático	Modelación con el impacto del cambio climático Modelo CCCMA-31 Escenario A2
% óptimo de RAR tratadas, %:	69.0	71.0
Volumen mensual máximo de RAR, m ³ :	74.87	77.04
Volumen mensual medio de RAR, m ³ :	73.46	75.59
Influente medio mensual al STAR, l/s:	0.34	0.35
Volumen medio mensual en el tanque de almacenamiento, m ³ :	346.41	355.28
Eficiencia del SSAP, %:	97.50	95.0
Volumen mensual máximo de agua excedente, m ³ :	40.16	112.84
Volumen propuesto del tanque de almacenamiento, m ³ :	450.0	450.0

RAR=Reutilización de aguas residuales, STAR=Sistema de tratamiento de aguas residuales, SSAP=Sistema de suministro de agua potable.

Conclusiones

La metodología que se describió en este documento puede ser aplicada para un edificio de usos múltiples (escuela, centro cívico, auditorio, etc.), para una industria, o bien para una casa habitación. Las dimensiones de la infraestructura requerida puede variar, pero el procedimiento de análisis de los registros de precipitación, modelación de cambio climático y dimensionamiento hidráulico de la infraestructura es el mismo para cualquier tipo de instalación. Con base en la recomendación establecida por Mihelcic *et al.* (2009) relacionada con la precipitación media anual mínima requerida de 400 mm, se puede concluir que en la región próxima a San Miguel Allende, Guanajuato, sí es factible desarrollar estos sistemas de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable. En otras regiones de México en donde la precipitación media anual sea menor a los 400 mm se requerirá

tener alguna otra fuente adicional de suministro de agua para satisfacer las demandas de agua potable.

El criterio aplicado para estimar el promedio ponderado de las proyecciones de cambio climático de diferentes modelos de circulación general es apropiado para estudios preliminares en donde se requiere estimar un valor medio (ponderado) de las proyecciones de temperatura y precipitación. Este promedio ponderado también se puede aplicar en estudios de prefactibilidad en donde se requiere dimensionar infraestructura hidráulica para la toma de decisiones.

En general los resultados obtenidos del proceso de modelación de cambio climático para esa región de Guanajuato, que se muestran en las Tablas No. 3 y 4, indican que se esperan disminuciones en la precipitación, para el caso más extremo (modelo



CCCMA-31, escenario A2) de -5.6% para el año 2020, -7.0% para el año 2025, -8.7% para el año 2030 y hasta -17.34% para el año 2060. Considerando la precipitación media anual estimada de 505.63 mm para el período 1971-2000, para el año 2030 se podría esperar una precipitación media anual de 461.64 mm y para el año 2060 una precipitación media anual de 417.9 mm, cálculos realizados con las anomalías anuales. Este último valor está ya muy próximo al valor mínimo de precipitación media anual que se puede considerar para aplicar sistemas de captura de agua de lluvia. Desgraciadamente, las proyecciones de precipitación hacia el futuro para esta región de Guanajuato no son optimistas.

El algoritmo aplicado en este estudio y todo el proceso de modelación de la captura de agua de lluvia es simple y fácil de aplicar y permite sin mayores problemas establecer los parámetros de diseño hidráulico que son necesarios para el dimensionamiento y diseño de la infraestructura hidráulica que se puede requerir en este caso para el edificio principal del ITyC. Sin embargo, este proceso de modelación se puede aplicar a cualquier tipo de instalación en donde se tenga contemplada la captura de agua de lluvia como fuente de suministro de agua potable. Eventualmente en toda la región del altiplano mexicano se deberá

considerar, como elemento indispensable para el suministro de agua potable, el diseñar e instalar sistemas de captura de agua de lluvia y sistemas autónomos de tratamiento y reutilización de las aguas residuales.

Fuentes de Consulta

1. Mihelcic, J.R., L.M. Fry, E.A. Myre, L.D. Phillips and B.D. Barkdoll (2009). Field Guide to Environmental Engineering for Development Workers. Water, Sanitation, and Indoor Air. ASCE Press. Reston, VA.
2. Ospina, J.E., C. Gay, A.C. Conde, V. Magaña and G. Sánchez-Torres (2009a). Vulnerability of water resources in the face of potential climate change: generation of hydroelectric power in Colombia. Revista Atmósfera. Vol.22, No.3, pp. 229-252. Centro de Ciencias de la Atmósfera, U.N.A.M. México, D.F.
3. Ospina, J.E., C. Gay, A.C. Conde and G. Sánchez-Torres (2009b). Analysis of the water supply-demand relationship in the Sinú-Caribe basin, Colombia, under different climate change scenarios. Revista Atmósfera. Vol.22, No.4, pp. 399-412. Centro de Ciencias de la Atmósfera, U.N.A.M. México, D.F.

Anexo 1.

Mes	Precipitación (mm)	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030
Enero	13.3	-1.75	-6.2	-5.16	-5.2	0.9825	0.938	0.9484	0.9485	13.1	12.5	12.6	12.6
Febrero	6.2	-1.61	-1.7	-1.91	-2.1	0.9839	0.983	0.9809	0.9788	6.1	6.1	6.1	6.1
Marzo	6.9	-1.96	-0.89	-2.46	-3.6	0.9804	0.9911	0.9754	0.9639	6.7	6.8	6.7	6.6
Abril	15.4	-12.77	-18.14	-20.83	-24.3	0.8723	0.8186	0.7917	0.7574	13.4	12.6	12.2	11.6
Mayo	36.0	2.55	0.43	1.67	2.3	1.0255	1.0043	1.0167	1.0233	36.9	36.2	36.6	36.8
Junio	91.3	-7.65	-8.5	-11.56	-14.4	0.9235	0.915	0.8844	0.856	84.3	83.5	80.7	78.1
Julio	114.9	-1.73	-2.73	-3.34	-4.1	0.9827	0.9727	0.9666	0.9593	112.9	111.8	111.1	110.2
Agosto	89.4	-9.97	-11.89	-15.18	-18.4	0.9003	0.8811	0.8482	0.8156	80.5	78.8	75.8	72.9
Septiembre	76.6	2.4	4.05	4.09	4.5	1.024	1.0405	1.0409	1.0447	78.4	79.7	79.7	80.0
Octubre	36.4	-8.97	-15.36	-17.61	-20.8	0.9103	0.8464	0.8239	0.7916	33.2	30.8	30.0	28.8
Noviembre	9.4	14.21	27.09	20.69	22.9	1.1421	1.2709	1.2069	1.2289	10.8	12.0	11.4	11.6
Diciembre	9.8	1.32	-2.04	-3.11	-4.7	1.0132	0.9796	0.9689	0.9533	9.9	9.6	9.5	9.4
Anual (mm)	505.6									486.3	480.3	472.4	464.9
Cambio (mm)										-19.4	-25.3	-33.2	-40.7
Cambio (%)										-3.8	-5.0	-6.6	-8.1



Sistemas de techo no convencional, viable para vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Ruber Trujillo Samayoa, Gabriel Castañeda Nolasco y José Luis Jiménez Albores
Universidad Autónoma de Chiapas
Emails gno lasco@prodigy.net.mx, jljimenez67@hotmail.com

Resumen

En Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, El 79.65 % de las viviendas están cubiertas con techos de concreto armado (INEGI¹, 2010), que presenta inconvenientes ambientales que inciden en el cambio climático, durante su construcción, vida útil y deconstrucción. En su construcción, consume cimbra, concreto y acero, insumos cuya manufactura requiere alto consumo de energía. En la vida útil, su comportamiento térmico permite el intercambio de calor interior-externo, incrementa el consumo energético por climatización artificial hacia estadios físicos del espacio adecuados, contribuyendo en la emisión de GEI al ambiente. Con la finalidad de demostrar la viabilidad técnico constructiva del sistema Techo Térmico, se construyó un prototipo experimental a escala 1:1 y se evaluó su desempeño térmico ante el del parámetro convencional, techo de concreto armado. Para el análisis del desempeño térmico, se utilizó la climatología dinámica, considerando las normales climatológicas del lugar de estudio, ubicándolo en el contexto climático de Tuxtla Gutiérrez. Se comprobó que es viable su implementación masiva, pues es sencilla la construcción tanto del componente como del sistema completo. En el desempeño térmico, son significativos el retardo y amortiguamiento térmicos, al rellenar con residuos de baja densidad, bajos conductores de calor y reducción en el consumo de concreto y acero. Se concluye que es viable la implementación masiva del techo térmico en la vivienda, por su construcción sencilla y desempeño térmico positivo en beneficio del usuario.

Palabras clave

Consumo energético, Techo no convencional, desempeño térmico, retardo y amortiguamiento térmicos.

Introducción

¹ INEGI en México, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

El clima cálido es predominante prácticamente en todo el territorio mexicano y durante todo el año, únicamente en los meses de diciembre, enero y febrero existe tendencia a las bajas temperaturas, según los mapas del bioclima de la república mexicana (Morillón, 2005), consecuentemente ocurre calentamiento al interior de la vivienda, situación que se ha evidenciado en los trabajos del cuerpo académico Componentes y Condicionantes de la Vivienda (COCOVI) de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas (FA-UNACH), sobre el tema.

El componente de la envolvente que más calor aporta al interior de la Vivienda es el techo, por ser la mayor superficie expuesta a la radiación directa del sol (Castañeda, et al, 2010), esto se debe a que el concreto armado por su alta densidad, conduce mucho calor, puesto que a mayor densidad, mas conducción de calor (González, 1987), lo que obliga a climatizar el espacio interior de forma artificial, lo anterior, adquiere dimensión porque el 79.65 % de los techos de las viviendas en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas son de concreto armado (INEGI, 2010), y que coincide con lo que sucede aun en otros contextos, que las soluciones generales de techos presentan problemas de aislamiento térmico (Lorenzo, et al. 2005).

En trabajos previos en COCOVI, la temperatura superficial interior de los techos de concreto armado ha registrado 45° C y se ha mantenido durante 12 horas por arriba de 30° C, temperatura considerada como frontera para que el ser humano no sufra problemas en su metabolismo por estrés térmico, debido a que la temperatura de la piel se mantiene entre 31 y 34° C (Auliciems y Szokolay, 1997).

El 90 % de los recursos energéticos utilizados en México tiene su origen en fuentes no renovables



(CONAFOVI² 2006) y, la tendencia no es de optimización, puesto que los requerimientos de energía por climatización artificial para el año 2020 tiende a crecer hasta un 500 % (Tejeda y Rivas, 2003).

COCIVI propone soluciones al déficit cuantitativo del sector vivienda, porque se necesitan 315,092 viviendas en las principales ciudades del estado de Chiapas como; Tapachula, Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas, Ocosingo (INVI³, 2007).

En este estudio se trabajó en la viabilidad técnico constructivo del sistema de techo térmico⁴, aplicado a la vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, construyendo un prototipo experimental y evaluando el desempeño térmico del sistema, ante el de concreto armado, utilizado convencionalmente en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio:

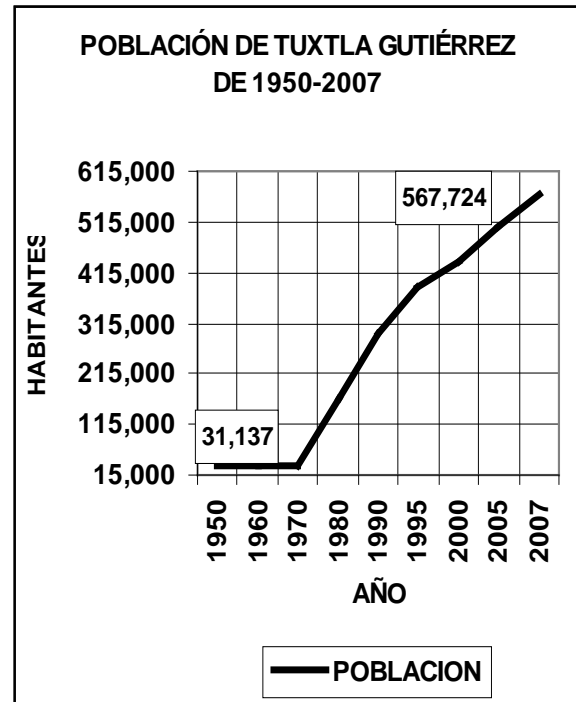
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas tiene coordenadas de localización 16° 45' 11'' Latitud Norte, 93° 06' 56'' Longitud Oeste y Altitud de 550 msnm. El tipo climático es Awdeconformidad con la clasificación climática de W. Koeppen (Ayllon, 1996), localizada en la franja comprendida entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio, la mitad del año con lluvias en verano, la mayor parte del año se registran altas temperaturas en el día, incluso hasta 42° C (Castañeda et al 2010).

Como muestra la figura 1, el crecimiento poblacional que ha tenido Tuxtla desde 1970 a la fecha, es alarmante, como consecuencia, esto ha desatado una serie de afectaciones en cadena.

Empezando con el crecimiento de la mancha urbana ha provocado el aumento de superficies cubiertas por pavimentos (hidráulico y asfáltico), construcción de edificaciones y, reducción de superficie cubierta por vegetación, impactando significativamente en el incremento de la temperatura del microclima local que afecta tanto a

macroescala en la ciudad, como en la escala específica en las edificaciones al almacenar energía por radiación solar en el día, para liberarlo en el transcurso del día y gran parte de la noche (Castañeda y Vecchia, 2007).

Figura 1. Crecimiento de la población en Tuxtla Gutiérrez.



Fuente: Castañeda 2010, con datos del Plan de Desarrollo Municipal, 2008-2010

Sistemas de Techo

Techo de Concreto Armado: En el sitio de estudio, el 79.65 % de los techos de las viviendas son de concreto armado predominantemente de 10 cms. de espesor, (INEGI, 2010), (figuras 2 y 3), la sociedad lo aprecia por su seguridad, pues lo componen materiales que trabajan eficientemente resistiendo exigencias a las tensiones y compresiones, que en el contexto geográfico donde se ubica, las exigencias sísmicas son significativas.

Pero tiene desventajas importantes: precio y comportamiento térmico.

En la primera, el precio es alto, por la construcción monolítica del sistema, inversión concentrada en momentos específicos y, mano de obra calificada

² CONAFOVI en México, Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda

³ INVI en Chiapas, México, Instituto de la Vivienda

⁴ Desarrollado en COCOVI por Gabriel Castañeda Nolasco



para su construcción; En el comportamiento Térmico, por las características termofísicas de los materiales que lo componen y su volumen, almacena energía por radiación solar en el día, para después liberarlo en el transcurso del día y gran parte de la noche (Castañeda y Vecchia, 2007).

Figura 2. Techo de Concreto Armado (Izquierda)



Fuente: Trujillo, 2011

Figura 3. Sección Techo de Concreto Armado de 10 cm de espesor.



Fuente: Trujillo, 2011

Techo Térmico

Desarrollado como una propuesta de solución a las desventajas que presentan los techos de concreto armado, su alto precio y su comportamiento térmico.

Como se muestra en la figura 4, Es una placa prefabricada de concreto armado de 1" de espesor, mortero de cemento arena proporción 1:3, armada con malla electrosoldada 6-6/10-10, que sale en ambos lados que pasan a ser unas barbas en forma de U que será parte del acero de refuerzo de la nervadura de 10 x 20 cm.

Se cubre el espacio con las placas prefabricadas colocando cimbra únicamente en las juntas entre

placas para después colar, las nervaduras de concreto de 200 kg/cm² de f'c de 10 x 20 cms., como se aprecia en la figura 5, cuyo acero de refuerzo consiste en dos varillas longitudinales y, también aprovechando el acero de la malla que previamente se dejó como barbas.

Figura 4. Placa prefabricada techo térmico con acero de refuerzo en barbas laterales.



Fuente: Trujillo, 2011

Figura 5. Placas colocadas y nervaduras de concreto de 200 kg/cm² de f'c de 10 x 20 cms.



Fuente: Trujillo, 2011



En las cámaras generadas por las nervaduras mostradas en la figura 6, se colocan rellenos con materiales de baja densidad, existentes en el medio local, privilegiando los materiales que provienen de fuentes renovables, que en el proceso constructivo funcionan como cimbra y también son el aislante para reducir el paso de calor.

Por último se coloca la **Figura 6**. Residuos comúnmente llamado basura, hojarasca, cañamaíz utilizados como rellenos en el techo térmico.



Fuente: Trujillo, 2011

Generandose una capa de compresión de concreto de 200 kg/cm^2 de $f'c$ de $10 \times 20 \text{ cms.}$, armada con malla electrosoldada 6-6/10-10 de 4 cms. de espesor, ver figura 7.

Figura 7. Capa de compresión de concreto $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$, armada con malla electrosoldada 6-6/10-10.



Fuente: Trujillo, 2011

Mediciones

El equipo de mediciones térmicas que se utilizó fue de la familia Hobo pro series logger, para interiores y exteriores, según se muestra en la figura 8, procesados con el software Hobo Pro, el equipo realiza registros a cada 20 segundos, promediados a cada media hora.

Figura 8. Equipo de la familia Hobo, mediciones exteriores e interiores.



Fuente: Trujillo, 2011

Método de análisis térmico

Apoyados en la climatología dinámica, con las normales térmicas que se presentan en la figura 9, que muestran las medias de las máximas, medias y mínimas temperaturas registradas en 30 años, donde se encuentra inscrito el periodo analizado ubicado en la temporada de máximo calor, definido entre el 15 de abril y 15 de mayo y, donde a su vez se enmarca el día típico experimental.

Día típico experimental

Es en donde domina una masa de aire caliente y que la temperatura de aire exterior iguala o supera la temperatura media de las máximas expuestas comportándose con un ritmo climático y además con recurrencia en el periodo analizado, el 21 de abril del 2011 cumple estas características.

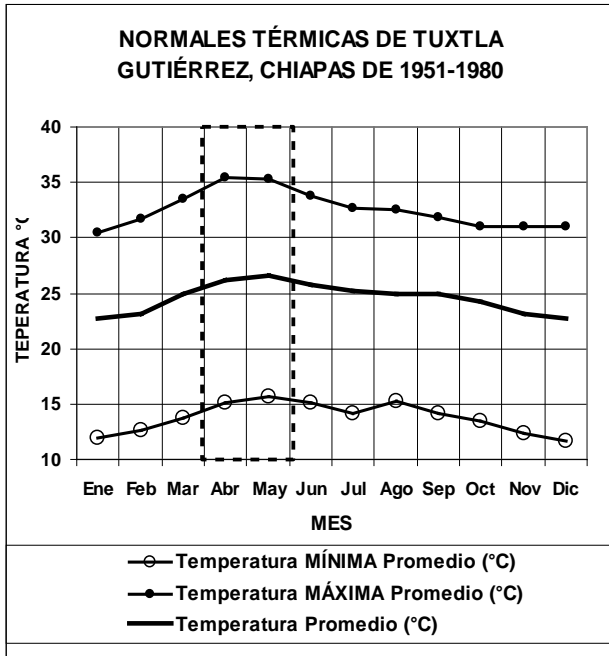
Resultados

Se muestran los registros térmicos obtenidos el 21 de abril de 2011, definido como el día típico experimental (Vecchia, 1997). En la figura 10, se presenta la comparación del comportamiento



térmico de los dos sistemas de techo: Techo Térmico y Techo de Concreto Armado.

Figura 9. Normales térmicas de Tuxtla Gutiérrez de 1951 a 1980.



Fuente: Castañeda 2008, con datos del Sistema Meteorológico Nacional

El parámetro adoptado es de 30° C, 1° C abajo de la temperatura superficial de la piel (Auliciems&Szokolay, 1997), pues cuando el techo rebasa este límite, puede aportar calor en exceso a los usuarios provocándole problemas en su metabolismo.

Los sistemas de techo presentaron temperaturas superficiales interiores iguales en dos momentos, a las 10:00 horas con 25° C y a las 21:30 horas con 31.5° C. el primer momento ocurre cuando la temperatura superficial de la cubierta de concreto va en ascenso y el segundo cuando la temperatura superficial de la cubierta de concreto va en descenso.

Techo de concreto armado:

Con relación a la temperatura, este sistema de cubierta registra de manera drástica, los siguientes extremos: El máximo 51.27° C a las 15:00 horas y el mínimo 22.36° C a las 08:00 horas, por lo mismo, su

amplitud térmica es de 28.91° C, amplitud que presenta en 7 horas. Registra 27.27° C por arriba de los 30° y se mantiene durante 11.5 horas, dimensión A, por encima del parámetro adoptado.

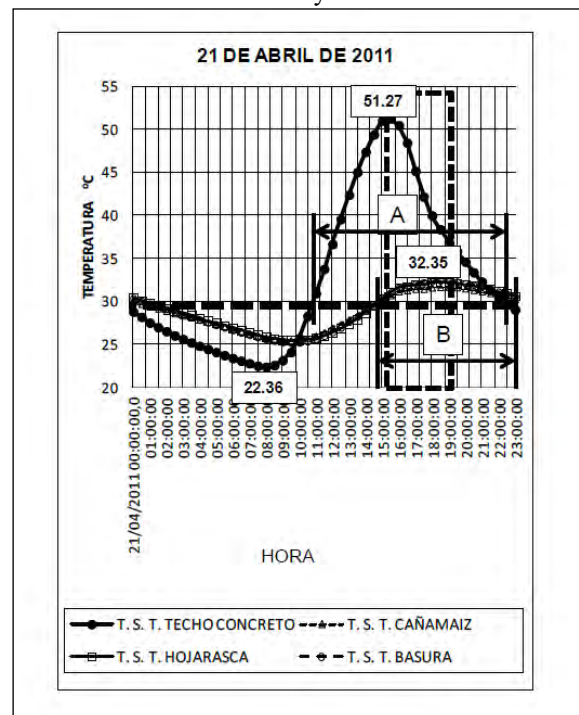
Techo térmico:

Prácticamente igual para los tres rellenos utilizados, este sistema de cubierta registra de manera menos drástica que el anterior, los siguientes extremos: el máximo 32.35° C a las 18:30 horas y el mínimo 25.50° C a las 09:30 horas, por lo mismo, su amplitud térmica es de 6.85° C, diferencia que presenta en 9 horas. Registra 2.35° C por arriba de los 30° y se mantiene durante 9.5 horas, dimensión B, por encima del parámetro adoptado.

Según los dos párrafos anteriores:

1. la diferencia de temperatura máxima registrada, que presenta el segundo sistema de techos, con respecto al primero es de 18.92° C.
2. La diferencia en tiempo, en las temperaturas máximas alcanzadas, produjo un retardo térmico de 3.5 horas entre los dos sistemas de techo comparados.

Figura 10. Temperaturas superficiales interiores de Techo de concreto armado y Techo térmico.



Fuente: Trujillo 2011.



Discusión

Los resultados presentan dos variables importantes para el experimento a favor del sistema de Techo Térmico: El retardo térmico de 3.5 horas y el amortiguamiento de la temperatura superficial de 18.92° C. El retardo térmico registrado por el sistema de techo no convencional, se atribuye a la diferencia de materiales que componen a los dos sistemas. Aunque los dos sistemas de techo utilizan concreto y acero por necesidades de estabilidad estructural, el volumen del Techo Térmico, es menor en 31 %. El Techo Térmico compuesto por dos materiales, concreto y rellenos de baja densidad, mientras el sistema de Concreto Armado está compuesto por cemento y acero. El factor de conductividad térmica de los materiales también es diferente. En el Techo Térmico: 1.750 W/mK⁵ para el concreto y se utiliza 0.130 W/mK que corresponde a la madera para construcción, por ser el más próximo a los materiales utilizados como rellenos (basura, hojarasca, cañamaiz) ante la ausencia de estos datos; en el caso del concreto armado: 1.750 W/mK para el concreto y 50 W/mK para el acero (González, 1997). Lo que hace la diferencia en la velocidad de penetración del calor radiante en los distintos materiales.

También el amortiguamiento térmico de 18.92° C que presenta el Techo Térmico, está relacionado con los materiales que componen los dos sistemas, si se define al calor específico como una magnitud física que indica la capacidad de un material para almacenar energía interna en forma de calor (Apuntes Arquitectura Bioclimática, MAU, 2010)., y puesto que cada material tiene diferente valor, que, al relacionarlo con el volumen total del techo (calor específico volumétrico), se tiene la cantidad total que es capaz de almacenar y que se observa en la diferencia entre los dos sistemas de techo, cuando el calentamiento máximo se da a las 15:00 horas.

Conclusiones

La evaluación del desempeño térmico del sistema Techo Térmico ante el de Concreto Armado, permite aseverar las siguientes conclusiones:

⁵ Un Watt por metro Kelvin W/m.K es la conductividad térmica de un cuerpo homogéneo isotrópico, ya que la diferencia de temperatura de 1 Kelvin entre dos planos paralelos, de área de 1 metro cuadrado y distantes 1 metro, produce entre estos planos un flujo térmico de 1 Watt.

- El Techo Concreto Armado, el más utilizado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, población del sureste de la República Mexicana, con clima cálido subhúmedo, aporta importantes cantidades de calor al interior de la vivienda, provocado, por el calor radiante del exterior, por las características termofísicas de los materiales que lo componen (cemento, arena, grava, acero), por su volumen, y por las altas temperaturas que se registran durante la mayor parte del año en las poblaciones con este clima.
- Las aportaciones térmicas del Techo Térmico a la temperatura interior de la vivienda en clima cálido subhúmedo, es menor que el que ofrece el techo de concreto armado y se asume que los responsables de esta gran diferencia son los materiales que lo componen, el volumen de los mismos y los tres materiales utilizados como aislante (Basura, Hojarasca y Cañamaiz).

El Techo Térmico es una respuesta adaptada a las características de las poblaciones con clima cálido subhúmedo, posible de ser construido, reduce el paso de calor a través del techo, por lo que brinda mejores condiciones de habitabilidad en los espacios de la vivienda.

Fuentes de consulta

1. Auliciems, A. & Szokolay, S. V. (1999). Thermal comfort. PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture, Department of Architecture. University of Queensland.
2. González, E. (1997), Étude de matériaux et de techniques de refroidissement passif pour la conception architecturale bioclimatique en climat chaud et humide. Thèse de doctorat en Energétique de l'Ecole des Mines de Paris, France.
3. INEGI, (2010), Censo de Población y Vivienda 2010, México.
4. Ayllón, T. (1996): Elementos de Meteorología y Climatología. México, Trillas, pp. 179.
5. CONAFOVI (2006), Balance Nacional de Energía 2004. México.
6. Castañeda, N. G., Argüello, T., Vecchia, F., (2010), Desempeño Térmico de Techo Alternativo para Vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México., en Revista de



- la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, 81-88.
7. Castañeda, N. G., y Vecchia, F., (2007). Sistema de techo alternativo para vivienda progresiva en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. En Ingeniería, Revista académica de la FI-UADY, 11-2, 21-30.
 8. INVI, (2007), Instituto de la Vivienda, Chiapas, México.
 9. Lorenzo, G. P. (2005), Compilador., Un techo para vivir, Tecnologías para Viviendas de Producción Social en América Latina, CYTED-Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
 10. Morillón G. D. (2003) Mapas del bioclima de la República Mexicana, en Estudios de Arquitectura Bioclimática, Anuario 2003 Vol. V, UAM, Limusa, págs. 117-130.
 11. Tejeda Martínez A. y Rivas Camargo D.A. (2003). El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO₂ atmosférico, en Investigación Geográfica, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Num.51, pp. 37-52.
 12. Trujillo S. R. (2011), Evaluación Técnico Constructiva de Techo para Vivienda en Clima Cálido Subhúmedo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Chiapas. Tesis de Maestría.
 13. Vecchia F. (1997), Clima e Ambiente construído. A abordagemdinâmica aplicada ao conforto humano. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH USP). Tese de doutoramento.



Reubicaciones por desastres ante el cambio climático

Gabriela Vera Cortés.

Ecosur Unidad Villahermosa.

Resumen

Las autoridades del gobierno estatal han diseñado un plan ante el cambio climático donde las reubicaciones se convierten en un tema de interés y propuesta ante el mismo. El presente artículo desarrolla parcialmente la gestión de las reubicaciones pos desastres implementadas por la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), con recursos del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) y la iniciativa estatal llevada a cabo por el Fomento Metropolitano de Monterrey (Fomerrey), en el Área Metropolitana de Monterrey. Sedesol es la encargada formalmente de este proceso, pero ante las quejas de las autoridades de las diferentes entidades administrativas de que los recursos de Fonden se liberan bastante tarde, cada estado ha ideado una forma de reubicación, que no presenta planes muy claros. Se realiza también una pequeña evaluación de las consecuencias de ambas gestiones para la población seleccionada en el proceso, y muestra la necesidad de una mayor discusión y organización al respecto.

El Programa Especial de cambio Climático (2009-2012), plantea tres etapas que abarcan desde 2009 hasta el 2050. Si éste plan continúa vigente en el siguiente sexenio político de nuestro país, entonces se contempla que para la segunda etapa, que abarcará de 2013 a 2030 se desarrolle y de inicio un Programa nacional de reubicación de asentamientos humanos e infraestructuras de alto riesgo. Se señala que en un futuro el incremento de la temperatura y la elevación del nivel del mar en el curso del siglo XXI acrecentarán la vulnerabilidad social y obligará a las sociedades humanas a efectuar grandes transformaciones y reubicaciones con costos crecientes.

Por lo anterior, presento en este Congreso algunas observaciones sobre dos tipos de reubicaciones pos desastres que se han desarrollado en México en los últimos 13 años dentro de tres proyectos que los han estudiado: el primero forma parte de mi tesis de doctorado en Ciencias antropológicas por la UAM, donde trabajé la región del Totonacapan. El segundo estuvo a cargo del Dr. Jesús Manuel Macías del Ciesas, donde fungí como co-directora

del proyecto: Evaluación de Sedesol en las Reubicaciones pos desastre. Ambos proyectos abarcaron las diferentes reubicaciones ocurridas de 1998 hasta 2005, en Veracruz, Puebla, Chiapas y Yucatán, pero el grupo que integró el segundo proyecto las estudiaron hasta 2009. Finalmente el tercer proyecto, a mi cargo en el Ciesas se tituló: Desastres y cambio climático en la región Noreste de México, que abarcó de 2008 a 2011.¹ En total son 14 reubicaciones.

Ante la complejidad del tema me centraré en dos vertientes específicas: La gestión de la reubicación implementada por la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), con recursos del Fondo de Desastres Naturales (Fonden), y la gestión de la reubicación del Fomento Metropolitano de Monterrey (Fomerrey), una institución estatal que se ha hecho cargo en los últimos años de desarrollar este tipo de proyectos en el Área metropolitana de Monterrey, Nuevo León.

Gestión de las Reubicaciones por desastre coordinadas por Sedesol

¹ Las comunidades estudiadas como parte de la investigación que desarrollé en mi tesis de doctorado en Antropología Social por la UAM-Iztapalapa, cuyo título es: Vulnerabilidad social y desastres en el Totonacapan. Una historia persistente. Las comunidades estudiadas fueron las colonias en Veracruz Renacimiento 2000 (Gutiérrez Zamora) y Puente de Piedra (Papantla). Santa Cruz (Pantepec), Tapayula, Cuitchuchut, Paso del Jardín y Tlatlauquitepec, en Puebla. El segundo proyecto titulado: Evaluación de Sedesol en las Reubicaciones pos desastre, estuvo dirigido por el Dr. Jesús Manuel Macías Medrano, del Ciesas, donde fungí como co-directora. Aquí se trabajaron: Arroyo del Maíz (Poza Rica), Tecolotitlán (Tecolutla), en el estado de Veracruz, la nueva Junta de Arroyo Zarco en Puebla, El Escondido y Tigre Grande en Yucatán, Vida mejor III en Chiapas. Finalmente, el tercer proyecto: Vulnerabilidad social y desastres en la región noreste de México, estuvo a mi cargo y ahí estudié la gestión de reubicación de Renacimiento en el municipio de García, Nuevo León.



En el caso de las viviendas coordinadas por Sedesol, vía recursos Fonden, el mismo programa señala que para la reubicación se apoyará a las familias damnificadas cuyas viviendas fueron afectadas con daño parcial o total y ubicadas en zonas de riesgo. Se les otorgará un predio y apoyo para la edificación total de su nueva vivienda, en áreas calificadas como zonas sin riesgo. La población apoyada será de bajos ingresos, de hasta 2.5 salarios mensuales tanto en el sector formal como informal. El nuevo terreno deberá ser adecuado para la edificación de viviendas en lo relativo a composición y mecánica de suelos; y contar con servicios básicos, drenaje, agua potable, electricidad y vialidades en la medida de lo posible.

La construcción de la vivienda deberá incluir como mínimo un cuarto de usos múltiples, baño o letrina y cocina o fogón, considerando una edificación de 25 m². La construcción deberá tener posibilidades de crecimiento, y procurar tomar en cuenta los usos, costumbres e idiosincrasias locales. Se mencionan los montos de los paquetes de material de construcción con un costo unitario por vivienda. Es decir, se apoya a las familias en condición de damnificado y que viva en zonas de riesgo. Se le otorga una casa, sin costo alguno, pero solo se apoya a las familias de asentamientos regulares.

Michael Cernea funcionario experimentado del Banco Mundial tuvo conocimiento directo sobre muchas reubicaciones por presas llevadas a cabo en diferentes partes del mundo, donde el Banco Mundial fue promotor. Este tipo de reubicaciones por presas presentan diferencias, pues su planeación lleva más tiempo y la población no necesariamente pierde familiares y patrimonio, aunque sí lo hace a la larga. Para el caso de las reubicaciones pos desastre, la excusa podría ser la premura con la que se debe llevar a cabo el proceso, pues la población es damnificada y se ha quedado muchas veces sin patrimonio. Pero ello no puede convertirse en un pretexto para la improvisación. Nuestro país tiene ya una amplia experiencia en desastres asociados a fenómenos meteorológicos y ahora también una amplia experiencia en reubicación pos desastre, que nos da la oportunidad de aprender de errores pasados para no repetirlos más. Sin embargo, las similitudes con las reubicaciones por presas se mantienen en cuanto a las consecuencias para la población. Con las reubicaciones se dismantelan sistemas de producción, se desintegran grupos de parentesco con las redes sociales de ayuda construidas por décadas y lo mismo ocurre con el sentido de

pertenencia y de identidad. Lo anterior provoca como bien señala Cernea, varios procesos de empobrecimiento, que a la larga produce un verdadero desastre (Véase Greaves, 2001; y Oliver –Smith, 2001).

Cernea analizó los problemas de empobrecimiento que lleva consigo una inadecuada planeación en la reubicación de personas, que tiene por consecuencia 1) la pérdida de empleos, 2) incremento de marginalidad, 3) deterioro económico, 4) inseguridad alimentaria, 5) aumento de la morbilidad, incluso de la mortalidad, 6) pérdida del acceso a los bienes comunales, 7) desarticulación de la comunidad al modificar y fragmentar los vínculos sociales y reducir el capital social. (Cernea, Michael; Citado por Oliver-Smith, 2001: 58-59). Este tipo de empobrecimiento también ocurre en las reubicaciones pos desastre.

En las siguientes líneas desarrollo algunas de las dificultades que presentó la población reubicada por desastres y que no parece ser muy diferente de las causas de empobrecimiento citadas por Cernea.

1. Procesos de selección de población beneficiaria por parte de las instancias oficiales.

El proceso de selección por parte de Sedesol, no tuvo la suficiente claridad, ni se siguieron cabalmente las disposiciones que se marcan en el Manual Único de Operación del Fonden, que además, resulta incompleto ante un proceso tan complejo como son las reubicaciones. Un elemento importante es que la población seleccionada podía rechazar la reubicación y quedarse en la misma zona de riesgo donde había perdido su vivienda. Esto ocurrió en varias colonias de Poza Rica, Veracruz. Quienes tenían un solar y una casa mucho más grande, no aceptaron las nuevas condiciones y se quedaron en el mismo lugar. Con el tiempo, varios de los reubicados que no pudieron adaptarse a la reubicación regresaron a su antigua vivienda, o esos espacios liberados fueron ocupados por otras familias con necesidades de vivienda.

Otro ejemplo de poca claridad en la selección ocurrió en Tapayula, municipio de Camocuautla, donde Sedesol envió la lista de familias reubicadas que no coincidió con las que efectivamente perdieron sus viviendas. Dichas viviendas se construyeron, pero no fueron ocupadas. Y además estaban ubicadas a 45 minutos caminando en el



monte y sin servicios, como agua, luz o drenaje, aunque éste fue un caso excepcional.

2. *Alejamiento de las tierras de labor.*

Cuando existía un terreno cercano y barato, las autoridades correspondientes, hicieron lo posible por adquirirlo. En los casos extremos, la población fue reubicada a más de 10kms, o incluso a otros municipios como ocurrió a parte de los reubicados en Motozintla, en Chiapas, como consecuencia del Huracán Stan en 2005. Para Cernea, las tierras son la principal forma de capitalización y por lo tanto la principal pérdida de recurso valioso (Cernea, Michael; citado en Oliver-Smith; 2001).

Varias familias de Puebla, Veracruz o Chiapas fueron reubicados, en ocasiones a más de 10 kms. De su tierra de labor, obligando al campesino a tomar rutas de transporte. Lo que ha provocado que le sea prácticamente incosteable. No pueden regresar diariamente a su nueva casa o prefieren quedarse en sus parcelas. Las autoridades involucradas en la gestión de la reubicación olvidaron considerar un aspecto crucial: el sustento económico de la población.

3. *Características de la vivienda.*

En términos generales las casas no cumplen con las necesidades propias de las comunidades rurales. Se trata de un modelo de vivienda diseñado para zonas urbanas. Las comunidades rurales necesitan de un solar, que el campesino usa para tener animales de traspatio, pequeños huertos y plantas medicinales, o para extender y secar, por ejemplo, el chile piquín en la Sierra Papanteca. Sin embargo, fueron dotados de un solar de 90 m² o hasta 120, en términos generales. Algunos nuevos asentamientos fueron formados por familias campesinas y construidos en la periferia de las ciudades, es el caso de Santa Cruz y Doña Mary (Puebla) y Renacimiento 2000 (Veracruz), donde en la actualidad no poseen las dimensiones necesarias del solar, ni el permiso de la secretaría de Salud para tener animales de traspatio, debido a condiciones de higiene y salud, al vivir en un área urbana.

En la reubicación no se tomaron en cuenta las características culturales y necesidades propias de las comunidades rurales. En el año 2005, todavía encontramos en Renacimiento 2000 a familias que

cocinaban con leña, por lo que se veían obligadas a cocinar afuera de la vivienda, debido a la falta de una adecuada ventilación. En Santa Cruz, y Puente de Piedra ocurría lo mismo. El reducido tamaño de los pies de casa y solares ha provocado que las mismas comunidades conciban las viviendas como si se tratara de “palomares”.

Otro aspecto a considerar es que por falta de recursos económicos, las autoridades estatales y municipales llegaron a comprar predios en lugares no aptos para zonas habitacionales. El caso más visible fue Tecolotitlán, un asentamiento reubicado en la orilla del río Tecolutla, en el municipio de Tecolutla. Pero hubo otras, por ejemplo Puente de Piedra, donde la mitad de las 22 viviendas se inundan.

Muchas de estas familias han tardado varios años en adaptarse a las nuevas condiciones de vida, y los que no pudieron se han regresado a sus antiguos viviendas. Además, otra de las quejas recurrentes fue la mala calidad del material con que fueron construidas sus viviendas, que hace que en época de lluvias se trasminen, o que las casas presenten algún desperfecto, cadenas rotas o el mismo muro para dos viviendas.

4. *Desintegración familiar y desarticulación de las comunidades.*

En todas las comunidades visitadas se detectó que las casas fueron sorteadas entre población proveniente de diferentes comunidades, en ocasiones más de 15, como en Renacimiento, Tlatlauquitepec o Arroyo del Maíz.

La reubicación ha provocado una mayor dificultad para mantener a las familias unidas, los hombres trabajan la tierra lejos de sus esposas que cuidan a los niños en la zona de reubicación. Ante la dificultad de hacer el gasto de traslado diariamente, varias familias se han regresado a sus antiguos hogares, para que sus hijos puedan asistir a la antigua escuela, debido a que a ella llegaban caminando. Si por el contrario se quedan en la zona de reubicación se detectó que los hijos dejan de estudiar más temprano, debido a las dificultades económicas para sostener la escolaridad de sus hijos.

La necesidad de acceder a un mayor ingreso monetario los obliga a que más miembros de la familia se integren al mercado laboral. Pero de acuerdo a su falta de calificación para el trabajo



urbano, se insertan en el mercado informal, con salarios poco reductibles, o se ven obligados a emigrar. Si la esposa lo acompaña, es posible que temporalmente dejen a sus hijos o a parte de ellos con los abuelos, tíos o primos, quienes se los cuidarán. Estos procesos contribuyen en una mayor dificultad en la integración de la misma colonia, en donde la gente “no se halla” o “no se encuentra”.

5. Ingreso económico

El desastre y la posterior reubicación para miles de familias, aunado a un desempleo creciente, que ya se hacía sentir desde antes del desastre de 1999, junto con el abandono del campo, por parte de las autoridades gubernamentales ha provocado una migración temporal y a veces definitiva de la población.

Algunas familias de las nuevas colonias que viven cerca de las cabeceras municipales, especialmente en Renacimiento, Unidad Doña Mary y en menor proporción Santa Cruz han buscado insertarse en el mercado laboral informal, encontrando trabajo como ayudante de albañil. Y en el caso de las mujeres tienen que transformar su rol económico e ingresar al mercado laboral, como trabajadoras domésticas.

Si las reubicaciones coordinados por Sedesol con recurso del Fonden han presentado problemas, que añadido, son los mismos presentados en otras regiones del país y otros países, como en Honduras con el huracán Mitch (Véase Barrios, 2005). Las consecuencias son también similares a los reubicados por presas, como señala Cernea, solo que en este caso un porcentaje de población reubicada se regresa a sus antiguos asentamientos.

Gestión de las reubicaciones pos desastre en 2005. Fraccionamiento Renacimiento, municipio de García del Área Metropolitana de Monterrey.

En las siguientes líneas señalaremos los aspectos más importantes en la gestión de la reubicación llevado a cabo por los diferentes órdenes de gobierno en el AMM, posterior al desastre asociado con el huracán Emily en 2005.

- La Comisión Nacional del Agua (CNA), actualmente llamada Conagua, insta al municipio y a la entidad federativa a realizar las reubicaciones necesarias a partir de una lista que entrega al municipio sobre las viviendas que ellos, como institución federal consideran en condición de riesgo.
- De acuerdo con la Ley de Desarrollo Urbano de 1999 en Nuevo León, el municipio

adquiere una mayor responsabilidad en la toma de decisiones sobre el uso del suelo. Por lo que la lista de reubicaciones propuestas por la CNA son sometidas a su consideración. Le corresponde al municipio decidir si solicitan apoyo del gobierno estatal, en este caso Fomerrey, pues ellos como entidad municipal no poseen los recursos suficientes para hacerse cargo de la gestión de las reubicaciones (caso específico municipio de Santa Catarina).

- El municipio, vía su Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra Pública decide qué familias serán reubicadas y en acuerdo con el cabildo se envía una solicitud de apoyo a Fomerrey².
- Al aceptar la solicitud municipal, Fomerrey la integra como parte de sus tareas de dotación de predios de urbanización progresiva, aunque la diferencia es que el proyecto debe ser llevado a cabo con celeridad. Así, se encarga de comprar un terreno, que puede estar ubicado al interior del municipio que solicita la reubicación, en el AMM ó incluso en los municipios periféricos a ésta y de realizar los trámites jurídicos legales para su regularización (En el caso de García, las autoridades se encargan de comprar el terreno³), al ser reubicados a otro municipio.
- Fomerrey se hace cargo del diseño urbanístico y la división de 90 metros cuadrados por lote. Mediante licitación oficial encarga a una empresa constructora la introducción de los servicios de agua, luz y drenaje, que los beneficiarios, a su vez, se encargarán de introducir a sus futuras viviendas. En el caso del asentamiento irregular: La Termolita, colonia que sufrió un incendio y donde varias cosas de cartón se quemaron, la población desclavó sus cartones y maderas para construir con el material que servía su nueva vivienda en el predio porque Fomerrey solo otorga el lote.

²Jorge Camacho, Director General de Protección Civil de Nuevo León, señaló que los municipios son los responsables de retirar a las familias asentadas a orillas de ríos y arroyos, principalmente los asentados irregularmente. Mientras que al Estado y la Federación tiene la responsabilidad de participar en la disminuir los riesgos por azolves en los cauces. (El Norte, 19/07/2005, 7/05/ 2007).

³Entrevista con el Director de Desarrollo Urbano de García, por la autora en octubre de 2009.



- Con la lista de familias por reubicar que el municipio le extiende a Fomerrey, se encarga de solicitarles un enganche por el predio, para posteriormente extender una carta de asignación por lote y el recibo de mensualidades durante varios años. El lote es vendido. En Renacimiento el costo del lote fue de más de 50 mil pesos.
- Las autoridades municipales, vía su Secretaría de Desarrollo Urbano (Municipio de Santa Catarina) procede a conminar al beneficiario a reubicarse por su cuenta (municipio de García). En ocasiones puede otorgar un subsidio o no, este no es obligatorio y puede hacerlo en forma de gastos de transporte para el traslado al nuevo lote.
- La Secretaría de Desarrollo Urbano municipal de Santa Catarina se encarga de mostrar al reubicado los lotes de vivienda progresiva para posteriormente otorgar a la familia seleccionada un plazo de 15 días para desocupar el área en riesgo.
- No existe propiamente un programa de reubicaciones pos desastre de parte de Fomerrey, por lo que tampoco existe claridad en el proceso de gestión. Sin embargo, esta parece ser la forma general en cómo se ha desarrollado en el AMM. Para la gestión de las reubicaciones pos desastres me he basado particularmente en la reubicación de Renacimiento y, como margo general, las llevadas a cabo ese mismo año de 2005 en los municipios de Juárez, Escobedo y Cadereyta.
- Fomerrey es la instancia estatal que decide todo el proceso de reubicación para la población seleccionada por el municipio. Es decir, el lugar, las condiciones y calidad de vida que tendrá la población seleccionada, sin haberlo consultado nunca con la población (aunque en ocasiones, si hay más opciones de reubicación puede preguntar a la familia qué municipio prefiere). Fomerrey puede buscar los recursos de la iniciativa privada para todo el proceso, en lo que corresponde a la introducción de servicios e incluso su posible asociación para la edificación de pies de casa, pero no está obligado a éste último punto.
- Cuando Fomerrey recibe el enganche de la familia reubicada, extiende una carta de asignación y se le notifica el monto mensual que deberá pagar en varios años. Con ello

concluye su compromiso con el nuevo fraccionamiento.

-
El segundo es la reubicación pos desastres desarrollada por las instancias estatales, en este caso muestro el caso específico de Fomerrey, que es la instancia estatal de vivienda específicamente para la Zona Metropolitana de Monterrey, y que por lo menos en los años de 2005 a 2010 no contenía en sus estatutos ninguna clausula sobre reubicaciones de asentamientos humanos. Su manera de trabajar fue la misma que la formación de cualquier otra colonia, sin tomar en cuenta que se trataba de damnificados que habían perdido sus viviendas en 2005, debido a un incendio en el barrio conocido como la Termolita, un asentamiento irregular, al que posteriormente se unieron varias familias de otras colonias, tras el huracán Emily, ese mismo año, alrededor de 800 familias.

En el caso específico de la reubicación de Renacimiento fue llevado a 30 kilómetros de distancia del municipio de Santa Catarina y a 3 kilómetros de distancia de la cabecera municipal de García, en un predio que presentó problemas de inundación y posteriormente, problemas de nivel e inclinación de las casas al haber sido construidas, parte de ellas en una zona de cárcavas. De manera que la única ventaja que reportó esta reubicación es que dejó de ser un asentamiento irregular, ahora viven en condiciones de riesgo, pero en un asentamiento regular y son dueños de un solar en zonas de cárcavas o de inundación. Actualmente, Renacimiento se ha convertido en una colonia dormitorio, pues la población sigue trabajando en el anterior municipio.

Un aspecto importante es que las reubicaciones tienen un costo económico de \$54,000.00 (como no sucede con las reubicaciones a cargo de Sedesol). Así, los damnificados, con un patrimonio perdido por el desastre, están obligados a pagar su propia reubicación sin ninguna participación activa en el proceso de gestión, pues no deciden el lugar a donde serán enviados, incluso si es en otro municipio. La dificultad es mayor, pues se les dota de un lote de urbanización progresiva que tiene un costo (esto es sólo un lote con los servicios incluidos, sin la vivienda, pero con la seguridad jurídica de que se trata de un asentamiento regular).

La dificultad para el reubicado pos desastre es mucho mayor debido a que han perdido la mayor parte de sus bienes y se encuentran en condición de damnificado. Junto con la reubicación de la familia,



se reubica también la condición de precariedad, con agudas consecuencias durante los primeros meses o años, en lo que la familia empieza a recuperarse de sus pérdidas.

Se les aleja de los medios de subsistencia: ingreso económico, educación, centros de salud, redes sociales, y se les dota de un lote que están obligados a pagar. No existe claridad en la gestión al no existir un programa pos desastre institucional que obligue a las instituciones involucradas a seguir lineamientos que tomen en cuenta estas características de diferencia con respecto al resto de la población.

Por lo anterior es importante seguir realizando evaluaciones sobre las características de las reubicaciones pos desastre en el país, y promover cambios donde la opinión de la población reubicada sea tomada en cuenta. De una legislación más clara y donde se dé un seguimiento desde el inicio hasta el fin, de parte de las autoridades involucradas, con el ánimo de evitar corruptelas.

De realizar una evaluación seria de mecánica de suelos y de riesgos de los terrenos que serán comprados para construir la nueva colonia. De respetar las costumbres e idiosincrasia de la gente. De tener varios modelos de vivienda para la población urbana y rural, respetando las costumbres de la población si es que queremos que la reubicación funcione y no que la población, termine vendiendo, rentando o prestando la vivienda, para regresar al lugar de donde fueron sacados.

En todo caso, la enorme inversión económica y administrativa se pierde por no desarrollar una mejor planeación y coordinación de las reubicaciones, que efectivamente logre que la población desee quedarse en su nuevo asentamiento y no tenga que abandonarla por necesidad.

Fuentes de Consulta

1. Barrios, Roberto, 2009, Subjetividad, materialidad y la producción de crisis social en la Construcción de Choluteca, Honduras, después del Huracán Mitch., en Vera, Gabriela (Coord), Devastación y éxodo. Memoria de Seminarios sobre reubicaciones por desastres en México. PAPELES DE LA Casa Chata, Ciesas.
2. Diario Oficial de la Federación; 1999; Acuerdo con el que se establecen las

Reglas de operación del Fondo de Desastres naturales (FONDEN), 31 de marzo de 1999.

3. Greaves. Patricia, 2001, Sobre las premisas y los modelos que explican el proceso de reasentamiento, en Macías, Jesús Manuel (Coord), (2001), Reubicación de comunidades humanas. Entre la producción y la reducción de desastres, Universidad de Colima.
4. Oliver-Smith, Anthony; 2001; Aspectos teóricos-metodológicos de los reasentamientos; en Macías, Jesús Manuel (coord.); (2001); Reubicación de comunidades humanas. Entre la producción y la reducción de desastres; Universidad de Colima.
5. Vera, Gabriela, 2007, texto inédito, tesis de doctorado por la UAM-Iztapalapa, Vulnerabilidad social y desastres en el Totonacapan. Una historia persistente.
6. Vera, Gabriela y Eduardo Morales, 2009, La reubicación de vida mejor III, en Macías, Jesús (Coord), Investigación evaluativa de reubicaciones humanas por desastres en México, 423-470. Editorial Ciesas. Papeles de la casa chata.
7. Macías Jesús y Gabriela Vera, 2009, la reubicación de Arroyo del Maíz, en Macías, Jesús (Coord), Investigación evaluativa de reubicaciones humanas por desastres en México, 99-176, Editorial Ciesas. Papeles de la casa chata.



Caracterización hidroambiental y corrección de los coeficientes de agostadero en función de la sequía meteorológica en el Estado de Sonora, México

Leopoldo Villarruel Sahagún^{1,2}, Enrique Troyo Diéguez¹, Alejandra Nieto Garibay¹, Oscar Gutiérrez Ruacho², Gilberto Solís Garza³, Bernardo Murillo Amador¹

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S.

² Universidad Estatal de Sonora. Hermosillo, Sonora.

³ Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.

Resumen

Para un manejo sustentable de una superficie de pastoreo, es necesario conocer la estrategia de la naturaleza para sostener el pastizal. En este sentido, en los esquemas de manejo primero debe planearse un programa de caracterización ambiental y de monitoreo adecuado, basado en el historial de las variables termopluviométricas, de tal manera que para comprender los signos en los pastos y herbáceas es importante conocer el régimen hidrometeorológico. Cuando ocurre un período con precipitaciones irregulares con pp anual menor a 250 mm, o de sequía, emergen especies evasoras de la misma, de rápido crecimiento y corto período de vida, por lo que la cobertura vegetal tiende a desaparecer rápidamente. Para un diagnóstico acertado de la condición hidroambiental del agostadero, se propone la aplicación de un indicador de disponibilidad hidroambiental (IDHA), con escala de 0 a 10, cuyo criterio de aplicación es el siguiente: IDHA = 0 a 2.5, exclusión total para el pastoreo; IDHA = 2.5 a 5, manejo con restricciones severas y exclusión total durante los meses de sequía; IDHA = 5 a 7.5, manejo sostenible, con rotaciones adecuadas y prevenciones durante los meses de sequía; IDHA = 7.5 a 10, alto potencial de manejo sostenible, sugiriéndose rotaciones adecuadas para asegurar la sustentabilidad. Mediante el análisis de las tendencias del IDHA en localidades semiáridas de Sonora, se obtuvo un modelo exponencial de utilidad para la corrección de los coeficientes de agostadero, oscilando de 20 a 40 ha por unidad animal, en 31 localidades de dicho Estado.

Introducción

Los problemas derivados de la escasez de agua e insuficiencia hídrica en zonas áridas y semiáridas, han demostrado claramente la interdependencia del ecosistema con el perfil, tradiciones y costumbres

de la sociedad y de las comunidades que habitan y dependen de los recursos naturales. La actividad ganadera en agostaderos de cuencas de zonas áridas y semiáridas ha generado beneficios económico-productivos, sin embargo, el manejo no planificado y la sobreexplotación de los recursos naturales han ocasionado erosión, agotamiento del agua y en algunos casos desertificación irreversible (1). Los aspectos fundamentales de la ordenación y la rehabilitación de agostaderos, pastizales y cuencas pueden manejarse y lograrse más fácilmente en pequeñas cuencas unitarias lo que facilita la integración de avances y resultados positivos en el mosaico de una cuenca fluvial. La ordenación y manejo de cuencas y micro-cuencas implica la decisión de aplicar estrategias a través de una efectiva coordinación interinstitucional en todo el sistema-cuenca, aguas arriba y aguas abajo. Lo anterior con la finalidad de promover la aplicación de políticas de desarrollo sostenible, privilegiando el valor estratégico del recurso hídrico, insertado en políticas de desarrollo regional, con enfoques de cogestión y autogestión y en función de las potencialidades y limitaciones del ecosistema.

Un factor que ha contribuido a la baja en la ejecución de proyectos de manejo de agostaderos, pastizales y cuencas es la falta de demostración cuantitativa de los efectos y logros benéficos, ya que en los esquemas tradicionales de elaboración y ejecución de proyectos no se ha incluido la medición de la situación inicial de indicadores seleccionados que permita la comparación de los efectos de las acciones derivadas de estrategias o proyectos específicos. Al respecto, los planes de manejo deben buscar el equilibrio entre la disposición de forraje y la carga animal (2).

Los ecosistemas de pastizales serán rentables en la medida que su manejo considere la capacidad de



carga natural del terreno, lo cual está estrechamente asociado a la fertilidad del suelo, precipitación y capacidad de retención de humedad, y a su potencial intrínseco de rebrote y recuperación. De acuerdo a Hanselka y Kilgore (3), existen tres tipos de manejo de acuerdo a las características para clasificar a los sistemas de pastoreo: (1) el método de pastoreo continuo, (2) los sistemas de rotación diferida, y (3) los sistemas de pastoreo de corta duración (SCD).

En el caso de las zonas áridas y semiáridas, para un manejo sostenible de pastizales, el balance del agua en el ecosistema debe analizarse en función de la disponibilidad hídrica resultante de la relación precipitación- evaporación-retención de humedad, de acuerdo a la naturaleza edafológica-hídrica del entorno. Los ecosistemas y pastizales en tales ambientes, deben enfrentar períodos normales de insuficiencia hídrica, pero también períodos anormales, cuando se prolongan de manera extraordinaria, convirtiéndose en sequías. Los efectos de una sequía y su nivel de impacto dependerán del nivel de precipitaciones, así como de la oscilación térmica, que se registren y pronostiquen para el período de incidencia. El seguimiento y control del manejo de los pastizales, mediante indicadores que detecten oportunamente su deterioro, debe ser un principio fundamental para su manejo (4). En el sector ganadero, la escasez de pastos y como consecuencia la necesidad de alimentar con forraje almacenado y piensos a una proporción significativa del hato ganadero productivo en una región afectada por las sequías, está provocando pérdidas considerables en el norte, centro-norte y noroeste de la República Mexicana. Al respecto, la Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001 (5) establece los procedimientos que deben observarse para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos de pastoreo.

En las definiciones incluidas en la norma citada, se indica que *“la sequía puede considerarse como la disminución de las precipitaciones de una región respecto del valor normal en un periodo de tiempo, lo que crea una escasez de agua para los diferentes usos: de almacenamiento, agrícola, ganadero, municipal, industrial, etc. y para el ambiente: ríos, aguas subterráneas, humedad del suelo”*. Según Crespo-Pichardo (6), la cuestión fundamental acerca de las sequías, su incidencia y ocurrencia espacio temporal se resume en dos preguntas: ¿cómo definirla? y ¿cómo seguir su evolución? Se sabe que se trata de un fenómeno de desarrollo

gradual, que comienza y termina de maneras no bien definidas, que su impacto es variado y que están involucradas diferentes variables, además de una deficiencia de precipitación. Dicha condición ha llevado a desarrollar más de una concepción relacionada con este fenómeno, de las causas que la originan y del impacto que tiene en diferentes ámbitos.

Entre los métodos reportados para la valoración de la sequía, el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (ISSP), propuesto por Palmer (7) ha sido utilizado en diferentes partes del mundo, toda vez que la investigación de sus aplicaciones para evaluar la presencia e intensidad de sequías, se realiza para diferentes condiciones geográficas y ambientales. Una de las desventajas más importantes que presenta el ISSP consiste en el caudal de información que requiere, alrededor de 20 variables, por lo que su uso se dificulta en zonas con limitada disponibilidad de información climática.

Materiales y métodos

Para la valoración del régimen pluviométrico de zonas con pastizales en el estado mexicano de Sonora, se aplicó el Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA), el cual es una modificación del Índice de De Martonne (8). El IDHA fue aplicado con fines comparativos para el análisis de la sensibilidad hídrica de 36 estaciones meteorológicas (localidades) en dicho estado (datos obtenidos de CLICOM (9)), de utilidad para la toma de decisiones relativas al manejo de pastizales, mediante la ecuación (1):

$$IDHA = Ke (12pp) / (t + 10) \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde: IDHA es el Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental, pp es la precipitación mensual en mm, t es la temperatura media mensual en °C y Ke es un coeficiente adimensional de ajuste, con valor de 0.306, el cual fue aplicado con la finalidad de alcanzar una mayor resolución que el Índice de De Martonne. A su vez, para complementar el análisis de la condición hídrica, el Índice de Sequía Hidro-Ambiental (ISHA) fue calculado mediante la siguiente expresión (Ecuación 2):

$$ISHA = Ka - IDHA \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde: ISHA es el Índice de Sequía Hidro-Ambiental. Ka = 10, es la constante del límite superior de la escala (ordenada al origen), que define la proporción complementaria de ISHA e IDHA.

Una vez estimados IDHA e ISHA, se procedió a graficar los resultados obtenidos y a clasificar las



localidades evaluadas por su pluviosidad, con aplicación orientada al manejo de pastizales, de acuerdo con los criterios que se indican en el Cuadro 1.

Con la finalidad de corroborar la funcionalidad numérica de IDHA y del ISHA, se aplicaron análisis de regresión y correlación con la pluviometría generada por la información disponible para las 36

localidades evaluadas. Asimismo, se revisaron los coeficientes de agostadero (CAG) (ha/UA/año) (10 y 11) para cada una de las 36 estaciones meteorológicas, se aplicaron análisis de regresión y correlación entre los valores del ISHA y los CAG. Además de generar los mapas de interpolación de la precipitación y de los dos índices antes mencionados.

Cuadro 1

Valor del IDHA	Vulnerabilidad	Recomendaciones de manejo
0 a 2.5	Extrema	Exclusión total para el pastoreo
2.5 a 5	Alta	Manejo con restricciones severas, exclusión total durante los meses de sequía
5 a 7.5	Media	Manejo sostenible con rotaciones adecuadas y prevenciones durante la sequía
> 7.5	Baja	Alto potencial de manejo sostenible, se sugieren rotaciones adecuadas

Valor del ISHA	Vulnerabilidad	Clasificación de la Zona
< 2.5	No vulnerable	Húmeda
2.5 a 5	Vulnerable	Semiárido de tipo mediterráneo
5 a 7.5	Muy vulnerable	Semidesierto (Árido)
7.5 a 10	Extremadamente vulnerable	Desiertos (Hiperárido)

Criterios de aplicación e interpretación de los indicadores IDHA (Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA) e ISHA (Índice de Sequía Hidro-Ambiental).

Resultados y discusión

A partir de la información obtenida de las 36 estaciones meteorológicas del Estado de Sonora, se observa que las localidades Tesopaco, San Bernardo, Tezocoma y Minas Nuevas son las que presentaron mayor pluviosidad, con precipitaciones (pp) anuales de 662.2, 710.9, 730.1 y 757.2 mm, respectivamente. Por su parte, las localidades más secas fueron Riíto, Puerto Peñasco, Puerto Libertad y Pitiquito, con valores de pp anual de 54.5, 89.5, 102.7 y 245.3 mm, respectivamente.

La deficiencia de agua debida a la baja magnitud de las precipitaciones se manifiesta de manera más intensa hacia la costa del Mar de Cortés, exacerbándose hacia el noroeste del estado. En contraste, una mayor disponibilidad hídrica se hace evidente hacia la zona montañosa del sureste del estado, la cual se comparte con los estados de Chihuahua y Sinaloa (Ilustración 1). Las 36 estaciones meteorológicas analizadas se enlistan en el Cuadro 2 (9).

Figura 1. Variación de los indicadores IDHA e ISHA, para 36 estaciones meteorológicas del Estado de Sonora.

La localidad en la cual se cruzan los valores del IDHA (4.98) y el ISHA (5.02) es la 30 que corresponde a la Estación 26077, en el municipio de Sahuaripa, en la cual se tiene una precipitación promedio anual de 541 mm, de acuerdo a las tendencias de ambas funciones se puede inferir que en las localidades con precipitaciones menores son necesarias obras de captación de agua como los repesos u otras formas de retención de la misma. Según la tendencia de valores observada para el índice IDHA (Cuadro 2, Gráfica 2), cinco localidades presentaron valores de 0 a 2.5, lo que representa el 13.9%, por lo que sus pastizales son altamente vulnerables a las sequías, recomendándose exclusión total para el pastoreo. Por su parte, 20 localidades alcanzaron valores de IDHA que oscilaron de 2.5 a 5, que constituye el 55.6%, para las que se sugiere manejo con restricciones severas y exclusión total al ganado durante los meses de



sequía. Asimismo, once localidades mostraron valores de 5 a 7.5, lo que caracteriza el 30.5%, para las que se propone manejo sostenible con rotaciones adecuadas y prevenciones durante la

sequía; en la última categoría, para IDHA > 7.5, se observa que esta condición hidroambiental no se presenta ninguna de las localidades del Estado de Sonora analizadas (Figura 2)

Ilustración 1
Mapa de precipitación anual con datos de precipitación desde 1920 hasta inicios de 2011 (9).

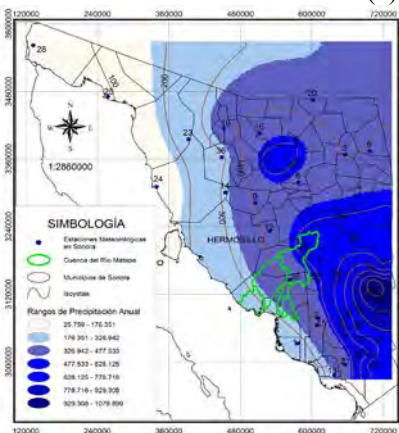


Ilustración 2 Mapa del Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA).

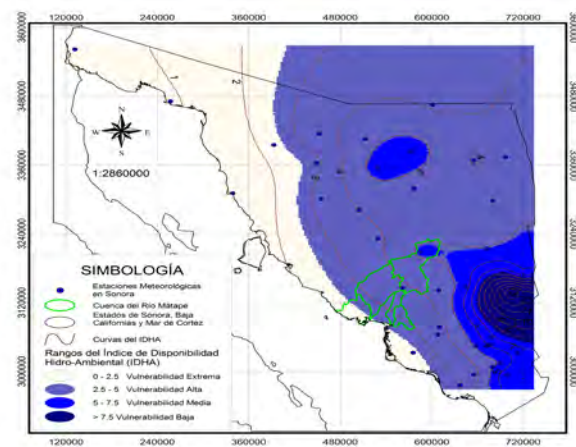


Ilustración 3 Mapa del Índice de Sequía Hidro-Ambiental (ISHA).

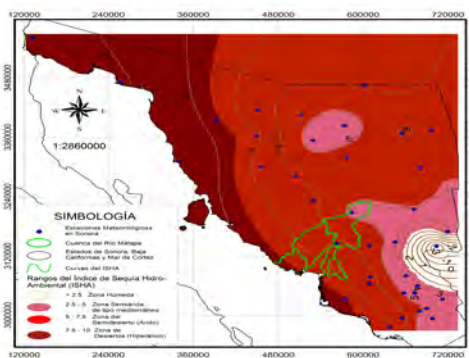
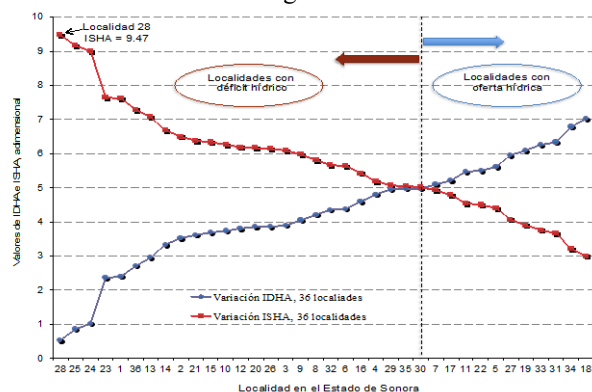


Figura 1. Variación de los indicadores IDHA e ISHA, para 36 estaciones meteorológicas del Estado de Sonora



Para realizar el análisis de los datos en cuanto a la relación entre el IDHA y los coeficientes de Agostadero (Cuadro 2) se eliminaron aquellas estaciones que no tienen datos o que COTECOCA considera que no son zonas ganaderas, de las cuales se eliminaron cinco estaciones: Puerto Peñasco, Riíto, Ruiz Cortines, San Bernardo y Tezocoma. Las dos primeras se clasifican como zonas no ganaderas ya que se encuentran en el

noroeste del Estado, en el Desierto de Altar y tienen precipitaciones muy bajas (89.5 y 54.5 mm, respectivamente); en las otras tres estaciones, aunque las precipitaciones son altas (de más de 500 a 730 mm), COTECOCA menciona que son zonas donde los terrenos son inaccesibles para el ganado, debido a la topografía irregular y accidentada predominante en dichas localidades (Cuadros 2 y 3) (10 y 11).



Cuadro 2

ID	ESTACION	Clave Estación	X	Y	PP, mm anual	T, °C anual	I_MAR	IDHA	ISHA	Cag previo
1	4p6	26292	575789	3032654	266,234	23,920	7,849	2,40	7,60	26
2	Álvaro Obregón	26068	609988	3077227	411,917	25,870	11,484	3,51	6,49	33
3	Angostura	26069	655258	3367728	393,473	20,863	12,749	3,90	6,10	19
4	Bacadehuachi	26006	680419	3297906	481,066	20,610	15,716	4,81	5,19	25
5	Bacanuchi	26007	573513	3383491	505,426	17,561	18,338	5,61	4,39	19
6	Banamichi	26008	577161	3318875	454,618	21,804	14,295	4,37	5,63	27
7	Batacosa	26009	658027	3044517	553,403	23,267	16,635	5,09	4,91	20
8	Bavispe	26012	696777	3373945	405,979	19,519	13,753	4,21	5,79	19
9	Carbo	26016	504839	3281676	405,979	20,822	13,172	4,03	5,97	22
10	Cuauhtémoc	26092	452199	3414753	382,387	21,321	12,209	3,74	6,26	23
11	Cucurpe	26025	528843	3353736	540,394	20,225	17,879	5,47	4,53	27
12	El Orégano	26032	529159	3231855	421,223	23,809	12,459	3,81	6,19	24
13	Etchojoa	26034	637376	2975943	320,703	23,338	9,620	2,94	7,06	19
14	Félix Gómez	26035	454912	3300226	317,911	19,279	10,858	3,32	6,68	27
15	Hornos	26043	608459	3064284	409,359	24,087	12,009	3,67	6,33	27
16	Imuris	26045	512755	3405411	445,393	19,715	14,989	4,59	5,41	29
17	Mazatán	26052	584420	3208119	524,525	20,785	17,038	5,21	4,79	24
18	Minas Nuevas	26053	698370	2993381	757,160	23,020	22,930	7,02	2,98	22
19	Mulatos	26055	719954	3169255	591,120	19,699	19,904	6,09	3,91	21
20	Naco	26057	601500	3465007	343,621	17,299	12,587	3,85	6,15	19
21	Navojoa	26061	655363	2994622	415,967	25,153	11,833	3,62	6,38	20
22	Onavas	26265	645243	3147775	612,791	24,089	17,976	5,50	4,50	24
23	Pitiquito	26093	393037	3394854	245,261	21,754	7,724	2,36	7,64	46
24	Puerto Libertad	26071	339102	3310543	102,690	21,032	3,309	1,01	8,99	46
25	Puerto Peñasco	26072	257413	3471016	89,478	22,051	2,792	0,85	9,15	NG
26	Punta de Agua	26073	562019	3145192	425,351	23,745	12,605	3,86	6,14	27
27	Quiriego	26075	672845	3044717	661,968	24,131	19,395	5,93	4,07	20
28	Riíto	26076	132026	3561691	54,464	21,724	1,717	0,53	9,47	NG
29	Ruiz Cortines	26024	689796	3013561	561,978	24,817	16,141	4,94	5,06	ND
30	Sahuaripa	26077	672011	3214637	541,820	23,306	16,268	4,98	5,02	24
31	San Bernardo	26088	712586	3032407	710,917	24,391	20,672	6,33	3,67	ND
32	Suaqui Grande	26125	608986	3141463	478,443	23,657	14,215	4,35	5,65	24
33	Tesopaco	26100	660852	3079636	662,198	22,408	20,433	6,25	3,75	20
34	Tezocoma	26099	677569	3059557	730,100	22,970	22,144	6,78	3,22	ND
35	Tres Hermanos	26102	679972	3007873	571,024	25,176	16,233	4,97	5,03	24
36	Trincheras	26103	448771	3363049	277,924	21,287	8,883	2,72	7,28	23

Lista de las estaciones meteorológicas del Estado de Sonora analizadas con el IDHA, el ISHA y sus Coeficientes de Agostadero (CAG) (ha/UA/año) (10 y 11).

Nota: PP anual = Precipitación anual; T anual = Temperatura anual; I_MAR = Índice de De Martonne; IDHA = Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental; ISHA = Índice de Sequía Hidro-Ambiental; CAG = Coeficiente de agostadero; NG = No ganadero; ND = datos no disponibles. IDHamedia = 4.2402; ISHamedia = 5.7598.

De acuerdo con la resolución numérica de los indicadores IDHA e ISHA, las localidades que enfrentan una deficiencia hídrica aguda son Riíto, Puerto Peñasco, Puerto Libertad, Pitiquito, estación 4p6 y Trincheras entre otras, cuyos valores de sequía hidro-ambiental se detallan en el Cuadro 2 y en las Ilustraciones 2 y 3, en tanto que las desviaciones de la media de IDHA e ISHA se muestran en el Cuadro 3. Dichas localidades se ubican en el noroeste de Sonora, donde prevalecen las condiciones bioclimáticas del Desierto de Altar. La localidad 28 (Riíto), es la que enfrenta la sequía hidroambiental más severa, con valor de ISHA cercano a 10, el cual sería la máxima expresión numérica de la sequía. La dispersión de los resultados estimados para ambos indicadores, considerando las 36 estaciones meteorológicas del Cuadro 2, se muestra en la Figura 1, donde se muestran de manera ilustrativa las localidades con déficit hídrico de aquellas con disponibilidad u oferta hídrica. Se observa que el valor central representativo para ISHA oscila alrededor de 5.8, y el valor medio representativo para el IDHA fluctúa alrededor de 4.2



Figura 2. Variación de los valores del IDHA, en 36 localidades del Estado de Sonora

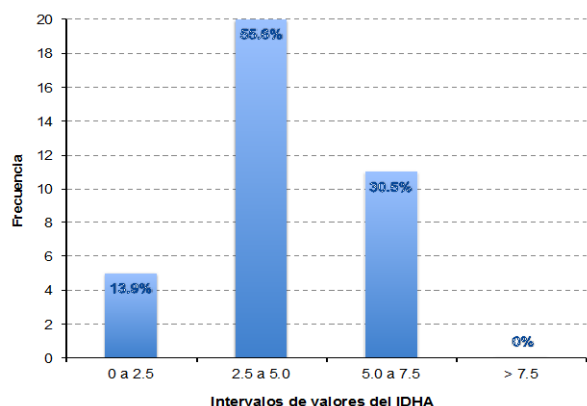
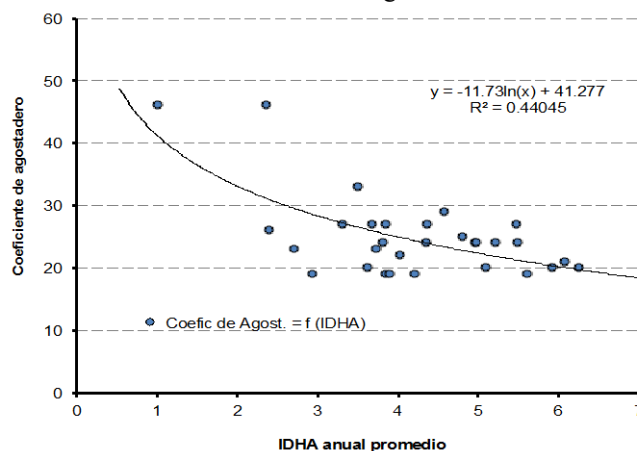


Figura 3 Análisis de Regresión entre IDHA y los valores de los coeficientes de agostadero.



Cuadro 3

Coefficientes de agostadero para localidades que enfrentan sequía hidroambiental severa en Sonora.

ID	Estación	Desv. IDHAMedia	Desv. ISHAMedia	CAG previo	CAG ccn	CAG ccc
28	Riíto	-3.7102	3.7102	NG	NG	NG
25	Puerto Peñasco	-3.3902	3.3902	NG	NG	NG
24	Puerto Libertad	-3.2276	3.2276	46	41.1	45.3
23	Pitiquito	-1.8767	1.8767	46	31.2	35.4
1	4p6	-1.8384	1.8384	26	31.0	35.2
36	Trincheras	-1.5220	1.5220	23	29.5	33.8
13	Etchojoa	-1.2966	1.2966	19	28.6	32.8
14	Félix Gómez	-0.9177	0.9177	27	27.2	31.4
2	Álvaro Obregón	-0.7262	0.7262	33	26.5	30.8
21	Navojoa	-0.6193	0.6193	20	26.2	30.4

Con los datos del Cuadro 2, se realizó un análisis de regresión y correlación entre los valores obtenidos del IDHA y los valores disponibles de los coeficientes de agostadero (Figura 3). El estadístico R^2 indicó que el modelo ajustado explica 44.05% de la variabilidad observada para los Coeficientes de Agostadero en relación a los cambios en los valores del IDHA. Por su parte, r (coeficiente de correlación) fue igual a 0.66, indicando una relación suficiente entre ambas variables; mediante este análisis se

acepta un intervalo de confianza de 95% para la correlación estimada, toda vez que el valor-p fue menor de 0.05 ($p=0.0015$).

Los resultados obtenidos confirman el ajuste significativo estimado por el modelo logarítmico, que describe la relación numérica entre los coeficientes de agostadero y el IDHA. Del anterior procedimiento se generó la ecuación del modelo obtenido para el análisis de localidades en condiciones de clima



normal (ccn), el cual se representa mediante la siguiente expresión (Ecuación 3):

Coefficiente de Agostadero ccn = $-11.73 \ln(\text{IDHA}) + 41.277$
(Ecuación 3)

En virtud de que la desviación absoluta promedio de los coeficientes de agostadero en relación con la media fue de 4.3 ha, para la aplicación del modelo obtenido en condiciones de cambio climático, el cual en la zona de estudio se espera que cause sequías más intensas y más prolongadas, dicha desviación se consideró en el análisis subsecuente. La ecuación del modelo obtenido para el análisis de localidades en condiciones de cambio climático (ccc), se representa mediante la siguiente expresión (Ecuación 4):

Coefficiente de Agostadero ccc = $-11.73 \ln(\text{IDHA}) + 45.5$
(Ecuación 4)

El promedio de los valores ajustados para el coeficiente de agostadero en condiciones normales fue de 24.8 ha/UA, el cual fue incrementado a 29.1 ha/UA, para las condiciones de cambio climático. Los coeficientes de agostadero estimados para ambas condiciones se muestran en el Cuadro 3.

Conclusiones

Los sistemas regionales de producción agropecuarios han estado sometidos durante largo tiempo a una serie de políticas paternalistas, clientelares y con poca o nula participación de la base social en la planificación del desarrollo (1). Lo anterior, aunado a una escasa aplicación de programas de manejo y ordenamiento, exacerba la fragilidad de este tipo de ecosistemas, toda vez que los pastizales son ecosistemas dinámicos susceptibles de encontrarse en estados de equilibrio donde es compatible la explotación y la conservación o, por el contrario, alcanzar estados degradados a consecuencia del exceso de pastoreo (12). En este sentido, en diversos foros se ha debatido y confirmado que para detener y revertir la degradación de los suelos en los pastizales de cuencas de zonas áridas y semiáridas deben excluir los factores causantes y modificar su uso y manejo conforme a su potencial productivo (13). Según Anaya-Nevárez y Barral (14), además del desabasto de agua y deficiencia hídrica, el problema ganadero es acentuado y puesto en evidencia por la distribución inadecuada del ganado que provoca sobrecarga de los agostaderos y un consecuente deterioro del potencial forrajero.

Para valorar de manera oportuna la condición hidrológica del pastizal y pronosticar eficazmente las sequías, existen diversos métodos como el Índice de Palmer y otros, aunque demandan una amplia gama de variables, no siempre disponibles para los analistas. La modificación del índice original de De Martonne a un Índice de Disponibilidad Hidro-Ambiental (IDHA) muestra una tendencia numérica mejor asociada y correlacionada a los incrementos de la humedad ambiental generada por la precipitación (8), en tanto que el indicador complementario, propuesto como el Índice de Sequía Hidro-Ambiental (ISHA), constituye una herramienta práctica para diferenciar localidades y épocas, con respecto a la deficiencia hidrológica consecuente de precipitaciones anormalmente bajas y escasas. La ventaja del modelo que se propone es la posibilidad de actualizarlo en condiciones de cambio climático.

Según los resultados obtenidos, se concluye que el Índice de aridez de De Martonne muestra suficiente sensibilidad a las características climáticas de Sonora, variando de manera directamente proporcional con la precipitación. Los Índices IDHA e ISHA que se derivan del primero mencionado, muestran una elevada sensibilidad en correspondencia con la distribución espacial de la vegetación de pastizales y presentan una estrecha relación con los coeficientes de agostadero, de manera que se puede proponer la carga animal según la estimación de las variaciones u oscilaciones de la precipitación y la temperatura en el Estado, siendo factible su aplicación en condiciones de deficiencia pluviométrica y en escenarios de cambio climático.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación básica CONACyT-SEP, mediante el Proyecto "Determinación y construcción de indicadores de la huella hídrica y desertificación", con clave interna CONACYT 180C. Los autores agradecen al personal del Área Técnica de la Comisión Nacional del Agua, en Hermosillo, Sonora, por proporcionar datos actualizados y a la Red Temática de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos de CONACYT (REDESClim) por el apoyo parcial otorgado a esta investigación.

Fuentes de consulta

1. Torres-Lima, P. A., Martínez-Cano, A. G., Portes-Vargas, L., Rodríguez-Sánchez, L. M. y



- Cruz Castillo, J.G. 2008. Construcción local de indicadores de sustentabilidad regional. Un estudio de caso en el semidesierto del noreste de México. *Región y Sociedad*. México 20(43): 25-60.
2. López-Reyes, M., Solís Garza, G., Murrieta-Saldívar, J., López-Estudillo, R. 2010. Percepción de los ganaderos respecto a la sequía. Viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estudios Sociales*. XVII (Número Especial): 221-242.
 3. Hanselka, C. W. y Kilgore, D. E. 1987. The Nueces River Valley: The Cradle of the Western Livestock Industry. *Rangelands*. 9(5): 195-198.
 4. Lok, S., Crespo, G. y Torres, V. 2008. Metodología para la selección de indicadores de sostenibilidad del sistema suelo-planta en pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 42(1): 71-76.
 5. DOF. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-020-RECNAT-2001. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Diciembre 10 del 2001. México, D.F.
 6. Crespo-Pichardo, G. 2004. Comparación de dos metodologías para el cálculo del índice de severidad de sequía para doce reservas de la biosfera mexicana. Reporte final al Programa MAB-UNESCO. http://portal.unesco.org/science/en/ev.php-URL_ID=7087&URL_DO= DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html. 210 pp.
 7. Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought. U.S. Dep. Commerce. Weather Bureau Res. Paper 45. USA. 58 pp.
 8. Mercado-Mancera, G., Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F. y García-Hernández, J. L. 2010. Calibración y aplicación del índice de aridez de De Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas. *Universidad y Ciencia*. 26(1): 51-64.
 9. WMO. 2012. World Meteorological Organization, CLimate COMputing Project available information online: <http://www.wmo.ch/pages/prog/wcp/wcdmp/clicom/index.en.html> (2012).
 10. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1986. Tipos de vegetación en el Estado de Sonora con diferenciación de sitios de productividad forrajera. 1:500,000. COTECOCA, SARH. México. 1 hoja.
 11. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1989. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana Estado de Sonora. COTECOCA, SARH. México. 255 p.
 12. Rebollo, S. y Gómez-Sal, A. 2003. Aprovechamiento sostenible de los pastizales. *Ecosistemas* 2003/3 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion7.htm>).
 13. Márquez-Madrid, M., Ruiz-Garduño, R. R., Valdez-Cepeda, R. D., Blanco-Macías, F. y Pérez-Pérez, V. G. 2009. Estado de degradación del suelo en los pastizales de la cuenca del Río Juchipila. En: *Memorias del VI Simposio Internacional de Pastizales*. Universidad Autónoma de Nuevo León - Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. 4 al 7 de Noviembre de 2009. pp: 16-27.
 14. Anaya-Nevárez, E. y Barral, H. 1995. La ganadería y su manejo en relación con los recursos agua y pastizal en la zona semi-árida de México. Folleto Científico N05. INIFAP-ORSWM. CENID-RASPA. Km 6.5 margen derecha Canal Sacramento. Gómez Palacio, Dgo. 88 pp.

Sección III

**Emisiones de gases
de efecto invernadero
y mitigación**



Energía eólica en el combate al cambio climático: Un área de oportunidad para la creación de capacidades tecnológicas en México

Alvarado López Raúl Arturo

Facultad de Economía – UNAM
alra.unam@yahoo.com.mx.

Resumen

Actualmente, se reconoce que la generación eolieléctrica es una actividad innovadora que se está integrando a los sectores eléctricos de varios países en el contexto de la diversificación energética y como una estrategia para el combate del cambio climático. En México dicho sector es relativamente nuevo, sin embargo, en la actualidad este tipo de energía constituye aproximadamente el 2% de la generación eléctrica total del país, y se espera que para el 2014 represente el 5%.

La energía eólica constituye un área de oportunidad para México en la generación de energía eléctrica alterna a la de los combustibles fósiles y una opción en el combate al cambio climático, así como la posibilidad para que diferentes organizaciones mexicanas¹, desarrollen y/o acumulen capacidades tecnológicas que permitan la creación de tecnologías propias.

En este sentido, Kim (1997:86), destaca la importancia de que los países en desarrollo, no sólo cuenten con la habilidad de hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico, sino también con la habilidad para crear conocimiento nuevo. Definiendo las capacidades tecnológicas como “la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes”, creando nuevas tecnologías, nuevos productos y procesos.

Bajo estas consideraciones, en el presente trabajo se presenta un análisis del sector eólico en México y el Mundo y porqué dicho sector se presenta como un área de oportunidad para la mitigación del cambio climático y para la creación de capacidades tecnológicas.

Introducción

¹ A decir: Empresas, Universidades y Centros de I+D.

La energía eólica, es la energía que se obtiene a través del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire. Históricamente esta energía ha sido utilizada en diversas actividades en diferentes sociedades, tal es el caso del impulso de los barcos de vela y los molinos de viento difundidos por diferentes partes de Europa. Actualmente, la energía eólica es utilizada alrededor del mundo, principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores².

La importancia en el uso de la energía eólica se centra en que es un recurso abundante, renovable, limpio y que además ayuda de manera importante a disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI³) al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles (o puede funcionar como un complemento de ésta), lo que la convierte en una energía sustentable⁴.

En Europa ha sido donde en mayor medida se ha explotado/explorado la energía eólica a lo largo de la historia, y en consecuencia donde en mayor medida se han realizado los desarrollos tecnológicos ligados a esta energía. Sin embargo, en los últimos años países en desarrollo han comenzado a darle mayor relevancia a esta energía, tal es el caso de China y la India.

La república mexicana cuenta con recursos eólicos abundantes y en particular en algunas zonas como

² Generador de energía eléctrica que aprovecha la fuerza del viento, transformando la energía cinética en energía mecánica y ésta a su vez en energía eléctrica.

³ Son seis principales gases causantes del calentamiento global, estos son: dióxido de carbono (CO₂); gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC); Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).

⁴ También denominada energía verde o energías limpia.



La Ventosa Oaxaca, donde el viento tiene características de velocidad y persistencia que la posiciona como una de los mejores en el mundo⁵.

Sin embargo, es necesario aclarar que la sola existencia del recurso no es suficiente, ya que para su adecuada explotación se requiere de diversas tecnologías, muchas de las cuales ya se encuentran ampliamente difundidas en diversos países desarrollados (donde se consideran tecnologías maduras⁶), por lo cual, el reto para la adecuada explotación del potencial eólico en México es la creación/acumulación de capacidades tecnológicas, que permitan no solo la apropiada utilización de la tecnología, sino que permitan el desarrollo de tecnologías propias.

Bajo estas consideraciones, el objetivo del presente trabajo es hacer un análisis del sector eólico en México y el Mundo y porqué este sector se presenta como un área de oportunidad para la mitigación del cambio climático y para la creación de capacidades tecnológicas que permitan un adecuado aprovechamiento del recurso eólico nacional.

Para lo anterior, el trabajo se divide en cuatro apartados, el primero corresponde al tema de aprendizaje y capacidades tecnológicas, en el segundo se muestra un pequeño análisis del sector eólico en el mundo, para el tercero se presenta una breve exploración del sector en México, un cuarto apartado corresponde al tema de cómo la energía eólica puede ser vista como una ventana de oportunidad para que México desarrolle capacidades tecnológicas en el sector y finalmente se presentan algunas conclusiones.

Aprendizaje y capacidades tecnológicas

El aprendizaje y la acumulación de capacidades tecnológicas son unos de los elementos fundamentales que integran lo que actualmente se denomina “la economía del conocimiento”, es así que dichos elementos, son un mecanismo central de la competitividad, tanto de las empresas como de las regiones, y por lo tanto, de los países.

⁵ Además, de otras regiones en Estados como: Tamaulipas, Chihuahua, Zacatecas, la península de Yucatán y Baja California, entre otros más.

⁶ Se considera que una tecnología es madura cuando esta se encuentra ampliamente difundida entre los países, regiones y/o sectores productivos.

La literatura del aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas establece el estrecho vínculo que existe entre ambos fenómenos ya que se considera que el aprendizaje es el medio que facilita la construcción de capacidades tecnológicas.

Es así que ambos fenómenos requieren de un proceso de desarrollo sostenido en el corto, mediano y largo plazo, ya que un proceso de aprendizaje se construye a partir de esfuerzos internos, así como de la experiencia y de los conocimientos disponibles dentro de las empresas u organismos (tanto públicas como privadas), el objetivo es generar innovaciones que garanticen la permanencia en el mercado.

En particular, en el entorno económico, el aprendizaje puede ser analizado en varios niveles, siendo uno de los más importantes aquel que es dirigido en los sistemas productivos en el que se sustentan los procesos económicos, tal es el caso del aprendizaje tecnológico.

De acuerdo con Bell y Pavitt (1995:164), el aprendizaje tecnológico se refiere a “cualquier proceso en el que los recursos para generar o administrar el cambio técnico, y que son incrementados o reforzados constantemente”.

Para Bell y Pavitt (1995) el aprendizaje que nos lleva a la acumulación de capacidades tecnológicas, no se da en un tiempo determinado ya que dependen de los esfuerzos individuales y colectivos a nivel local (en la empresa) o global (país o región).

Es necesario mencionar que los procesos de aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas son diferentes entre los países desarrollados y en desarrollo, ya que mientras estos últimos, por lo general, aprenden y acumulan capacidades tecnológicas a partir de la tecnología adquirida de otros países, los países desarrollados se centran en profundizar, mantener y renovar sus capacidades ya existentes con el fin de permanecer en la frontera tecnológica.

El aprendizaje tecnológico dentro de los países en desarrollo, se relaciona estrechamente con la introducción de nuevos productos y/o nuevas tecnologías propiciando la innovación y el cambio tecnológico, dando lugar a nuevas tecnologías, procesos, sistemas productivos, organización del trabajo y soluciones técnicas.



En este sentido, el aprendizaje que nos lleva a la conformación de capacidades tecnológicas hace referencia a la aptitud de hacer un uso eficaz del conocimiento tecnológico en la producción, la ingeniería y la innovación, con el fin de mantener la competitividad en el mercado.

Kim (1997: 86), destaca la importancia de que los países en desarrollo, cuenten o desarrollen la habilidad para crear conocimiento nuevo. Por lo cual, define las capacidades tecnológicas como “la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes. Esto también permite crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos como respuesta al entorno económico”.

Una de las características clave de las capacidades tecnológicas es que no se distribuyen de manera uniforme entre los países, las regiones y las firmas. Esto implica que en la construcción de capacidades tecnológicas hay factores que son específicos de la empresa y otros que son propios de un país dado⁷.

Por lo tanto, el desarrollo de las capacidades es el resultado de la interacción compleja de la estructura de incentivos y motivaciones con los recursos humanos disponibles, los esfuerzos tecnológicos realizados y la incidencia de factores institucionales diversos.

Este tipo de literatura ha destacado que una de las vías para la adopción de conocimiento externo es la transferencia de tecnología de punta proveniente de los países desarrollados.

En este sentido, para Lall (1987) la transferencia tecnológica es una práctica que enfatiza el esfuerzo tecnológico natural para manejar nuevas tecnologías, adaptarlas a las condiciones locales, mejorarlas, difundirlas dentro de la economía y explotarlas y/o diversificarlas⁸.

⁷ Por ejemplo: régimen de incentivos, estructura institucional y dotación de recursos–inversión física, capital humano y esfuerzo tecnológico.

⁸ En un proceso de transferencia de tecnología, es decir, la explotación/exploración de una nueva tecnología, el aprendizaje no es necesariamente el objetivo perseguido al desarrollar estas actividades, sin embargo, se pueden aprovechar estas actividades de cambio técnico, no sólo

Considerando que “el aprendizaje se presenta en un ambiente específico de interacciones humanas, de una organización a otra y/o de un individuo a otro, donde se asimila una cultura tecnológica que se concreta en las características de la distribución del trabajo y, más extensamente, en las características tecnológicas de la empresa” (Jasso y Ortega, 2007: 86).

Esto da lugar al desarrollo de aprendizajes particulares y específicos que se materializan en capacidades tecnológicas y que son de carácter acumulativo.

El aprendizaje y capacidades técnicas más relevantes en la dimensión tecnológica se presentan en la adaptación, modificación, diseño y rediseño de productos y equipos, es decir en una senda de aprendizaje que nos lleva a la innovación (el cual puede de ser en procesos o productos y a nivel incremental o radical).

Esto último, en el caso de la tecnología eólica toma un papel relevante para México, considerando que en la actualidad, dicha tecnología es transferida desde diferentes países (principalmente europeos), por lo tanto, hoy día se presenta como una ventana de oportunidad⁹ para que los países en desarrollo que cuenta con recursos eólicos, como es el caso de México, incursiones en la creación/acumulación de capacidades tecnológicas, que incentiven el desarrollo de tecnologías propias además de favorecer el adecuado aprovechamiento del recurso.

La Energía eólica en el mundo

En la actualidad, la generación eolieléctrica se está integrando a los sectores eléctricos de varios países en el contexto de la diversificación energética y como estrategia para la disminución de emisiones, derivados de la generación de energía eléctrica.

para resolver los problemas de producción sino también para generar un resultado de aprendizaje tecnológico endógeno.

⁹ El concepto de ventana de oportunidad fue acuñado por Dereck F. Abell (1978) y ha sido ampliamente abordado por Carlota Pérez, en donde en términos generales, se refiere al momento en el cual todos los factores (o gran parte de los factores) están a favor para aprovechar una situación de ventaja con éxito, es decir, un momento que asegura buenos resultados.



Las estrategias para implantación y diseminación de esta tecnología se han venido mejorando en función de la experiencia operativa y de las necesidades y oportunidades de cada país.

El concepto básico de los aerogeneradores¹⁰ sugiere sencillez; sin embargo, las enormes máquinas que hoy en día convierten la energía del viento en electricidad, son sistemas cada vez más complejos y sofisticados, ya que están integrados por subsistemas aerodinámicos, mecánicos, eléctricos, hidráulicos y electrónicos, cuyo desarrollo e integración ha presentado retos tecnológicos importantes.

Asimismo, la integración de centrales eolieléctricas a los sistemas eléctricos convencionales es un desafío tecnológico que hasta ahora se ha logrado superar. No obstante, aún queda mucho por hacer, principalmente en los países en desarrollo, ya que si se busca lograr que la generación eolieléctrica tenga una alta penetración y que su contribución en el contexto de la diversificación energética sea relevante, requiere de importantes incentivos al aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas en el sector.

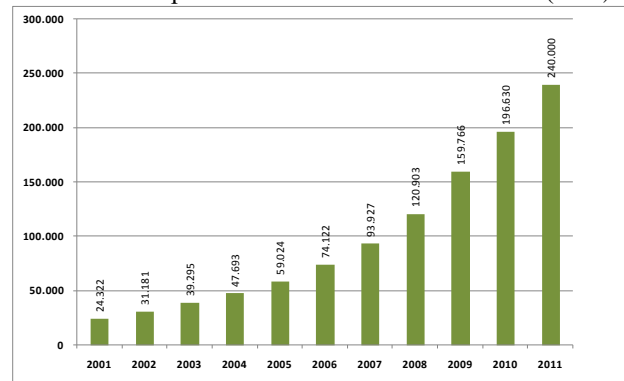
Según el Reporte Anual de la Energía Eólica en el Mundo (2010), publicado en abril de 2011 (RAEE, 2011) de la Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA por sus siglas en inglés), la capacidad instalada de energía eólica en todo el mundo llegó a los 196,630 Megavatios (MW); luego de 159,050 MW en 2009; 120,903 MW en 2008; y 93,930 MW en 2007 (ver gráfico 1), lo cual representa que el mercado global en el sector permanece en una senda de crecimiento hasta cierto punto estable¹¹.

Pese a la baja tasa de crecimiento presentada en el año 2010, en términos generales los datos demuestran que a pesar de las diferentes crisis económicas desatadas en todo el mundo, ha sido

posible mantener crecimiento en la capacidad instalada del sector.

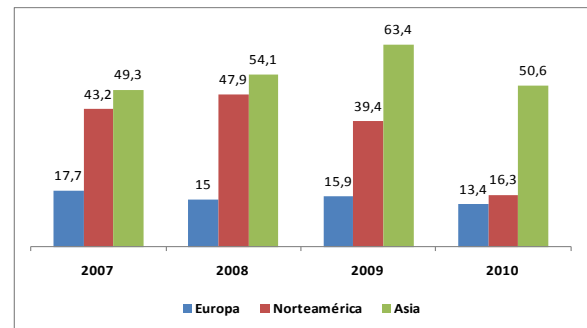
Aunque hay que aclarar que el mayor dinamismo se presenta en Asia¹². En el siguiente gráfico, se presenta cual ha sido la tasa de crecimiento por región (Europa, Norteamérica y Asia) del 2007 al 2010. (Ver Gráfico 2)

Gráfico 1: Capacidad Instalada a Nivel Mundial (MW)



Fuente: RAEE (2011: 6)

Gráfico 2: Tasa de Crecimiento Continental(%)



Fuente: RAEE (2011: 12)

¹⁰ La tecnología continúa avanzando desde el aumento en las dimensiones y eficiencia de las máquinas. Además, la explotación de este recurso renovable ha migrado hacia mar abierto (PEAER-SENER, 2009).

¹¹ Hasta cierto punto estable ya que la capacidad instalada para 2010 presentó un incremento del 23.6%, la cual fue la tasa más baja registrada desde el año 2004 y la segunda más baja de la década anterior, esto según los datos de la WWEA.

¹² Según el RAEE (2011), Asia se convirtió en el nuevo líder continental, representando el 54.6 % de los nuevos aerogeneradores instalados (40.4 % en 2009, 31.5 % en 2008). Siendo China el país con mayor capacidad instalada a nivel mundial y el centro de la industria eólica a nivel internacional. instaló 18,928 MW durante el 2010, contabilizando más del 50 % de la capacidad instalada a nivel mundial en este año. En tanto que EEUU registró la disminución más importante de la tasa de crecimiento a nivel mundial perdiendo el primer lugar en la lista de países con mayor capacidad instalada.

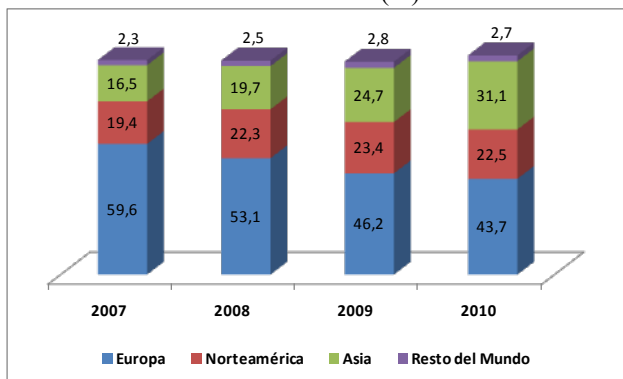


El RAEE (2011), señala que hace cinco años, Europa dominaba el mercado mundial de aerogeneradores con 70.7% de la nueva capacidad instalada cayendo hasta la tercera posición en 2009.

En el 2010, el continente volvió a la segunda posición con 27% de los nuevos aerogeneradores instalados (2009: 27.3 %; 2008: 32.8 %), nuevamente por encima de Norte América, cuya cuota se redujo de 28.4 % en 2009 al 16.7 % en 2010.

Europa representa en la actualidad menos de la mitad de la capacidad total instalada. En los últimos años, la cuota europea ha ido decreciendo constantemente por debajo del 65.5 % (2006) al 43.7 % en 2010 (ver Gráfico 3).

Gráfico 3: Contribución Continental en la Capacidad Total Instalada (%)



Fuente: RAEE (2011: 12)

Respecto al desarrollo de nuevas instalaciones que entraron en operación en el 2010, Asia también domino con el 54.6 % del total de las nuevas instalaciones, manteniendo el segundo lugar Europa con el 27%, seguido de Norteamérica con el 16.7 % del total y muy por debajo se encuentra América Latina con el 1.2%, el resto pertenece a África con 0.4% y Australia sólo el 0.03%.

Es así que América Latina y África siguen siendo los mercados con menor aporte a la capacidad instalada a nivel mundial, pero ampliamente rezagado se encuentra Australia.

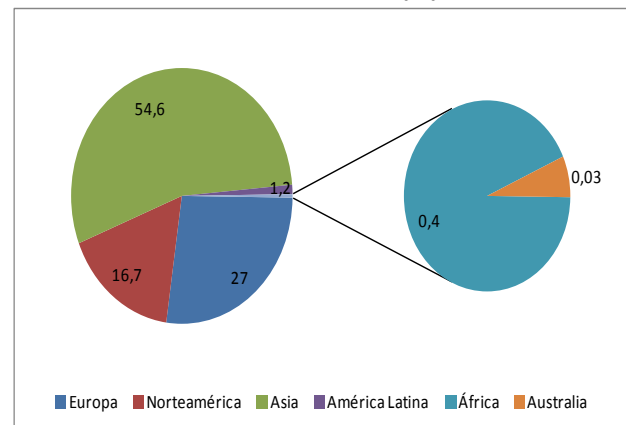
Energía eólica en México

Así como otras fuentes de energía renovable, la energía eólica representa para México ventajas

importantes en la diversificación de una nueva matriz energética, debido a los beneficios ya mencionados¹³.

En México se han identificado diferentes zonas con potencial para la explotación de la energía eólica, tal es el caso del Istmo de Tehuantepec, en Oaxaca y otras zonas ya mencionadas.

Gráfico 4: Porcentaje por Continente de las Nuevas Instalaciones en 2010



Fuente: RAEE (2011: 12)

En 2010, en el marco de la 16va Conferencia de las Partes (COP16), realizada en Cancún, Quintana Roo fue presentado un mapa eólico para México, desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), en donde se presenta la estimación del potencial eoloelectrónica que se encuentra en el orden de los 71 mil MW (71 Giga vatios), cifra que aún no es definitiva ya que se sigue estudiando el potencial.

Sin olvidar que los combustibles fósiles han sido una base para el desarrollo en México, se pronostica que dichos combustibles seguirán ocupando una participación importante como fuente primaria de energía para las próximas décadas; sin embargo, hoy por hoy, se reconoce que es necesario impulsar acciones que permitan, en un futuro no muy lejano, diversificar las fuentes de energía para atender las

¹³ Aunque es necesario aclarar que también presenta algunas desventajas como es el caso de su intermitencia, la distancia entre las zonas de viento y las redes eléctricas, la contaminación visual y auditiva, además del impacto que puede tener en la fauna que habita en dichas zonas.



necesidades de los consumidores (sector productivo y doméstico).

Es así que un importante reto para México y en general para el mundo entero, es reducir la huella ambiental del sector eléctrico sin comprometer el desarrollo económico de los países, siendo una de las alternativas más importantes la energía eólica.

En 1994, México puso en marcha su primer parque eólico, en el ejido de La Venta, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. El parque eólico La Venta I, construido como proyecto prototipo, fue el primero en su tipo en nuestro país y en América Latina, contando con una capacidad de 1.6 MW, se opera en el esquema de Obra Pública Financiada (OPF) y fue licitada por Comisión Federal de Electricidad (CFE)¹⁴.

Después de doce años, en 2006, entró en operación comercial el segundo parque eólico, La Venta II, localizado también en el Istmo de Tehuantepec. Se trata de un proyecto que funciona en el esquema de OPF, adjudicado en 2005 al consorcio español (Iberdrola), este parque eólico, cuenta una capacidad total instalada de 83.3 MW.

Posterior a estos dos proyectos, en el 2009 fue desarrollado el primer proyecto bajo es esquema de autoabastecimiento, siendo el desarrollador el consorcio Iberdrola, dicho proyecto cuenta con una capacidad instalada de de 79.9 (MW).

Dos proyectos más, el Eurus 1 y 2 fueron puestos en operación en 2009 y 2010, respectivamente, ambos proyectos operan bajo el esquema de autoabastecimiento y forman parte del consorcio formado la empresa mexicana CEMEX y la empresa Española Acciona Energía. Ambos proyectos suman 250 MW instaladas, lo que los convierte en el parque eólico más grande que opera en México y en América Latina en la actualidad (ver y sus principales características en la tabla 1).

A partir de las modificaciones hechas a la "Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica" de 1992 (la cual permite que el sector privado pueda participar) y de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto mediante los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), podemos observar que se incentivo en

mayor medida el desarrollo de los proyectos eólicos en México.

Como se observa en la Tabla 1, siete de los ocho proyectos se localizan en el estado de Oaxaca. El primer proyecto fuera del Estado de Oaxaca es el que se localiza en el Estado de Baja California, proyecto licitado por el Gobierno del Estado bajo el esquema de OPF.

En ese mismo año entraron en operación dos proyectos más, el Bii Nee Stipa I, de Iberdrola Renovables, proyectos que funcionan bajo el esquema de Autoabastecimiento.

El otro proyecto fue La Mata – La Ventosa, con una capacidad instalada de 67.5 MW, donde el desarrollador es Eléctrica del Valle de México, subsidiaria de la sociedad francesa Electricité de France Energies Nouvelles, parque que funciona bajo el esquema de autoabastecimiento siendo el dueño la cadena de tiendas estadounidense Walmart. Con lo cual genera 70% de la electricidad de sus 348 tiendas localizadas en la zona centro del país¹⁵.

En 2010 esos ocho representaban una capacidad instalada de 518 MW, siendo los años 2009 y 2010 los de mayor dinamismo. Pero de acuerdo con declaraciones hechas por el presidente de la AMDEE, el Ing. Leopoldo Rodríguez Olive, en el marco de la primera edición de la conferencia WindPower México¹⁶, realizada el 14 y 15 de febrero de 2012 en la Ciudad de México, nuestro país ha superado recientemente los 1,000 MW de potencia eólica instalada (ver la evolución en la capacidad instalada en el gráfico 5).

Y según dicho funcionario se espera que en el 2014 con los proyectos en curso se pueda estar pensando en una potencia adicional de 2,500 M. Según el Ing. Leopoldo Rodríguez, la potencia eólica instalada al día de hoy en México representa aproximadamente el 2% de la generación eléctrica

¹⁴ Información de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) www.amdee.org

¹⁵ Información de El economista en línea, disponible en: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/07/28/aumentara-walmart-su-generacion-eolica>.

¹⁶ Primer foro de energía eólica en México, realizado en el Centro Banamex del DF, donde el objetivo fue reunir a los actores principales involucrados en el sector, tanto a nivel nacional como internacional.



total del país, mientras que para el 2014 este porcentaje se espera se esté elevando al 5%.

Según los datos de la AMDEE, en los últimos cinco años se han invertido más de 2,000 Millones de Dólares en el sector eólico mexicano, una de las inversiones más importantes en energías renovables en Latinoamérica hasta la fecha, y se esperan inversiones por un valor superior a los 20,000 Millones de Dólares en los próximos 10 años.

Hay que mencionar que algunos de los actores centrales del sector eólico en México son actualmente: Acciona, Demex, EDF, FEMSA-Macquarie, Gamesa, Iberdrola y Peñoles. Además, grandes empresas de nivel internacional como Wallmart; Grupo Bimbo; Grupo Modelo; CEMEX; Grupo Herdez; entre otras, con lo cual están impulsando la reducción de sus gastos de energía, realizar estimaciones financieras con un costo fijo de producción eléctrica más confiable, sin estar supeditadas a las cotizaciones volátiles del mercado de hidrocarburos, y cumplir con los compromisos medio ambientales que exige el nuevo modelo de desarrollo sustentable.

Energía eólica: ventana de oportunidad en la creación de capacidades tecnológicas

Según el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables de la Secretaría de Energía (PEAER, 2009), Las inversiones estimadas de estos proyectos superan los 60 mil millones de pesos y se espera que al finalizar el 2012 el 4% de la energía eléctrica demandada en el país sea producida con energía eólica con lo cual se estaría generando más de 10,000 empleos directos e indirectos durante la construcción de los parques y una demanda de 374 empleos para su operación.

Hoy día continúan los esfuerzos para ampliar la capacidad instalada, desde el sector gobierno, por ejemplo se ha enfatizado en los esfuerzos para ampliar la información sobre el potencial eólico nacional mediante estudios de sitio que permiten tener un mayor nivel de detalle para la toma de decisiones sobre la localización e instalación de proyectos, como los realizados por el IIE.

Otra estrategia para la generación de aprendizaje y capacidades tecnológicas en el sector eoloelectrico, son los esfuerzos realizados por el propio IIE, a través del Centro Regional de Tecnología Eólica

(CERTE), localizado en el Istmo de Tehuantepec, el cual fue creado con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF).

El CERTE, es un centro para la I+D enfocado en la energía eólica, con lo cual se espera que sea piedra angular en la creación/acumulación de capacidades tecnológicas en el mediano y largo plazo, teniendo como principales estrategias:

Apoyar a fabricantes de aerogeneradores interesados en la caracterización y mejora tecnológica de sus productos bajo condiciones locales.

Capacitar a ingenieros y personal técnico para la operación y mantenimiento de aerogeneradores y centrales eólicas.

Conformar una plataforma de demostración, validación y evaluación, facilitando el encuentro entre fabricantes de aerogeneradores y compañías mexicanas.

Identificar y promover convenios para la fabricación local de partes para aerogeneradores y/o emprender negocios de riesgo compartido.

Constituir un medio para incrementar el nivel de investigación y desarrollo tecnológico en el ámbito nacional.

Además hay que mencionar que mediante el CERTE, el IIE aprovecha las oportunidades para posicionarse de manera importante en el sector, actualmente se encuentra avanzando en el desarrollo de la Máquina Eólica Mexicana, que será el primer aerogenerador diseñado en su totalidad en México¹⁷.

Asimismo el IIE firmó un convenio con la Fundación Holandesa de Investigación en Energía. Con este convenio, están avanzando en el fortalecimiento del CERTE, con el fin de certificar equipos eólicos para la Clase I y Clase I Especial. Este es el primer laboratorio de su tipo y alcance en América Latina para condiciones de viento intensas.

¹⁷ Para el desarrollo del prototipo industrial, la fabricación y la comercialización, cuentan ya con un convenio firmado con la Corporación EG de Monterrey.



Por otra parte, el Instituto de Ingeniería de la UNAM estudia alternativas para la desalación de agua de mar en Baja California a partir de fuentes renovables, incluida la energía eólica.

Una forma más de aprovechar las ventanas de oportunidad que el sector ofrece para acumular capacidades tecnológicas, es sin duda la capacitación de personal especializado, según la empresa española Acciona Energy, una de las más importantes operarias de los parques eólicos que actualmente se encuentra en México, menciona que el 95% del *staff* técnico que actualmente opera los parques eólicos a su cargo son de origen mexicano.

Desde el sector gobierno en México existen incentivos importantes para las empresas en materia de energías renovables como, por ejemplo, deducción del 100% en el primer año de operación de la inversión total en equipo de generación de energía; almacenamiento de energía utilizada hasta por 12 meses para proyectos de autoconsumo; cargo de transmisión fijo para toda la red nacional independiente del punto de inyección y/o el de consumo, a un costo reducido con respecto al cargo convencional para otras tecnologías.

Tabla 1: Proyectos en Operación al 2011

Proyecto	Ubicación	Esquema	Desarrollador	Fecha de Operación Comercial	MW
La Venta	Oaxaca	Obra Pública Financiada	CFE	1994	1.6
La venta II	Oaxaca	Obra Pública Financiada	CFE	2006	83.3
Parques Ecológicos de México	Oaxaca	Autoabastecimiento	Iberdrola	2009	79.9
Eurus, 1st Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	2009	37.5
Eurus 2nd Phase	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cemex/Acciona	2010	212.5
Gobierno Baja California	Baja California	Obra Pública Financiada	GBC/Turbo Power Services	2010	10
Bii Nee Sipa I	Oaxaca	Autoabastecimiento	Cisa-Gamesa	2010	26.35
La Mata - La Ventosa	Oaxaca	Autoabastecimiento	Electrica del Valle de México (EDF-EN)	2010	67.5

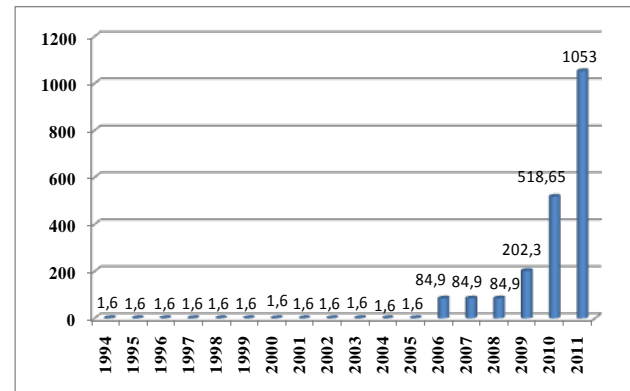
Fuente: AMDEE, www.amdee.org

Esto quiere decir, que existen cuarenta ingenieros y técnicos mexicanos que fueron capacitados en la empresa matriz (España) para la operación de los parques en México.

Entre las mejoras hechas por este personal mexicano a los aerogeneradores que operan, es en el sistema de frenado, es decir, una innovación incremental (mejoras menores) hecha a la tecnología importada¹⁸.

¹⁸ Información dada a conocer por el Ing. Ricardo Díaz de Acciona Energy, en la conferencia: “Experiencia operativa de un parque eólico en México” en el simposium: Integración de Centrales Eólicas en Sistemas

Gráfico 5: Evolución de la Capacidad Instalada en México (MW)



Fuente: AMDEE, www.amdee.org

Estos son algunos de los principales esfuerzos realizados como estrategia para la acumulación/creación de capacidades tecnológicas, donde uno de los principales objetivos es el aprovechamiento del potencial eólico nacional, pero es necesario aclarar que lo realizado hasta el día de hoy, no es suficiente y por lo tanto aún falta mucho por hacer, principalmente desde el sector privado mexicano ya que es necesario reconocer que son parte importante en el desarrollo de capacidades tecnológicas endógenas para que de esta manera sea posible el desarrollo de una industria propia y es justamente ahí donde la energía eólica abre importantes ventanas de oportunidad para crear una industria propia tanto en servicios como en productos (equipos y componentes).

Eléctricos de Potencia, organizado por la CFE y la AMDEE el 3/11/ 2011.



Conclusiones

El Informe Especial sobre Fuentes de Energías Renovables (2011) del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, coloca a la energía eólica como una de las energías alternas que representará mayores crecimientos en las próximas décadas ya que constituye una de las opciones más viables en la gama de las energías alternas ya que si bien requiere de una inversión inicial importante en el mediano y largo plazo requiere de un mantenimiento menos oneroso. Además de que cuenta con importantes características para ser un complemento de las fuentes de energía de origen fósil.

En este sentido, la energía eólica constituye un área de oportunidad para México en la generación de energía eléctrica alterna a la de los combustibles fósiles, a la vez que constituye una alternativa en la estrategia de mitigación del cambio climático y por lo tanto una alternativa para la creación/acumulación de capacidades tecnológicas endógenas, no solo para un óptimo aprovechamiento del potencial eólico nacional, sino además para poder incursionar en el mercado eólico lo cual implicaría el desarrollo del sector productivo en este sector y los beneficios que esto conlleva.

Los primeros pasos en la estrategia para la creación/acumulación de capacidades tecnológicas ya se han dado principalmente desde el gobierno mediante la creación del CERTE, de quien se espera sea el semillero en la senda de aprendizaje tecnológico nacional en el sector eoloeléctrico. Además de otras políticas públicas que incentiva en general el desarrollo de energías alternas y en particular la energía eólica.

La creación de capacidades tecnológicas para el sector eoloeléctrico es un reto que requiere de importantes acciones de carácter urgente para México, considerando que en la actualidad existen retos comunes a los que se enfrenta la energía eólica en México y el mundo.

Tal es el caso de la disponibilidad de equipos eólicos, el cual ha sido muy volátil en los últimos años, al igual que sus precios, por el exceso de demanda y las capacidades limitadas de manufactura. Es así que es necesario contar con una disponibilidad local de equipos, componentes y servicios para la instalación y desarrollo de estos

proyectos, lo cual no será posible sin el desarrollo de capacidades tecnológicas endógenas, ya que el objetivo de estas será dar una clara ventaja tecnológica a favor del desarrollo exitoso en México y permitir, de esta manera, posicionar al país como un polo tecnológico para el mundo, pero principalmente para la región latinoamericana.

De esta manera se abren posibilidades para lograr avances tanto en el diseño, como en la utilización de materiales que permitan aumentar la eficiencia de generación de las máquinas a fin de ganar competitividad frente a otras tecnologías. De igual forma, es necesario contar con equipos diseñados específicamente para las condiciones de viento presentes en México, para que no se vea limitado su potencial.

Por otro lado, se requiere de manera urgente las redes necesarias para interconexión de proyectos a las redes eléctricas ya que este elemento ha sido una gran barrera en las zonas donde se desarrollarán los proyectos. Por esto, es necesario diseñar esquemas que permitan instalar la infraestructura de transmisión y comunicación necesaria para el desarrollo exitoso y a mayor escala de los proyectos.

Todo lo anterior, no será posible sin el conjunto de incentivos y marcos regulatorios que favorezcan el aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas, para que a su vez se incentive el desarrollo de nuevos proyectos apoyando principalmente el desarrollo de un sector industrial eólico interno, todo esto con el fin de aprovechar el potencial eólico nacional y en general impulsar el incremento en el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables de las cuales México en general tiene un importante potencia.

Dichas acciones forman parte de los compromisos que la sociedad tiene con el medio ambiente donde el objetivo final es asegurar a las generaciones actuales y futuras un país con crecimiento económico, que tome en cuenta las variables sociales y ambientales de largo plazo y permita transitar hacia un desarrollo sustentable en toda la extensión de la palabra.

De esta manera es que se abre la oportunidad para que México desarrolle una industria propia con beneficios no sólo económicos, sino ambientales y sociales.



Fuentes de consulta

1. Bell, M. y Pavitt K. (1993), "Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries", *World Development*, vol. 27, No. 9, pp. 1715-1734.
2. Bell, M. y Pavitt K. (1995), "The Development of Technological Capabilities", in I. U. Haque (ed). *Trade Technology and International Competitiveness* (pp 69-101), Washington: The World Bank.
3. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (1992), Naciones Unidas.
4. El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (1997), Naciones Unidas.
5. GWR-GWEC (2011); *Global Wind Report-Annual market update 2010*; Global Wind Energy Council.
6. Jasso, J. y R. Ortega (2007), "Acumulación de capacidades tecnológicas locales en un grupo industrial siderúrgico en México, en *Contaduría y Administración, sep-dic, no. 223*, UNAM, México, pp. 69-89.
7. Kim, L. 1997. *From imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological learning*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
8. Kim, L. (2000) *La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización*, consultado el 2 de marzo de 201, disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/limsu.pdf>
9. Lall, S. (1987), *Learning to Industrialize: The Acquisition of Technological Capability by India*. London, McMillan Press, p. 1-22.
10. Lundvall, B. (1992). "Introduction", *National innovations systems: towards a theory of innovation and interactive learning*, Londres, Pinter Publishers, pp. 1-2.
11. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (2011), of Intergovernmental Panel on Climate Change.
12. PEAER-SENER (2009); Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables de la SENER (2009).
13. RAEE (2011), *Reporte Anual de la Energía Eólica en el Mundo 2010*, Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA por sus siglas en inglés).
14. Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C (AMDEE), <http://www.amdee.org/>
15. Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), www.iie.org.mx/
16. World Wind Energy Association (WWEA), www.wwindea.org/
17. Secretaría de Energía, www.sener.gob.mx/
18. Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch/
19. Comunidades virtuales de aprendizaje colaborativo ([educar.org](http://www.educar.org)) <http://www.educar.org/inventos/elmolino.asp>

Anexo

Temas que pudieran ser objeto de investigación en el contexto de cambio climático

Aprendizaje, capacidades tecnológicas e innovación en los países en desarrollo como estrategia para la mitigación del cambio climático.

Transición energética en el combate al cambio climático y la seguridad energética.

Energías sustentables frente al cambio climático y desarrollo regional.



Cambio de ruta para los residuos orgánicos

Angulo Correa Víctor Manuel, Gutiérrez Lara María Rafaela y Duran Moreno Alfonso

Facultad de Química, UNAM

Introducción

La gran urbanización que existe actualmente ha llevado a muchos cambios en los procesos y en las diferentes actividades que desarrolla la humanidad, como es el caso del manejo de los residuos sólidos, lo que ha llevado a no tener un control en la disposición de todos estos residuos que se generan en el país.

En principio se tiene conocimiento de los procesos biológicos naturales por los que la materia orgánica se reintegra a los ecosistemas, por otro lado se requiere cubrir las necesidades de generación de energía y disposición de residuos de los centros urbanos.

La labor de investigación consiste en integrar una ruta adecuada para la disposición de residuos orgánicos, que con ayuda de procesos biológicos genere energía en una forma útil para las demás actividades humanas y reintegre el remanente a su ciclo natural.

La basura orgánica es energía almacenada, es leña que ya no usamos porque se tiene gas doméstico, alimento para la fauna nociva que habita nuestras ciudades, es un sustrato que los microorganismos consumen si la dejamos a la intemperie.

La clave radica en encontrar una serie de procesos adecuados y poder hacer uso de esta energía incorporándola a las redes de suministro.

La parte medular de una nueva ruta de los residuos orgánicos urbanos es la digestión anaerobia, es un proceso que ocurre en la naturaleza, es reproducible industrialmente la cual genera un subproducto aprovechable, conocido como metano (CH_4).

Fundamento químico en la generación de biogás

Los microorganismos presentes o cultivados en los residuos orgánicos buscarán aprovechar al máximo posible la energía presente, es así que en un proceso aerobio utilizarán el oxígeno del ambiente para obtener CO_2 , H_2O y algunas especies de

nitrógeno como óxidos de nitrógeno y nitrógeno molecular como productos finales.

El oxígeno molecular actúa como aceptor de electrones (oxidante) en muchos de los procesos biológicos, al retirarlo del medio, el proceso de degradación queda incompleto por lo que se obtienen especies intermedias como metano e hidrógeno molecular.

Los posibles enlaces que se formarían al retirar el oxígeno molecular del proceso, con fundamento en la energía de enlace. Pueden ser entre el carbono el hidrógeno y el nitrógeno tomando en cuenta el alto porcentaje de humedad de los residuos orgánicos (Rapport, 2008) y la fórmula condensada de la materia orgánica (Campbell, 2004): carbohidratos [$\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$], proteínas [$\text{R}-\text{C}_2\text{NH}_4\text{O}_2$] y lípidos que varía dependiendo de la longitud de los ácidos grasos pero que es muy similar a la de los carbohidratos.

La Tabla 1 muestra los posibles enlaces que se pueden presentar entre los compuestos con carbono, nitrógeno y oxígeno así como sus energías de enlace (Petrucci, 2003)

Los triples enlaces no son muy comunes en la estructura orgánica y el cianuro ($-\text{C}\equiv\text{N}$) es tóxico por lo que la mayor tendencia será hacia óxidos de nitrógeno y de carbono que consumen la mayor parte del oxígeno disponible en la materia orgánica.

Se puede tomar hidrógeno y oxígeno del agua ($\text{H}-\text{O}$) pero de forma estructural más que por su aporte energético, y a las variaciones de pH, de modo que da lugar a la presencia de enlaces ($\text{H}-\text{H}$, $\text{H}-\text{C}$, $\text{C}=\text{O}$) que predominan en el biogás durante las últimas etapas del proceso de la digestión anaerobia, aunque el hidrógeno molecular se consume junto con dióxido de carbono para formar metano.

Disposición actual de los residuos sólidos

De acuerdo a datos reportados por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA DF, 2007), más de 12 500 toneladas de residuos sólidos



son generados diariamente de los cuales 60 % corresponden al tipo inorgánico y 40% a orgánicos.

La principal fuente generadora de estos residuos provienen de los domicilios con 47%, seguida del comercio con 29%, los servicios con 15%, y el restante 9% corresponde a los llamados diversos y controlados.

Los sistemas de saneamiento urbano del Distrito Federal a 2010 (Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal, 2010) muestran que la gran mayoría de los residuos sólidos van a parar a rellenos sanitarios, un porcentaje se recupera mediante la pepena y recuperación de subproductos (8%); y un mínimo ($\approx 1\%$) se lleva a compostaje.

Si bien esto podría cambiar rápidamente a partir del cierre del Bordo Poniente¹ por lo que es importante desarrollar nuevas rutas para las distintas fracciones de los residuos. (ver Figura 1)

Disposición final de los residuos sólidos

En esta sección se describen algunas de las desventajas de las rutas actuales, con los problemas a corto y a largo plazo. Se incluye su relación con la pirámide invertida de manejo de residuos (Enkerlin y col. 1997)

Tiraderos a cielo abierto de residuos sólidos

Una de las problemáticas que enfrenta el país son los tiraderos a cielo abierto, el cual se considera como un sitio que por diversos motivos se convierte en un punto de acumulación de residuos sólidos.

Generalmente los tiraderos a cielo abierto no obedecen a un ordenamiento legislativo son inadecuados pero considerados como un sitio de confinamiento, el reúso y reciclaje que se efectúa es principalmente por la pepena de personas dedicadas a esta actividad.

Entre los problemas generados por los tiraderos a cielo abierto se pueden encontrar los siguientes.

Son lugares de disposición con mayores problemas legislativos ya que muchos son clandestinos y no están debidamente preparados para la recepción y manejo de residuos.

¹ www.obrasenmiciudad.df.gob.mx (citado junio 2012)

Crece descontroladamente, ya que al no haber personal que administre el espacio disponible tiende a expandirse.

Es un foco de infección, ya que alberga fauna nociva y microorganismos patógenos.

Genera contaminación de suelos, por efecto de la lluvia los contaminantes presentes en los residuos se filtran al suelo y subsuelo inutilizándolo para actividad agrícola o doméstica.

Inutiliza los residuos orgánicos para compostaje al estar mezclados con el resto de los residuos sólidos.

Relleno sanitario

De acuerdo a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal un relleno sanitario es una infraestructura de disposición final es decir un sitio de confinamiento, el 92% de los residuos sólidos generados terminan en un relleno sanitario aquí (Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal, 2010).

Entre los problemas generados con los rellenos sanitarios actuales encontramos.

Emisión de gases de efecto invernadero, los residuos orgánicos se descomponen emitiendo dióxido de carbono, metano y muchos otros gases tóxicos. El 97.8% de las emisiones de metano de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) son generadas por los rellenos sanitarios (SMA, 2008), hay que tomar en cuenta que el metano tiene un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el dióxido de carbono (SMA DF, 2008).

Si bien existen sistemas en operación en México que captan parte del metano emitido por rellenos sanitarios (Arvizu, 2003), los gases generados son emitidos a la atmósfera hasta el final de la vida útil de un relleno sanitario.

Sobrecarga, los rellenos son utilizados por encima de su capacidad de diseño generando posibles rupturas de la geomembrana poniendo en peligro los mantos freáticos por contaminación de lixiviados. Riesgos de incendio y explosión, tanto en operación como concluida su vida útil.

Si bien están planeados para estar fuera de las ciudades, estas han crecido tan rápido que los rellenos quedan inmersos en ellas, generando problemas de salud.



Compostaje

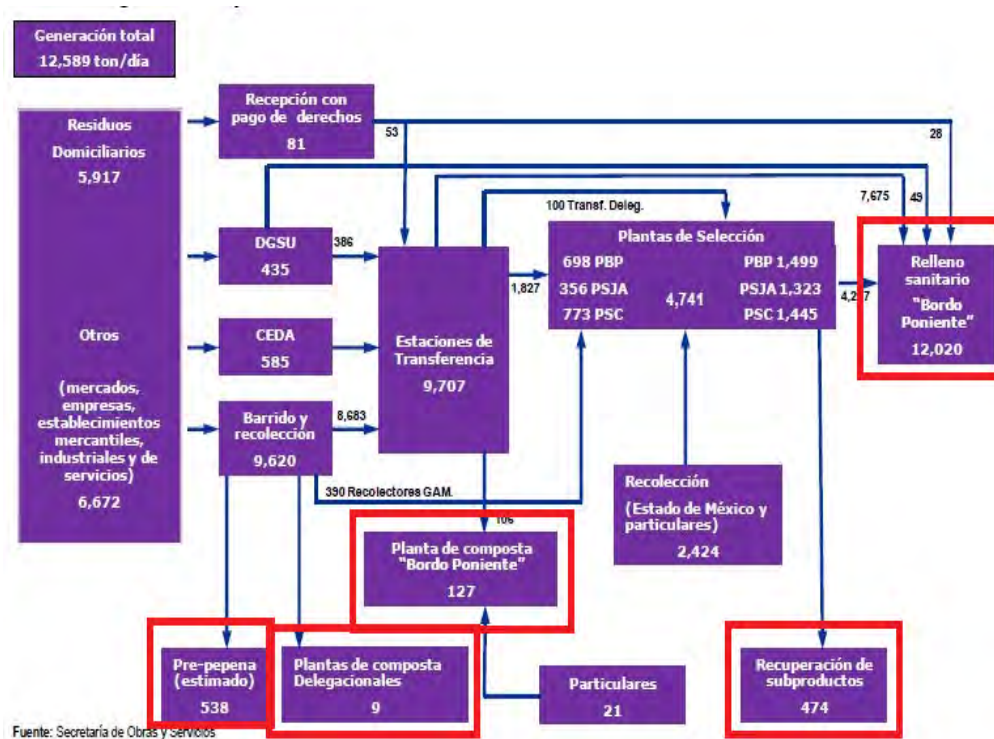
El compostaje es un sistema de tratamiento, en el que se utiliza oxígeno o aire para soportar el metabolismo de microorganismos aerobios que

degradan los residuos orgánicos, puede ser abierto, o dentro de una instalación cerrada, existen nueve plantas de compostaje para la zona metropolitana del valle de México (Palacios, 2011).

Tabla

Enlace	Energía de enlace (kJ/mol)	Enlace	Energía de enlace(kJ/mol)
O – O	142	H – O	464
N – N	163	O = O	498
N – O	222	N = O	590
C – N	305	C = C	611
C – C	347	C = N	615
C – O	360	C = O	736
H – N	389	C = O en el CO ₂	799
H – C	414	C ≡ C	837
N = N	418	C ≡ N	891
H – H	436	N ≡ N	946

Figura 1 Esquema de las actuales rutas de disposición de residuos sólidos



Fuente: Inventario de residuos sólidos del D. F., 2010



El material más susceptible de compostaje son, el estiércol, los residuos de poda como troncos, ramas, maleza; y alimentos caducos provenientes de la central de abasto. Como productos principales se obtiene dióxido de carbono y un material sólido parecido al humus, capaz de soportar vida vegetal y retener agua (Palacios, 2011).

Entre los problemas de los centros actuales de compostaje se encuentran (Palacios, 2011). El sistema instalado son pilas aerobias, que al estar instaladas al aire libre están expuestas a las condiciones atmosféricas, sufriendo inundaciones o secado al sol deteniendo así el proceso de digestión aerobia, e incluso la operación de la planta. Se utiliza menos del 50 % de la capacidad instalada.

Tienen problemas por falta de equipo, transporte y mantenimiento. Grandes troncos se acumulan por no poderse procesar en los equipos actuales, el material triturado se acumula por falta de transporte hacia las pilas de compostaje, generando digestión anaerobia y desprendimiento de gases. El equipo necesario para hacer el volteo de las pilas y mantener la aireación es insuficiente.

El costo económico del cambio en la infraestructura es difícil de recuperar dado el bajo precio de venta de la composta obtenida. No cuentan con protección entre las pilas y el suelo por lo que la mezcla de lixiviados, agua de lluvia y residuos orgánicos disueltos son filtrados en el suelo. }

Nuevas rutas para los residuos orgánicos generados

La generación de nuevas rutas debe obedecer a las necesidades actuales y a una proyección a largo plazo de sus efectos y beneficios. Esta debe ser apropiada para un manejo integral, es decir que tenga un manejo específico desde el punto de generación hasta su disposición final y que esta última tenga el menor volumen posible.

Separación en el origen

Esta etapa es de suma importancia, mientras mejor sea la separación, mayor será la calidad de los productos obtenidos. La separación entre orgánicos e inorgánicos es posible tanto a nivel doméstico como industrial, en primer término se puede regular

a los grandes generadores como Central de Abastos y grandes mercados de la ciudad, a la par del aumento en el número de rutas de recolección diferenciada a nivel doméstico.

Al separar los residuos orgánicos de los inorgánicos ambas fracciones son más aprovechables, es más fácil tratar los residuos orgánicos y aprovechar los productos del tratamiento y al retirar la humedad orgánica de los residuos inorgánicos es más fácil utilizar los subproductos como plásticos y otros materiales reciclables.

Recolección diferenciada de poda de parques y jardines

Los residuos sólidos orgánicos provenientes de la poda son principalmente madera, hojarasca y maleza, que podemos clasificar como vegetación leñosa o con un alto contenido de ella, este material es poco susceptible para un proceso anaerobio (Rapport, 2008) por su alto contenido de celulosa y lignina (Rapport, 2008;SAGARPA, 2007), como resultado del proceso de compostaje no es posible obtener energía, solo se llega a estabilizar el material (Palacios, 2011).

El sistema de plantación y poda de árboles y arbustos de la Ciudad de México (GDF,2000) respalda la posibilidad de generar rutas de recolección diferenciada, con base a una metodología establecida.

Compostaje

Este sistema de tratamiento requiere inversión y modernización tecnológica, se propone que los residuos orgánicos poco susceptibles de digestión anaerobia sean tratados mediante compostaje, principalmente residuos de poda y jardinería.

En este sistema es importante controlar variables de operación así como de la composición de los residuos algunos de estos son la temperatura, humedad, relación C/N (carbono-nitrógeno), entre otras (Elias, 2005), el material leñoso puede triturarse adecuadamente para mejorar dichas características en la pila de compostaje.

Como se mencionó en la sección de Recolección diferenciada de poda de parques y jardines, este es un tratamiento de estabilización de la materia vegetal, que por su composición es menos viable



para la proliferación de fauna nociva en instalaciones abiertas, no así con los residuos domésticos. Los productos obtenidos pueden ser utilizados como enriquecedores del suelo (Palacios, 2011) o para el mantenimiento de parques y áreas verdes de la ciudad.

Existen diversas tecnologías de compostaje como: hileras volteadas, pilas estáticas aereadas, de trinchera, o en reactores (Elias, 2005), en todo caso no es factible tratar toda la fracción orgánica de residuos sólidos mediante compostaje ya es de los sistemas de tratamiento que requiere de mayor extensión de terreno ($207\text{m}^2/\text{t}$ para compostaje abierto y $134\text{m}^2/\text{t}$ para compostaje cerrado (Palacios, 2011)) y no tiene una retribución económica a la inversión requerida.

Existen otras alternativas de tratamiento para los residuos como los tratamientos térmicos, pero debido al alto contenido de humedad de los residuos orgánicos no es viable operacionalmente ni económicamente (Rapport, 2008 ; Palacios, 2011).

Proceso de la Digestión Anaerobia

Este proceso consiste en la degradación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos en la ausencia de oxígeno libre, dejando el proceso de degradación incompleto, produciendo especies químicas con energía aprovechable como metano e hidrógeno además de dióxido de carbono.

La separación de material leñoso (alto contenido de lignina) o su trituración antes de entrar al proceso permite reducir el tamaño de los equipos ya que esta materia es poco degradable anaeróbicamente. El resto de la materia orgánica como carbohidratos, lípidos y proteínas, es tratable mediante este proceso (Rapport 2008).

Las principales ventajas para utilizar el proceso de digestión anaerobia son (Rapport, 2008):

Reducir la cantidad de material que se dispone en el relleno sanitario.

Estabilizar el material orgánico antes de su disposición en orden de reducir su futuro impacto ambiental en emisiones de aire y agua.

Recuperación de energía.

A diferencia del relleno sanitario y del compostaje, durante todo el proceso de digestión anaerobia se tiene un mejor control sobre los gases emitidos durante la operación del sistema, emitiéndose alrededor del 6.3% del biogás generado (Murphy, 2004) lo que puede representar una de las opciones para disminuir las emisiones de contaminantes a la atmosfera (Rapport, 2008).

El área requerida para las instalaciones de un proceso de digestión anaerobia es mucho menor ($107\text{m}^2/\text{t}$ para sistemas secos de una etapa y hasta $53\text{m}^2/\text{t}$ para sistemas multietapa) que si se utiliza un proceso de compostaje.

La digestión anaerobia se realiza en varias etapas sucesivas de degradación, desde la destrucción de la materia orgánica compleja (hidrólisis), hasta la formación del metano, (metanogénesis) (Palacios, 2011).

El abono obtenido tanto en la digestión anaerobia como en el compostaje requieren de un proceso de higienización o desinfección (Elias, 2005), que determina en su última etapa la calidad del abono, desde la generación se debe evitar la presencia de sustancias tóxicas como metales y compuestos inhibidores para que al final se obtenga un abono útil para uso agrícola, la desinfección evita la proliferación de microorganismos patógenos.

La calidad del proceso de desinfección utilizado aumentará en gran medida el valor agregado del abono obtenido. De acuerdo a la Gaceta Oficial del Distrito Federal, se está elaborando una norma para garantizar las propiedades de la composta y productos de digestión, para regular los posibles usos de estos productos (GODF, 2012).

Generación de energía mediante digestión anaerobia

Una composición típica del biogás generado en la digestión anaerobia es 50-70 % de metano en volumen, el resto de dióxido de carbono y trazas de otros compuestos como el ácido sulfhídrico, nitrógeno molecular, vapor de agua e hidrógeno molecular (Rapport, 2008).

Los datos reportados respecto del rendimiento por tonelada de residuos orgánicos varía de una fuente a otra principalmente por el contenido de humedad, la base de cálculo y la fuente de los residuos (Rapport, 2008), un promedio de plantas en



operación en Europa revela rendimientos de 0.112 m³ de biogás/kg de residuos (Rapport, 2008), una eficiencia energética de 35% para la producción de electricidad y un contenido energético de 6.2 kWh/m³ (RW Beck, 2004). Con los datos anteriores se podría aproximar un rendimiento de energía eléctrica por tonelada de residuos sólidos de aproximadamente 243 kWh de electricidad por tonelada procesada.

De septiembre de 2003 a febrero de 2010, la empresa encargada del aprovechamiento del biogás generado en el relleno sanitario del Municipio de Salinas Victoria, Nuevo León, reportan que se han generado más de 400 000 MWh de electricidad (BENLESA, 2010). De acuerdo a este dato una instalación de digestión anaerobia tendría que procesar aproximadamente 694 t/día para generar un rendimiento semejante, es decir un 14% de la generación diaria del valle de México.

El constante aumento de los costos de los combustibles fósiles hace viable nuevas alternativas energéticas, aunado al costo de manejo de residuos, quedando establecida la necesidad de llevar a la práctica tecnologías como la digestión anaerobia de residuos.

Conclusiones

El actual manejo de los residuos sólidos del Distrito Federal es inadecuado, se requieren cambios significativos en el manejo y separación de las distintas fracciones.

El costo asociado a la instalación de cada nuevo relleno sanitario es creciente tanto por los costos de transporte y disposición, como por la disminución de áreas adecuadas para su instalación.

Es posible aprovechar casi toda la fracción orgánica de residuos sólidos, aumentando significativamente el tiempo de vida de los rellenos sanitarios y generando energía eléctrica lo que repercute en la disminución de emisiones de gases de efecto.

Un manejo integral de los residuos sólidos como el que se propone genera mejores condiciones de urbanización, lo que repercute en la calidad de vida de los habitantes de la región.

El manejo de los residuos sólidos orgánicos mediante estas nuevas rutas permitirá aumentar la capacidad de tratamiento de la fracción inorgánica.

Fuentes de Consulta

1. Arvizu, F. J.; Huacuz, V. J.; (2003) *Biogás de rellenos sanitarios para la producción de electricidad*, 2003 Boletín IIE, vol.octubre-diciembre,118-123.
2. Bioenergía de Nuevo León, S. A. de C. V. (BENLESA), (2010) *Monterrey III: Proyecto de ampliación de generación de energía eléctrica a través de la basura*, Gobierno del Estado de Nuevo León [en línea], [creado 12 de febrero de 2010], [Citado 19 de septiembre de 2012], Disponible en PDF, http://www.nl.gob.mx/pics/pages/simeprode_bioenergia_base/Benlesa.pdf
3. Campbell; Farrell; (2004) *Bioquímica*, Cuarta edición, México: THOMSON, pp 62-67, 190-193,432.
4. Convocatoria para el registro de participantes en el grupo de trabajo del proyecto de norma que establece los requisitos para la producción de composta y digestato a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 14 de febrero de 2012.
5. Elias, C X.; (2005) *Tratamiento y valorización energética de residuos*, España: Diaz de Santo, pp 618-686
6. Enkerlin y col., (1997) *Ciencia Ambiental y desarrollo sostenible*, México: International Thomson editores
7. Gobierno del Distrito Federal, (2011) *Cierra Relleno Sanitario Bordo Poniente* (D. F; México), <http://www.obrasenmiciudad.df.gob.mx/?p=14819>, [Creado: 19 de diciembre 2011], [Citado junio 2012]
8. Gobierno del Distrito Federal (2000) *Manual técnico para la Poda, Derribo y Trasplante de Árboles y Arbustos de la Ciudad de México*, México, 2000
9. Murphy; McKeogh, (2004) *Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste*, Renewable Energy, 1043-1057.
10. RW Beck (2004) *Anaerobic digestion Feasibility Study*, Iowa: Bluestem Solid Waste Agency
11. Torres C.L. (2007) ;*Elaboración de composta*, Secretaría de Agricultura,



- Ganadería , Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, Secretaría del medio ambiente del Distrito Federal, México,
12. Secretaría de Medio Ambiente, (2010) Gobierno del Distrito Federal, *Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal 2010*.
 13. Petrucci, Harwood, Herring, (2003) *Química general*, octava ed. Madrid; España: Prentice Hall, pp 420-424
 14. Rapport; Zhang; Jenkins; Williams; (2008) *Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal, solid Waste*. Reporte del contratado al California Integrated Waste Management Board, Department of Biological and Agricultural Engineering, University of California, California Integrated Waste Management Board, Sacramento, USA: Publications Clearinghouse, 2008.
 15. Secretaría de medio ambiente del Distrito Federal, (2008) *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*, emisiones totales de GEI por tipo de contaminante, ZMVM, 2008
 16. Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, (2007) *Agenda Ambiental de la Ciudad de México*, Programa de medio ambiente 2007-2012, Primera edición, 200



La Mecatrónica Verde como actor y la lucha contra el cambio climático como escenario.

José Antonio Aquino Robles^{1,2 y 3}, Leonel Corona R³, C. Fernández Nava³

¹Departament d' Enginyeria Elèctrica, Universitat Politècnica de Catalunya

² Becario COTEPABE-IPN.

³Academia de Mecatrónica, UPIITA Instituto Politécnico Nacional.

Resumen

En este trabajo se presenta el concepto de Mecatrónica Verde, como elemento clave en el diseño conceptual de productos y sistemas de tecnología avanzada. Con el cual se busca impulsar el desarrollo de normativas que engloben el ciclo completo que va más allá de la vida útil de los artefactos creados a través de la Mecatrónica. Mismo que implica integrar dentro del diseño de tales artefactos, los pasos para su reutilización y/o el reciclamiento una vez terminada su vida útil o el propósito inicial para el que fueron creados. De tal forma que puedan crearse también las sanciones correspondientes para quienes no incluyan estos pasos dentro del proceso de diseño y que a su vez ayudaran a su reciclamiento o reutilización y a si mismo premiar a las industrias quienes a su vez sí lo incluyan.

De tal manera que al igual que con los bonos de carbono pueda crearse también una venta de bonos, para las empresas que tienen una alta productividad pero que no desean ocuparse del reciclamiento o reutilización de los productos ya obsoletos o en desuso que fabricaron y generar con ello empresas que se ocupen de esas tareas. En este proyecto se busca de antemano introducir dicha filosofía de diseño, para crear tales productos pensando facilitar la tarea de reciclamiento y/o reutilización desde el momento mismo de su diseño conceptual.

Palabras Clave: Mecatrónica, Desarrollo sostenible, diseño conceptual, desarrollo perdurable, cambio climático, bonos de carbono.

Antecedentes

El concepto de Mecatrónica Verde surge después de una serie de trabajos ejecutados, al observar con detalle la intervención que a lo largo de 15 años de trabajo en la UPIITA ha tenido la Ingeniería Mecatrónica, en nuestra área de influencia regional.

Al ser la Mecatrónica un área de la ingeniería que ha transitado de lo multidisciplinar a lo transdisciplinar [12 y 13]. Y ahora se le ubica aportando soluciones en una gran variedad de esferas, como lo son: el ámbito

industrial, el comercial, el textil, el digital, en la automatización, en el control, en las ciencias experimentales y en las industrias farmacéutica, de alimentos, de la madera, del papel, siderúrgica, automotriz, electrodomésticos. Y también en el desarrollo sustentable y en el cuidado del medio ambiente.

Por ello y a petición de nuestros coautores se nos invito a participar en una mesa redonda en la UPIITA del IPN para debatir a cerca de la creación de la cultura organizacional, que dio origen al concepto de Mecatrónica en Japón. Y dentro de las conclusiones de esta mesa redonda, surge de voz de uno de nuestros alumnos nombrar a la Mecatrónica que está al servicio del cuidado medioambiental y del desarrollo sostenible, como *la Mecatrónica Verde*.

Introducción

En contexto con el tema existe una expectación actual en la mayoría de naciones desarrolladas a cerca del cuidado medioambiental. Esta preocupación es de alta prioridad en las agendas políticas, estimuladas por las evidencias en el cambio climático y el calentamiento global. En las últimas cuatro décadas, el interés mundial por el medio ambiente se ha intensificado, se ha organizado y movilizado. En ese ámbito; diversos sectores de la sociedad se han interesado y ocupado por plantear desde la sociedad civil: acciones, programas y organismos relacionados con temas ambientales.

En la actualidad la situación del mundo, refiriéndose en primer lugar a la contaminación ambiental; afecta en general a todo el planeta, entre los casos más comunes de contaminación se señalan los siguientes: La del aire, la cual es generada por la transformación de energía, por procesos industriales, calefacción, transporte, etc.

De los suelos debida a rellenos sanitarios, sustancias sólidas peligrosas, como las radiactivas, metales



pesados, plásticos no biodegradables, vertidos tóxicos líquidos, etc.

De las aguas superficiales y subterráneas, por los vertidos sin depurar de líquidos contaminantes de origen industrial, urbano, agrícola [1].

De acuerdo al Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. "La lucha contra el cambio climático [2]: *"Solidaridad frente a un mundo dividido"*. Aún existen aproximadamente 1000 millones de personas que viven en los márgenes de la sobrevivencia con menos de US\$ 1 diarios y 2600 millones (40% de la población mundial) que viven con menos de US\$ 2 diarios.

Y aún cuando estos indicadores por muy cuidadosos que hayan sido al elaborarlos, no dejan de ser bastante subjetivos, lo rescatable de ellos es que dan una idea de la contrastante desigualdad que existe dentro del planeta aún cuando por si mismos los indicadores no resuelven nada. Con todo ello el problema más frecuentemente señalado, cuando se reflexiona sobre la situación del mundo, es el de la contaminación ambiental y sus secuelas [2].

Conceptualmente hablando el desarrollo sustentable inicia con la búsqueda del equilibrio entre el cuidado del medio ambiente y el sector productivo. Por tanto, este concepto, si bien procede de la preocupación por el medio ambiente, no es un concepto fundamental y exclusivamente ambiental, sino que trata de ir más allá, de la visión del medio ambiente es más bien un concepto de la actividad humana que hay que preservar. En base el informe Brundtlan, presentado en la comisión para el medio ambiente y desarrollo de la ONU en 1984, que se da a conocer en 1987 en la declaración de Tokio y se popularizó a partir de la cumbre de Río de Janeiro en 1992. Mismo que define al desarrollo sustentable como el hacer frente a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades [7].

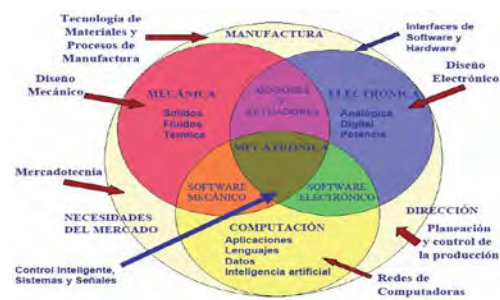
Respecto a lo que concierne a la ingeniería y particularmente a la Ingeniería Mecatrónica, basta señalar que, ésta interviene en el diseño de todo artefacto moderno de alta tecnología, sí consideramos el diseño como actividad creativa, y a esta actividad como una capacidad intrínseca y extraordinaria del ser humano. Podemos manifestar que el diseño creativo es una demostración de su inteligencia y capacidad de sobreponerse al entorno en aras de sobrevivir. Es sin duda una de las actividades más gratificantes y enriquecedoras. Lo que caracteriza el diseño que realizan los ingenieros en el ámbito de su especialidad; es que se emplean métodos y técnicas

apropiadas para hacer este proceso más eficiente y para lograr un producto de mejor calidad, al menor costo posible.

Y al aducir el costo debe aclararse que esto ya no solo debe implicar el aspecto *económico*, sino que también deberá abarcar el punto de vista *social*, y más aún el *medioambiental*. Así, el diseño se conformará como un proceso integral, supeditado a las premisas que enmarcan el desarrollo sostenible [8].

Diseñar es pensar anticipadamente los efectos de las decisiones que se toman y de este modo adoptar aquellas que son más convenientes. *El diseño es una planificación*. Debe aplicarse, entonces, en la obtención de productos o soluciones sostenibles y perdurables, en particular mediante la filosofía de diseño Mecatrónico. Este último tipo de diseño tiene como objetivos la creación de infraestructura (productos y procesos) mediante la interacción eficaz de las tecnologías que se aprecian en la figura 1, teniendo como fines; aplicaciones en ámbitos tan diversos como la acuicultura, la tecnología de materiales, la construcción, la biónica, la electrónica, la fotónica, la telemática, la domótica, la ciencias medioambientales, las máquinas térmicas y también las eléctricas, la Enertrónica, la mecánica de fluidos, la robótica, la ecología, la biomedicina, la tribología, el control, la automatización; procesos en la industria alimentaria, farmacéutica; procesos de reciclaje y reutilización de productos; industria papelera, plásticos, petróleos, industrias extractivas y química [3, 12 y 13].

Figura 1. Interacción de tecnologías en la Mecatrónica.



Desarrollo

En pleno 2012, lejos ya de ser ese incipiente concepto creado en Japón en la década de los setenta del siglo XX, se ha descubierto, en el trabajo colegiado de nuestro equipo investigador, que la Mecatrónica es algo más que una interacción de tecnologías o al menos esto es lo visible de ella. Aunque parezca algo que debe asumirse como implícito, debe resaltarse



que la interacción de tecnologías solo puede ser creada mediante una singular interacción de personas, misma que en las obras [10,12 y 13] es referida como creación de conocimiento mediante una cultura organizacional misma que ha sido el caldo de cultivo que hizo posible el acontecimiento de la Mecatrónica [9].

La referida interacción entre tecnologías fue calificada hace algún tiempo como *sinergia*, concepto extraído de la ciencia médica que manifiesta que la acción de dos o más causas tiene una consecuencia superior a la suma de los efectos individuales. Si bien es cierto que en el diseño mecatrónico interactúan todas las tecnologías que se aprecian en la figura 1, los productos generados en el diseño mecatrónico no necesariamente contienen todas y cada una de las que en la figura se ven. Esto significa que se puede tener finalmente un mecanismo elaborado de un solo material, pero producto de la evaluación sinérgica, dentro de una máquina de cierta índole tecnológica [4].

De forma general el proceso de diseño y desarrollo de productos no es igual para todos éstos. En realidad, es posible considerar que cada artefacto posee un proceso propio con aspectos comunes al de otros, pero también con aspectos diferenciados. Por otra parte, el proceso de diseño y desarrollo de productos no es una secuencia ordenada y rígida de actividades, sino que se realiza con una estructura muy flexible, y con muchas actividades informales, dado que a diferencia de las ciencias donde se emplea el método científico por antonomasia. Para la creación de productos o artefactos tecnológicos y sistemas productivos, se emplea el método de la ingeniería [11 y 12].

El método de la ingeniería a diferencia del método científico no es secuencial, pero esto no es una desventaja, por el contrario, esta falta de secuencia fomenta la creatividad de los participantes en el proceso, dando origen a artefactos o productos innovadores y si se diseñan correctamente, serán exitosos.

Describir el proceso de diseño y desarrollo de productos no es una tarea fácil, por las características antes descritas. En este proceso distinguiremos en forma más o menos genérica tres fases principales. Estas fases comienzan y terminan en forma algo difusa, repitiéndose, realimentándose e intercambiando información tantas veces como sea necesario hasta que los participantes en el proceso quedan satisfechos con el resultado final. Estas fases son *diseño, prototipado e industrialización*.

La primera fase de diseño consiste en concebir el producto a partir de las restricciones que se han establecido para éste. Justamente estas restricciones deben contemplar una normativa que obligue al fabricante a considerar *desde esta primera etapa el reciclado y/o reutilización una vez terminado el ciclo de vida útil del producto que se piensa elaborar*.

La segunda fase o "prototipado" consiste en realizar el producto físicamente, tratando de que resulte lo más cercano al diseño original, tanto desde el punto de vista estético como funcional. El prototipo es evaluado exhaustivamente y modificado para optimizar el producto y eliminar deficiencias. Dentro de estas evaluaciones por normativa deberá también probarse su factibilidad para ser fácilmente reciclado y/o reutilizado.

La tercera fase "industrialización" consiste en pensar y definir cómo va a ser fabricado el producto, escogiendo el proceso de fabricación de los componentes, y el montaje del producto. En esta fase hay que trabajar con proveedores -en el caso de que se decida usarlos- o planear la forma de fabricar los componentes con la propia infraestructura. En este último caso es posible que sea necesario diseñar y desarrollar a la vez líneas de producción, así como también equipamiento y utensilios especiales [2].

El proceso de diseño y desarrollo de productos se realiza usando herramientas para facilitar el proceso y obtener un mejor resultado. Estas herramientas incluyen métodos y tecnologías que se definen como necesarias. Estas herramientas deberán ser las más apropiadas para el producto en particular, lo cual requiere tener un conocimiento de los temas pertinentes con un nivel de profundidad y amplitud adecuadas.

El avance tecnológico ha hecho que surjan nuevas estrategias y tecnologías de diseño y desarrollo de productos cada cierto tiempo, y es necesario evaluar la conveniencia de usarlos cuando aparecen. Dado que la introducción de nuevos productos tiene una importancia económica muy alta, los países apoyan la investigación relacionada con nuevos métodos de diseño y desarrollo de productos. El dominio avanzado de estos métodos y tecnologías genera ventajas competitivas palpables para las empresas que los adoptan.

El proceso de diseño y desarrollo de productos ocupa, por una parte, métodos y tecnologías existentes, que han surgido de la investigación en universidades y centros de innovación y desarrollo tecnológico.



Aquellos métodos y tecnologías escogidos, si son los correctos, determinan el éxito del producto en gran medida.

Otro aspecto fundamental del proceso del diseño y desarrollo de productos, tiene relación con las especificaciones técnicas o bien los parámetros de diseño. Estos son magnitudes físicas y directrices que el proceso debe respetar y que deben verse reflejadas en el producto final.

Las especificaciones de diseño surgen de varias fuentes posibles. Una de ellas es a través de la investigación de mercado, que emplea diferentes métodos para determinar quiénes son los clientes y lo que estos quieren. Ello toca parte de los aspectos del desarrollo sostenible: *social* y *económico* (vea figura 2).

Los métodos de investigación de mercado también han tenido su origen, muchos de ellos, a partir de actividades universitarias y de centros de investigación. Las especificaciones del diseño también son influenciadas por aspectos legales, patentes, situaciones arancelarias y *normas medioambientales*, este último es un asunto nuclear del desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático. Tal asunto debe abordarse desde el diseño conceptual, para poder crear el desarrollo tecnológico necesario para que de *forma industrializada* también se pueda reciclar el producto desarrollado.

Tal producto es de hecho el artefacto, componente, sistema o máquina completa que vaya a comercializarse. Con ello tendríamos no solo el dominio y disponibilidad de tecnologías de fabricación, que influyen y son influenciadas por el proceso de diseño y desarrollo de productos, sino también los procesos de reutilización y/o de reciclado industrial del producto fabricado. ¿Quién mejor que el que diseña y fabrica sea el más indicado para poder diseñar, planear la reutilización y/o reciclado de lo que felizmente construyó?

Con lo anterior se crea un nuevo paradigma en el diseño conceptual y también en la fabricación e industrialización de productos, puesto que deberán contemplarse ineludiblemente los tres aspectos que componen el desarrollo sostenible. Esto abarcará no solo a la concepción de un producto sino también la forma como éste tendrá otro uso, ya terminada su vida útil, o bien la forma como deberá ser reciclado [3].

Actualmente se hacen esfuerzos gigantescos para remediar los problemas ambientales que originan la contaminación que provoca el calentamiento global.

Es menester por tanto cubrir el aspecto medioambiental al momento de crear algún producto para sacarlo a la venta.

El desarrollo sostenible, sustentable o perdurable implica considerar por fuerza los tres aspectos que se muestran en la figura 2.

La creación de la filosofía de diseño conceptual que considere estos tres aspectos ha sido abordado, en parte, por el diseño mecatrónico de productos y procesos. Con la Mecatrónica se han logrado crear automotores, sistemas flexibles de manufactura, robots, autómatas, sistemas de cómputo, reproductores musicales, pasando por equipos de sonido, teléfonos móviles, equipos de comunicación, de ejercicio corporal y hasta de equipo médico. Gracias a la Mecatrónica se ha conseguido, fabricarlos cada vez más rápido, con más precisión, con mayor ahorro energético, más ligeros en cuanto a peso, más pequeños en cuanto a espacio y más económicos en cuanto a precio.

Esto; sin embargo, ha acarreado un problema más, que en apariencia poca importancia tendría, de no ser porque compromete los recursos tanto energéticos como ecológicos y de materia prima de las próximas generaciones: tanto los teléfonos móviles como las computadoras, han pasado a tener una vida útil tan corta que es común en nuestros tiempos, desecharlos porque se considera que el sistema operativo deja de ser de vanguardia, sin que el ordenador o el móvil, realmente hayan dejado de funcionar por sí mismos.

Podríamos citar a los autores que, para solucionar lo anterior, han acuñado el término *consumo sustentable*. Sin embargo el grueso de la población, no contempla tales principios para realizar esa actividad, dado, entre otros aspectos, al constante bombardeo publicitario al que es sometida por los medios de comunicación. La solución que proponemos es la de extender el diseño conceptual de los productos y/o artefactos no solo en su fabricación -en la que podrían ya estar plasmadas los aspectos solidarios del desarrollo sostenible- sino también de forma integral extenderlos para que llegado el término de su vida útil puedan ser reutilizados y/o reciclados.

Aunque dejar esto como alternativa, no cambiaría gran cosa el problema medioambiental, no dudamos que existan en México empresas medioambientalmente responsables, sin embargo si cambiaría todo, sí por norma circunscribimos la obligación de que cada fabricante debe incluir el reciclado o la reutilización dentro del diseño

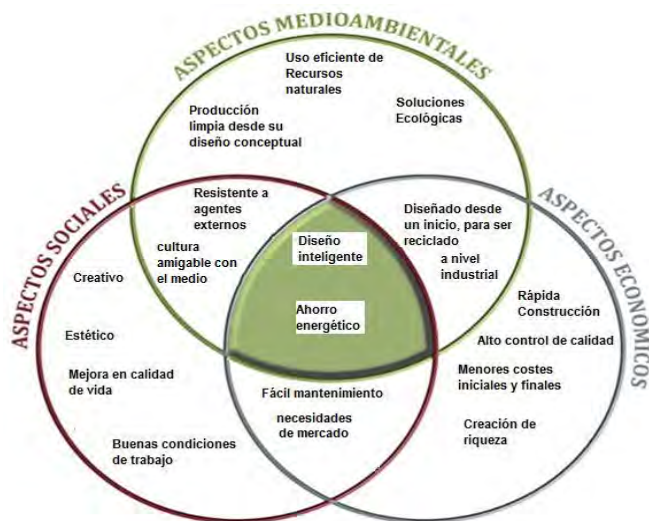


conceptual de sus productos. Esto será posible, justamente porque los productos por norma fueron diseñados para que la reutilización o reciclamiento sean posibles. Con ello se preservarían los recursos naturales y energéticos que aún quedan para el disfrute de las generaciones que nos sucederán. Esto coadyuvaría, asimismo, a alcanzar los objetivos del informe Burtland de la UNESCO [4], por medio de la Mecatrónica Verde.

A lo largo de la historia de la humanidad, el hombre después de cubrir sus necesidades básicas buscó cubrir sus necesidades sociales. En gran medida esto ha sido debido al beneficio material que esto le representa.

Por eso, hasta nuestros días vemos las consecuencias de un crecimiento económico insostenible, en el que poco importó el impacto ambiental negativo que pudo ocasionarse al planeta con tal de privilegiar la obtención del máximo beneficio de la actividad productiva en turno. Merece la pena recordar que aún con los seis mil millones de personas que habitan en este planeta, la Tierra da para las necesidades de todos, para lo que no da; es para la codicia de todos.

Figura 2. Aspectos a considerar en el diseño de productos desde la perspectiva de la Mecatrónica Verde.



Fuente: (Creación propia).

La intención de nuestra propuesta es dar a conocer el concepto de *Mecatrónica Verde* como el puente estratégico que sirva de enlace entre necesidades y la forma de suplirlos de forma sostenible. Como mencionamos anteriormente, con la Mecatrónica llevamos realizada ya la mitad de la tarea hecha de

forma sostenible. Ahora en este documento y en las propuestas o trabajos que lo sustentan se encuentra la otra mitad que falta por hacer [5].

A ese respecto cabe mencionar que el concepto de *Mecatrónica Verde* está basado en incluir dentro del diseño de productos o artefactos realizados por la Mecatrónica convencional, restricciones de diseño que permitan el reciclamiento o reutilización industrial de los productos fabricados.

Por tanto la Mecatrónica Verde tiene la consigna de hacer un diseño sistémico, desde una perspectiva concurrente en la que la interacción de las disciplinas que la componen sea evidente desde el momento mismo en el que se bosqueja una solución que por antonomasia busca ser integral.

Si nos acercamos a la definición de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia:

La naturaleza de la Mecatrónica es en esencia de conocimiento y tecnología con carácter transdisciplinario, y cubre los límites de frontera comunes entre la mecánica de precisión, la microelectrónica, la computación y el control automatizado.

Este concepto enfatiza la necesidad de integración y de interacción intensiva de las diferentes áreas de la Ingeniería. Sin embargo en la concepción de la Mecatrónica Verde incluimos un propósito específico, que es el de utilizar toda la filosofía de diseño Mecatrónico con un fin más completo que es producir un desarrollo con los pilares básicos del desarrollo sostenible, tal como se manifiesta en el trabajo [8]. Ver figura 3.

Hasta hace unos años la Mecatrónica se circunscribía a desarrollar o a mover de manera inteligente ciertos mecanismos dentro de un sistema complejo para desarrollar un fin ya conocido. Prueba de ello fue toda la gama de electrodomésticos japoneses que invadieron los mercados regionales de videograbadoras, hornos de microondas, minicomponentes, reproductores de audio en las décadas de los 70s y 80s. Todos ellos eran ya productos Mecatrónicos, sin embargo lo eran ya también los procesos para crear todos estos productos, de ahí que encontremos Mecatrónica tanto de procesos como de productos [6].

Sin embargo en ese tiempo no se pensó, que la masificación y los altos volúmenes de venta provocaría una alta contaminación por el desecho de



los productos y sistemas que cada vez son más sofisticados y modernos y también por lo mismo se han acortado los tiempos en los que los productos se vuelven obsoletos.

Figura 3. La Mecatrónica Verde como fundamento de un nuevo modelo de vida sostenible



El tiempo que se utiliza un equipo o sistema de los llamados digitales, ahora ya es muy corto, debido al remplazo por otro producto más moderno o sofisticado, aun cuando quizás su vida útil aún no haya terminado, provocando con ello mayor contaminación y por ende incrementando el calentamiento global como consecuencia de la producción masiva de estos productos en el mundo.

Actualmente observamos las propuestas de dueños de diversas compañías que tienen muy altos beneficios económicos, tratando de promover la creación de sistemas y medios que ayuden a mitigar los efectos de la contaminación y el cambio climático, como el caso de Bill Gates y su iniciativa de crear inodoros inteligentes, sin embargo podríamos hacer mucho más con la creación de un sistema similar a los bonos de carbono que se comercializan entre empresas que tienen altos beneficios económicos y que mediante dichos bonos compensan la contaminación que generan, creando proyectos o empresas que utilizan ese dinero para retirar del medio ambiente determinada cantidad de CO₂. Por tal motivo se debe legislar para crear iniciativas que promuevan también la creación de un mercado de bonos verdes para la creación de empresas de reciclamiento y reutilización de los productos obsoletos electrónicos y de alta tecnología. Reglamentar dichas actividades y crear también las normativas técnicas que indiquen los procedimientos en estas actividades. De acuerdo al siguiente esquema de la figura 4.

Leyes /decretos, reglamentos y normativas.
Para dar certidumbre jurídica y sustento legal a una actividad como la que se describe en párrafos

anteriores, es necesario contar con estatutos (leyes y/o decretos) que regulen las propuestas que en esta investigación se proponen.

El proceso iniciará a partir de iniciativas de políticas de lucha contra el cambio climático mediante la promulgación de leyes o decretos, desde los poderes legislativos y las secretarías o ministerios y posteriormente a esto, son revisadas por especialistas, subsecuentemente es creado un reglamento que también es analizado y modificado en su caso y posteriormente aprobado por las instancias correspondientes y finalmente es introducida, la normativa técnica que dicte los criterios en el diseño conceptual que facilite el reciclamiento y la reutilización (figura 4).

Figura 4. Proceso de emisión de Leyes / decretos, Reglamentos y Normas técnicas.



De igual forma a la compra venta de bonos de carbono, en la que las empresas que los emiten, asumen por decirlo de alguna manera su culpabilidad en contaminar. La adquisición de esos bonos produce que alguien más (alguna empresa que se dedique a la creación de proyectos ecológicos o de energías renovables) con sus proyectos produzca la no emisión de una cantidad determinada de CO₂.



Podrán existir también empresas que decidan pagar, o emitir bonos para que alguien más (alguna empresa de reciclamiento o reutilización pueda retirar del medio, los productos obsoletos y contaminantes que se han generado los primeros.

De tal forma que se pueda ir de un círculo vicioso o un círculo virtuoso con ésta iniciativa y las empresas medioambientalmente responsables que decidan a ellas mismas reciclar y reutilizar los productos que hayan fabricado, reciban también cierta compensación por sus actividades responsables.

Conclusiones

A lo largo de este reporte de investigación hemos tratado de mostrar, una de las soluciones más viables, que puede impactar de forma determinante en la lucha contra el calentamiento global y el cambio climático. En este texto incluimos y detallamos una solución integral en todo sentido, tanto en la construcción, como en la reutilización o reciclamiento de productos o artefactos, creados por el hombre, que constituyen una de las principales fuentes de contaminación mundial.

Después de observar, informarnos, entrevistar y también asistir a diversos foros socioeconómicos, medioambientales, de desarrollo sustentable, vimos con lamentable asombro que no podemos dejar a la buena voluntad de la humanidad la labor del cuidado medioambiental.

Si bien es cierto que se ha creado conciencia en las escuelas y también en los medios de comunicación y es evidente también la cantidad de esfuerzos que se hacen como en la reciente cumbre de Copenhague acerca del cambio climático, también es evidente que quienes no cedieron acerca de disminuir sus índices de contaminación son la muestra más palpable de que la conciencia por el cuidado de nuestro planeta no es prioridad para todos.

Y así como existen naciones o dirigentes de naciones que no tienen siquiera la mínima intención de hacer algo por el medio ambiente, también existen individuos que viviendo entre nosotros tampoco lo harán.

Dada la naturaleza interdisciplinaria de la Mecatrónica y el amplio espectro que cubre, atacamos diversos problemas de muy distintas áreas. Por lo que la concepción del vocablo de Mecatrónica Verde, ha sido producto de la creación de la cultura organizacional que impartimos en las aulas, con la finalidad de crear soluciones integrales, mediante la integración de

tecnologías y que al mismo tiempo que cubran una necesidad social y económica y se cuiden los aspectos medioambientales. Teniendo con ello un modelo de crecimiento económico sustentable y perdurable.

Ineludiblemente esta forma de diseño Mecatrónico en su ejecución deberá estar acompañada por fuerza de un alto contenido ético, puesto que ese aspecto no puede tratarse por separado ni debe enseñarse como tema aislado de la Ingeniería.

Llevar a niveles legislativos ésta propuesta y poner bajo nuevas normas la creación, diseño conceptual, construcción y fabricación de productos, bajo el esquema sustentable es altamente prioritario en estos tiempos.

Mostrarle a la Nación que la voluntad de unos cuantos puede salvar al resto, poniendo manos a la obra, no desanimándose por que los demás no se dignan en colaborar para vivir mejor o para dejarle un mejor futuro a sus descendientes, finalmente es ésta una tarea creativa y por tanto de la Ingeniería. Así se podrá cumplir con la misión que se nos ha encomendado como ingenieros en la historia de la humanidad.

Usando como bases y puntos de partida los tres aspectos del desarrollo sostenible se logrará por consecuencia natural un crecimiento económico igualmente sostenible y perdurable. Este crecimiento estará apoyado por la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) que promueven los órganos de gobierno así como algunas empresas medioambientalmente responsables en todo el mundo.

Partiendo de que el desarrollo sostenible busca mantener un equilibrio en los ecosistemas para conservar el aprovechamiento humano y la permanencia de los recursos naturales, todo proyecto de sustentabilidad deberá apegarse al siguiente esquema: vivir con calidad y dignidad, trabajar, producir y comercializar sin destruir *el medio ambiente* y sobre todo, sin generar pobreza, ni erosión en su entorno, alterando lo menos posible el ecosistema.

Con ello se busca no solo remediar un problema en particular o ser solo un paliativo que resolverá una parte descuidando todo lo demás. Nuestra propuesta busca crear una nueva forma de diseñar, para poder vivir mejor y crecer tanto en lo económico, en lo social y en lo medioambiental y con ello luchar para mitigar el cambio climático.



Fuentes de Consulta

1. Espino Román Piero, Lizárraga Lizárraga Alejandro, Montoya Mejía Carlos Francisco, Rodríguez Velázquez Víctor Manuel. *La Ingeniería Mecatrónica y su Contribución al Desarrollo Sustentable*. 10º Congreso Nacional de Mecatrónica Noviembre 3 y 4, 2011. Puerto Vallarta, Jalisco.
2. UNESCO. "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido". Publicado por el programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD). Recuperado en: http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_SP_Complete.pdf. Año, 2007.
3. Luciano Chiang Sánchez *Diseño conceptual de productos Mecatrónicos* Departamento de ingeniería mecánica y metalúrgica Universidad Católica de Chile. 2003
4. José Antonio Aquino R., Leonel Corona R. Cecilia Fernández N. Impulsando el Desarrollo Sostenible, mediante Proyectos de Fin de Carrera en Ingeniería Mecatrónica, en nuestra Nación. Presentado en el 9º Congreso de Internacional Retos y Expectativas de la Universidad organizado por Instituto Politécnico Nacional sede ciudad de México del 17 al 20 de Junio del 2009.
5. Tobasura Acuña Isaías –“*El desarrollo sustentable: una cuestión de equidad social*”– Universidad San José de Once Caldas, Colombia 25 de Agosto de 2006.
6. José Antonio Aquino R., Leonel Corona, Víctor Darío Cuervo Pinto. De la Creatividad pragmática a la ingeniería científica – El proceso enseñanza-aprendizaje mediante núcleos integradores (Parte I) Marco histórico y referencial, IV Congreso Internacional de Innovación Educativa una estrategia de Transformación organizado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el CFIE IPN del 14 al 16 de Octubre del 2009.
7. José Antonio Aquino R., Leonel Corona, Cecilia Fernández. Proyectos de Fin de Carrera en Ingeniería Mecatrónica aportando Soluciones al Desarrollo Sustentable en nuestra Nación Presentado en el Segundo Coloquio sobre Ingeniería en Sistemas Ambientales organizado por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas ENCB IPN Ciudad de México, 2 al 4 de Diciembre del 2008.
8. Víctor Darío Cuervo Pinto, Leonel Corona, José Antonio Aquino Robles, Creando Desarrollo Sustentable mediante ingeniería Mecatrónica en México. Primer Congreso Latinoamericano de ciencias de la educación “perspectivas hacia la construcción de los diálogos para una sociedad educadora. Organizado por la Universidad Autónoma de Baja California del 26 al 28 de Septiembre del 2010, Mexicali Baja California.
9. José Antonio Aquino R. Víctor Darío Cuervo P. Leonel Corona R. *Construyendo un polo de innovación tecnológica a partir de un polo de innovación educativa*. Publicado en la Revista de la Facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) en el número especial -Nuevas tendencias en sistemas Mecatrónicos Agosto de 2011. - www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen15/construyendo.pdf
10. Von Krogh George, Ichijo Kazuo, Nonaka Ikujiro Enabling Knowledge Creation- How to unlock the mystery of tacit knowledge and relcase the power of innovation Ed. Oxford university press. Inc. Year 2000.
11. García Córdoba Fernando “*El Inventor: de sus encantos y Desilusiones*” Profesor de la academia de Humanidades de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería Ciencias Sociales y Administrativas UPIICASA-IPN.
12. José Antonio Aquino R., Leonel Corona R. Cecilia Fernández N. *La Formación Integral en Ingeniería Mecatrónica* –. Presentado en el VI Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas IPN- ESIME-SEPI México D.F. noviembre del 2011.

Anexo

- 1). Fuentes renovables de energía y su *inserción intensiva* entre los usuarios en baja tensión.
- 2). Creación de mercados eléctricos (exclusivamente renovables) entre usuarios de baja potencia.
- 3). Creación por ley, de un mercado de bonos verdes similar al mercado de bonos de carbono (como se detallo en esta ponencia.) Para retirar del medio ambiente toneladas de desechos de alta tecnología.
- 4). La creación de Iniciativas, leyes y Normas oficiales Mexicanas, para incluir dentro de la fabricación de los productos de alta tecnología, los medios para lograr la reutilización o reciclamiento de los productos de alta tecnología a nivel industrial.



Las decisiones del mercado *versus* las decisiones en la lucha contra el cambio climático – una revisión desde la perspectiva del sector eléctrico –.

José Antonio Aquino Robles^{1,2 y 3}, Leonel Corona R³, C. Fernández Nava³

¹Departament d' Enginyeria Elèctrica Universitat Politècnica de Catalunya

²Becario COTEPABE-IPN.

³Academia de Mecatrónica UPIITA Instituto Politécnico Nacional.

Resumen

En este trabajo se vierten una serie de resultados, producto de la investigación desarrollada en la que observamos que las decisiones de inversión en generación eléctrica en los mercados liberalizados de América Latina están ubicadas en contraposición a las decisiones en la lucha contra el cambio climático. Si bien es necesario, ha habido un incremento en la capacidad instalada de generación eléctrica para responder al crecimiento industrial y por ende productivo en una nación. En América Latina a partir de la liberalización de las actividades de la industria eléctrica, este incremento de generación se ha llevado a cabo mediante plantas termoeléctricas basadas en gas natural, que sí bien son mucho más eficientes en este tiempo que las plantas basadas en combustóleo y carbón, no por ello dejan de ser contaminantes, además de que tampoco garantizan la seguridad de suministro eléctrico al crear dependencia energética. Considerando que América Latina tiene todavía un alto potencial de generación renovable convencional y no convencional por explotar, exponemos lo paradójico que ha resultado la liberalización de la generación eléctrica sin la regulación correspondiente en la planeación del incremento de la generación eléctrica en esta parte del mundo.

Palabras Clave: Sector eléctrico en América Latina, actividades liberalizadas, Mercado eléctrico, cambio climático.

Antecedentes

El problema del cambio climático y de la emisión de gases de efecto invernadero está teniendo un impacto muy importante en el desarrollo del sector eléctrico alrededor del mundo en lo que respecta a: las tecnologías, los mercados y las perspectivas; ya que cerca del 75 % de emisiones de CO₂ a nivel global son atribuibles al sector eléctrico en actividades como: generación, transformación, distribución y uso final. Debido a la relevancia del tema, es importante considerarlo dentro del diseño responsable de las políticas públicas en México.

El CO₂ es el gas del efecto invernadero más significativo, fundamentalmente proviene de la combustión de energéticos fósiles y en buena medida de las plantas de generación eléctrica. Si bien, México no es un emisor mayoritario e importante a escala global, sí es un emisor notable de efecto invernadero, casi el 2% de la emisión global es atribuible a nuestro país, aunque obviamente no es comparable con las emisiones de los Estados Unidos, Rusia o China.

En este sentido, México es la 13^a economía del mundo y por lo tanto no puede ni podrá sustraerse por mucho tiempo a los esfuerzos globales en materia de control de emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo porque se estima que la distribución actual de emisiones en el mundo cambiará en los próximos 15 años, ya que se espera que los países en vías de desarrollo, principalmente China, India, Brasil, Indonesia y México en conjunto, participen con más de la mitad de las emisiones de gas de efecto invernadero en el mundo.

Por ello, el tema de las emisiones contaminantes tiene que formar parte de la agenda legislativa y de la agenda de diseño de políticas públicas en México (Comisión de Energía, 2004).

Partiendo de que el sistema eléctrico es un invento relativamente reciente (no supera los 130 años de edad) y sin embargo en este tiempo ha traído una revolución en todos los aspectos de la vida humana (Yebra, 2010). Esta estructura se ha convertido en una fuente de riqueza y un indicador del desarrollo de las regiones.

El consumo hasta el día de hoy de la energía eléctrica no deja de crecer y en la actualidad se está viviendo una segunda revolución con la digitalización de los procesos, tanto productivos como en los servicios. Si bien es cierto que cuando el sistema falla se producen muchos perjuicios, la población en general, salvo circunstancias aisladas, percibe que el actual sistema



eléctrico funciona bien. Las dificultades surgen cuando se introducen varios factores y desafíos que se le plantean en el futuro.

La creciente preocupación por la actividad del hombre en la Tierra impone que todo sistema ha de ser respetuoso con el medioambiente, por lo que se han de sustituir las fuentes de generación más contaminantes o crear nuevas conexiones que no tengan impacto ambiental.

El sistema eléctrico *ha sufrido* en varios países transformaciones profundas en cuanto al modelo de mercado eléctrico, imponiéndose las reglas de la libre competencia. Esto ha provocado divisiones o separaciones en las actividades del negocio eléctrico en algunos países y la adaptación de las antiguas empresas del sector al nuevo escenario.

Se contraponen el conocido concepto de energía eléctrica como *servicio estratégico que hace posible la satisfacción de muchas necesidades*. Al concepto de energía eléctrica como *producto o mercancía* blandido por una corriente economista contemporánea (García Quintero s/a). Con ello ahora en algunas naciones se ajustan continuamente los precios en los mercados y se crea mayor incertidumbre. Además, la demanda constantemente crece por lo que hay necesidad de aumentar el número y la capacidad de las conexiones. Con todo se busca tanto calidad y seguridad del suministro elevadas en industrias o aplicaciones especialmente dependientes. Y estos aspectos solo son una parte de todos los desafíos a los que se enfrenta los sistemas eléctricos actuales.

Introducción

El transporte y distribución de la energía eléctrica empezó a ser necesario poco después de que surgió la bombilla eléctrica (Thomas Edison 1879) (Yebra, 2010). Edison junto con J.P. Morgan, fundan General Electric (GE) en 1880. Esta compañía apostó por la generación y distribución de energía eléctrica mediante máquinas de corriente continua (CC). Sin embargo en 1886 apareció un fuerte competidor con una tecnología diferente, fue en este año cuando George Westinghouse funda en Pittsburgh la Westinghouse Electric & Manufacturing Company. Esta compañía apostó por la generación en corriente alterna (CA). Hubo una encarnizada batalla por liderar el mercado.

En Europa las primeras redes de distribución fueron en corriente continua, en 1882 se construyó un enlace de 2kV CC entre las localidades alemanas de Miesbach y Munich, que distan 50 km. Grandes

ingenieros de la época se enzarzaron en discusiones para dilucidar que tecnología era la mejor. En Inglaterra Ferranti, Gordon, W. M. Mordey, Silvanus Thomson en EE.UU. Tesla, Sprague y C.P. Steinmetz estaban a favor de la CA, mientras que a favor de la CC en Inglaterra estaban Lord Kelvin, Crompton, A.W. Kennedy, John Hopkinson y en EE.UU. Edison.

De lo anterior se afirma con evidencias que el inicio del crecimiento de los sectores eléctricos respondía a la iniciativa privada, mientras el Estado observaba y ejercía una muy limitada regulación a dicha actividad industrial. En este período el Estado también comenzó a intervenir en el establecimiento de precios. Pero el cambio principal llegó por motivos tanto tecnológicos como económicos.

La instalación de líneas de transmisión (en aquel tiempo exclusivamente en corriente alterna, para trasladar la energía a grandes distancias) hizo posible la creación de centrales de gran capacidad de generación (principalmente hidráulicas, alejadas de los centros de consumo). Surgiendo con ello el concepto actual de Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), que engloba la interconexión de varias centrales de generación, con la transmisión, la distribución, la comercialización y finalmente el consumo de la energía eléctrica.

Desde el punto de vista tecnológico permite ventajas como compartir la cobertura de demanda máxima, disponer de potencia de respaldo y tener un despacho económico de generación desde la perspectiva económica. Todo lo cual es posible gracias a la mencionada interconexión del sistema.

Para llegar a concretar sistemas interconectados fue necesario fortalecer las empresas eléctricas con el financiamiento de los bancos. Todo ello avanzaba por buen camino, sin embargo, la crisis financiera de la década de los treinta en el siglo XX, en América, y la segunda guerra mundial en Europa debilitaron la capacidad inversora de las compañías eléctricas, no pudiendo afrontar los grandes proyectos que se vislumbraban como necesarios para mantener el alto ritmo de crecimiento que siguieron a estos sucesos históricos.

Esta dificultad motivó la primera gran reestructuración de la industria eléctrica. El servicio se nacionalizó en casi todos los países del mundo, y en particular en América Latina.

Los Estados emprendieron ambiciosos planes de expansión centrados en la construcción de centrales



de gran tamaño muy intensivas en capital, tanto complejos hidráulicos, como térmicos (y también nucleares como en el caso de Argentina, Brasil y México). La planificación eléctrica era por tanto responsabilidad del Estado por medio de empresas públicas, que hacían los planes sobre los aspectos claves (evolución de la demanda, evolución del coste de los combustibles...), fijaban el margen de reserva, la calidad de servicio deseada... El elemento central, conceptualmente al menos, era un proceso explícito de optimización cuya función objetivo era satisfacer las necesidades energéticas estimadas, maximizando la eficiencia, o al menos tratando de hacerlo (Pérez-Arriaga, 2008).

La década de los sesenta y setenta del siglo XX se caracterizó por una fuerte inversión, sin embargo en algunos países los gobiernos en turno convirtieron a las empresas eléctricas en botines políticos usándolas para sus intereses electorales, políticas de empleo, control de la inflación. Y con la crisis petrolera de 1973 (que supuso un freno al crecimiento de la demanda eléctrica) precipitaron a muchos países a sus empresas eléctricas a una situación próxima al colapso económico.

Los Estados tuvieron que intervenir directamente al sector, inyectando abundantes recursos financieros para evitar la debacle. El problema no se detuvo ahí.

Muchos gobiernos no tenían suficiente capital para emprender las nuevas inversiones necesarias para mantener cuando menos funcionando el servicio, y las fuentes de financiación que hasta ese momento habían soportado el vertiginoso ritmo de inversión comenzaron a exigir cambios estructurales profundos para nuevamente dotarlos de recursos.

La administración pública de muchas empresas latinoamericanas, con el Estado como regulador y propietario, dejaba mucho que desear y la intromisión hasta la fecha en algunos países en las decisiones empresariales es en general un factor de ineficiencia, según la referencia (Pérez-Arriaga, 2008).

Por otro lado, la construcción de líneas de alta tensión para el transporte permitía la creación de mercados de dimensión antes impensable; el agotamiento de las economías de escala de las tecnologías tradicionales de generación (carbón, combustóleo, hidráulicas y nucleares) y el surgimiento de nuevas tecnologías (ciclos combinados de gas) permitió la expansión de los sistemas eléctricos con costes marginales inferiores a los costes medios existentes; y las principales instituciones prestatarias del sector

eléctrico en América Latina influyeron a los gobiernos a sumarse a la ola liberalizadora de los servicios (comunicaciones, banca, energía, petroleras, gaseras, minería).

En Europa la reestructuración del sector y la introducción de la competencia fueron vistas como una oportunidad para reducir la presencia del Estado en el sector, y con ello incrementar la eficiencia de la industria eléctrica con la idea de beneficiar al consumidor y compatibilizar los marcos regulatorios nacionales, con el nuevo marco de integración europea.

Los procesos de privatización también permitieron generar ingresos para las naciones y temporalmente al menos, se redujeron las tarifas, aprovechando simultáneamente las mejoras de eficiencia, el menor coste de las nuevas tecnologías de generación y la significativa bajada que tuvieron los tipos de interés en la década de los noventa del siglo XX.

En Latinoamérica, además de tratar mejorar en eficiencia y de buscar que la industria eléctrica dejara de ser el botín político.

La reforma fue primordialmente regida por la imperiosa necesidad de atraer nuevo capital del exterior que hiciera posible la expansión y ordenada administración de los sistemas eléctricos. Necesario para nutrir los altos niveles de crecimiento económico y descargar a los gobiernos de la necesidad de invertir en la expansión del sector (Pérez-Arriaga, 2008).

En Miras Salamanca (2008) se relata que el proceso de reforma comenzó con la privatización de las compañías eléctricas en Chile a finales de los años ochenta, seguido de la liberalización y reestructuración de las industrias del petróleo, electricidad y gas natural en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

También se afirma en Miras Salamanca que la privatización del sector eléctrico en Chile no alcanzó la creación de un mercado verdaderamente competitivo. Argentina llevó a cabo un proceso de reestructuración profunda, el cual involucró la separación de la industria eléctrica y la competencia en la generación eléctrica, así como la competencia en el mercado mayorista (incluyendo un mercado de contratos y un mercado spot).

De forma paralela a la reestructuración y la privatización, se introdujeron restricciones a la propiedad para prevenir discriminación y poder dominante en el mercado. La apertura competitiva y la



reestructuración de los mercados eléctricos se han llevado a cabo también en Bolivia, Colombia y Perú, mientras que está en consideración en Ecuador (Miras Salamanca, 2008). Brasil y México, las dos economías más grandes de América Latina, están abriendo de manera cautelosa sus sectores eléctricos, entre otras causas para observar el desempeño de los modelos de mercado.

Por ejemplo, las reformas en Brasil son implementadas de forma gradual, tomando en consideración la estructura federal de la nación. México y algunos países de Centroamérica, han mantenido un sector eléctrico integrado verticalmente, permitiendo a productores independientes de electricidad concluir contratos con la empresa eléctrica nacional.

De momento algunos de los efectos positivos conocidos de la privatización y la liberalización del sector energético son: competencia, más eficiencia en la generación, transmisión/transporte y distribución, el incremento en la productividad, el alivio en las presiones a las finanzas públicas, según se relata en (Miras Salamanca, 2008).

La planeación de inversión antes y después de la liberalización de actividades.

Como se mencionó anteriormente, en el periodo en el que la planeación de los sistemas eléctricos, estaba en manos de las empresas del Estado, se realizaron inversiones de proporciones estratosféricas en la construcción de grandes complejos hidráulicos, termoeléctricos del tipo convencional y nuclear. Que de acuerdo a lo mencionado en la referencia (Santiago Arango, 2010), pueden llevar hasta 10 años entre el inicio de la construcción y la puesta en operación. Con estos tiempos es bastante razonable que una empresa estatal pueda asumir esos costos y también esos largos periodos de amortización en las inversiones, los cuales son diferidos en una escala temporal también bastante amplia.

Sin embargo después de la desregulación, la inversión en plantas de generación eléctrica coincidió con la disponibilidad tecnológica de plantas térmicas basadas en gas natural de alta eficiencia y cuyo tamaño dependía de la cantidad de unidades o módulos de generación que se requirieran. Además de que el tiempo de construcción e instalación, no supera los 3 años, con lo que los retornos de la inversión son mucho más rápidos, que para los de una planta de generación hidráulica o nuclear. Lo cual hizo a las plantas modulares de turbinas de ciclo combinado basadas en gas natural, la elección natural

de las compañías de la iniciativa privada a partir de la liberalización de las actividades de los sectores eléctricos en toda América Latina y en Europa.

En este contexto cabe mencionar que a principios de los años noventa había una proporción muy elevada de energía hidroeléctrica respecto al total de capacidad instalada en países como Brasil y Colombia, Paraguay, hasta más del 90% en algunos casos, mientras que Argentina había alrededor de 40%, lo que es una situación que, en general es favorable desde la perspectiva medioambiental. Sin embargo, ha habido una rápida penetración de la generación basada gas natural, especialmente desde la desregulación, por los motivos tecnológicos y económicos descritos anteriormente.

Los cambios han sido un poco menos dramáticos, pero no menos importante, en Argentina, donde el descenso ha sido de alrededor del 45% al 37%, una disminución de 7 puntos en un período de 4 años en la última mitad de la década de los noventa.

Por último, Brasil se ha enfrentado a una tendencia similar en declive con una caída de 10 % en menos de una década. Reducciones similares pueden observarse en otros países de América del Sur, por ejemplo, Perú con una reducción del 54% al 46% entre 1996 y 2007, así como Ecuador, que muestra un cambio similar.

El incremento de la capacidad instalada ha sido casi exclusivamente en generación térmica de ciclo combinado de gas natural. Como ya se dijo esta tecnología se ha empleado en América latina de igual forma a muchos países de Europa y en los EE.UU ampliamente. En el Reino Unido, todas las nuevas tecnologías en la última década se han basado en gas natural (Newbery, 2005). Sin embargo, existe una diferencia significativa en términos de las consecuencias ambientales en este periodo de transición entre América Latina y Europa.

Mientras que en Europa las plantas de gas natural, en gran medida, sustituyen instalaciones generadoras que utilizaban carbón, en América Latina se ha añadido reemplazando la construcción de instalaciones de generación hidroeléctrica, puesto que de acuerdo a las estadísticas de la Organización Latinoamericana de energía OLADE (OLADE, 2010) América Latina cuenta aún con un alto potencial sin explotar aun. En el caso de Europa esta sustitución de tecnologías de generación (gas por carbón) disminuye potencialmente las emisiones contaminantes, lo cual es una gran contribución desde



la perspectiva medioambiental. Sin embargo en América Latina, aun cuando se ha logrado el incremento de capacidad instalada, ésta se ha cubierto mediante plantas que utilizan combustible fósil (gas natural), aumentando así su emisión de contaminantes y desaprovechando su todavía alto potencial renovable tanto convencional, como no convencional.

Este es el asunto contradictorio: mientras que por una parte se hacen recomendaciones como las dictadas en el protocolo de Kyoto y en las cumbres de Copenhague y estudios para reducir las emisiones y que la vida en el planeta sea más limpia y sostenible, en realidad observamos en América Latina, exactamente lo contrario: un mover alejado de lo que fue una de las áreas geográficas con los sistemas eléctricos más sostenibles y limpios hacia sistemas cada vez más dependientes la generación de basada en combustibles fósiles..

La proporción cada vez mayor de generación térmica no es exclusivamente un problema de América Latina. Una situación similar se observa en los mercados eléctricos de naciones europeas como el Reino Unido, en el cual la capacidad total ha tenido un incremento neto de 3,4 GW entre 2004 y 2008 de este incremento han sido 3 GW y 1,5 GW de energía térmica y renovable, respectivamente, sin embargo, 0,9 han sido mediante la sustitución de 0,9 GW nucleares y 0,2 GW de generación térmica, en el balance final se nota el incremento de la proporción de la generación de fósil su matriz global de capacidad instalada (DECC, 2009).

Un análisis de mayor profundidad que ofrece una solución mediante la diversificación energética. El aumento en la utilización de combustible fósil en las matrices de generación se puede explicar mediante dos razones:

Desde un punto de vista técnico, depender de un solo recurso ya sea renovable como el agua o no renovable como el gas natural es riesgoso no solo para América Latina, sino para cualquier otra región del planeta; ello porque la escasez de uno u otro recurso pone en peligro garantizar la seguridad del suministro y la incertidumbre de depender por ejemplo de la existencia del agua.

La otra es la desregulación o liberalización de actividades y la forma en que las compañías eléctricas evalúan sus inversiones.

La fiabilidad y seguridad del suministro de un sistema eléctrico, es una gran preocupación para la industria eléctrica, sus clientes, y la clase política. Un componente importante es la elección de tecnología de última generación y la combinación de tecnologías de generación de la matriz de capacidad instalada en una nación. En los sistemas dominados por la generación térmica como el caso de México, los factores críticos son la capacidad de suministrar suficiente electricidad en las horas pico, y la seguridad de suministro del gas natural, combustóleo carbón o combustible nuclear.

En un sistema predominantemente hidroeléctrico, el factor crítico es la capacidad de los embalses para el suministro de energía suficiente en un prolongado período de sequía (Cramton, 2008). De acuerdo a lo anterior vale añadir que la generación hidroeléctrica está en función del recurso hídrico el cual es susceptible a las condiciones climáticas (mientras que el suministro de gas está en función de cuestiones políticas y económicas que no depende de las condiciones climáticas).

Una de las anomalías climáticas más importantes en América Latina específicamente de Sudamérica es causada por el fenómeno macroclimático conocido como El Niño-Oscilación Sur (ENOS), descrita en (Díaz, 2000). ENOS es una oscilación cuasi-periódica de la zona tropical del Océano Pacífico que conduce a cambios en los regímenes de lluvia en la costa este de América del Sur. Las fases extremas del ENOS son El Niño y La Niña. El Niño produce más estaciones secas de lo habitual en Colombia, por ejemplo, la de 1997-1998 redujo la entrada de agua a los embalses de casi 30 % (Larsen, 2004). La Niña, por el contrario, intensifica la lluvia en Colombia, mientras que al mismo tiempo, causa sequías extremas en Chile.

Durante la ocurrencia de La Niña de 1998 y 1999, produjeron la reducción de embalses para la generación hidroeléctrica. El sistema eléctrico chileno se enfrentó también a una escasez de gas natural el cual presionó a los sistemas de ciclo combinado ocasionando una reducción transitoria en la oferta que llevo a la necesidad de implementar apagones rotatorios, en el máximo apogeo de la crisis, por lo cual hubo que programar apagones rotatorios de 3 horas de duración (Arango, 2006 y Comisión de Energía, 2004). Esta situación empeoró cuando una falla en el sistema de precios no permitió pasar los costos reales a los consumidores finales y se creó una distorsión desestabilizadora en el mercado.



Por otra parte, la vulnerabilidad de los sistemas altamente hidrológicos como el sistema Brasileño también se ha visto afectado por el cambio climático (Pereira, 2009). Aun cuando en Brasil la importancia de la hidroelectricidad es tal que cuenta con una gran capacidad en embalses que tardan hasta cinco años en vaciarse en caso de sequía a partir de su nivel máximo.

Pero las anomalías macro climáticas que anteriormente se describieron, provocaron que en 1999 los embalses de las presas redujeran su capacidad dramáticamente, al pasar del nivel normal de 70% a un nivel crítico de 18%. Ante esta crisis, se vio la posibilidad de comenzar una racionalización en el consumo de energía del 50% entre la población, pero por suerte comenzó a llover de nuevo y no hubo la necesidad de racionalizar el consumo.

Sin embargo, a finales del año 2000 los embalses bajaron de nuevo y en 2001 se tuvo que racionar en 20% la cantidad de electricidad utilizada; el 80% de la población tuvo que racionar durante nueve meses, ya que como se mencionó anteriormente, la mayor parte de la generación es a través de la tecnología hidroeléctrica. Esto introduce otra situación paradójica, que podría suscitarse en caso de buscar instalar desalinizadoras en las costas para obtener agua para el consumo humano en caso de sequía extrema o en el caso de las zonas desérticas como las del norte de México, puesto que estas plantas requieren de energía para desarrollar tal actividad y no caer en un doble error, como el de no tener agua suficiente en los embalses para generar energía y no tener por tanto, suficiente energía para poder desalinizar el agua de mar, para consumo humano en caso de sequía extrema (Comisión de Energía, 2004).

La consecuencia de fiarse únicamente de la energía hidroeléctrica es la dificultad de generar suficiente electricidad en periodos secos. En cuyo caso, la introducción de más generación basada en combustibles fósiles disminuye la dependencia de las condiciones climáticas inciertas.

Aún con ello la introducción de la generación térmica tiene otras dificultades y no son para nada insignificantes puesto que, no sólo se tiene con ello un aumento considerable de emisiones. Sino que en periodos de abundancia de recursos hídricos (que puede durar años), puede que no sea atractivo en lo económico hacer operar las centrales térmicas durante un período significativo de tiempo de no ser que se tengan acuerdos lícitos y transparentes de

participación en el mercado eléctrico de forma regulada.

Otro inconveniente para la generación térmica es que requiere combustibles fósiles, misma que no depende en gran medida de situaciones climáticas pero depende de otras variables incluso un tanto más complejas, considerando que dentro de América Latina existen tanto países productores y/o exportadores, pero también hay países deficitarios de estos recursos como por ejemplo Argentina que en ocasiones experimenta escasez de gas natural para abastecer su demanda interna, incluyendo la generación de electricidad (The Economist, 2007).

Aún con ello Chile depende del poco fiable suministro Argentino. Además, el gas natural en el Cono Sur se enfrenta a una serie de dificultades como lo son problemas políticos entre Bolivia, Chile y Perú (Victor DG, 2006), problemas que no ayudan a garantizar la seguridad de suministro de hidrocarburos especialmente el gas. Por otra parte, la ocurrencia de El Niño a finales de 2009 ha dado lugar a una mayor utilización de gas para la generación de electricidad, por lo que el suministro de gas se ha visto en riesgo (Portafolio, 2009).

¿Qué alternativas tiene América Latina en este efecto péndulo?, como le llaman en Pérez- Arriaga (2008), no solo entre el cambio de manos que ha tenido el sector al pasar de la iniciativa privada a la nacionalización y actualmente en algunas actividades en manos de la iniciativa privada en algunos países. En cierta forma también existe otro efecto péndulo ligado al que se describe en Pérez- Arriaga (2008), puesto que los cambios en la propiedad del sector eléctrico en América Latina, también ha provocado una tendencia del sector hacia el empleo de recursos renovables o tecnologías no renovables, en la generación eléctrica.

Se menciona en Santiago Arango (2010) que es poco probable que la desregulación se invierta en los principales países, sin embargo al observar las nacionalizaciones (2012) que se han llevado a cabo en materia energética tanto en Argentina, con YPF como en Bolivia, con la compañía "red eléctrica", tal afirmación no puede sostenerse en todos los casos. Al observar la figura 1, podemos percatarnos en la matriz de capacidad instalada de América Latina, (vista en porcentaje). En la cual existen naciones altamente dependientes de recursos hídricos y otras altamente dependientes de recursos fósiles.

Sí bien se puede considerar también, que hay un alto componente de generación renovable en El Salvador,



ésta en su mayoría es generación geotérmica. Por lo que en Santiago Arango (2010) se menciona que todavía hay un largo camino por recorrer en la inserción de las energías renovables y que estas lleguen a ser verdaderamente competitivas. A pesar del potencial latinoamericano en las energías renovables, su inserción actual es muy baja. Si la tecnología hidráulica tradicional se excluye, las tecnologías de aprovechamiento renovable no convencional representan menos del 1% de la capacidad de generación total en el conjunto de América Latina en 2006 (IEA, 2009).

Debido a ello es necesario por tanto, encontrar varias formas para incentivar la inserción masiva de tecnologías renovables pues una sola no ha bastado. Sobre todo que actualmente solo ha sido incentivada la generación macro, entre las cuales figuran las grandes instalaciones de generación eólicas, los grandes aprovechamientos geotérmicos y en su caso las instalaciones hidráulicas, sin embargo es necesario crear todo un marco de incentivos fiscales y energéticos para la generación distribuida renovable. Misma que con los incentivos adecuados podría llegar a ser más significativa en cuanto capacidad instalada que las instalaciones de nivel macro.

El propósito de incentivar la inserción masiva de tecnología renovable tiene múltiples intenciones, no solo se busca incrementar la capacidad instalada de un país, también se busca que este incremento no provoque dependencia energética de recursos fósiles. Y por encima de todo que la generación eléctrica no sea la culpable de la emisión de una gran cantidad de gases de efecto invernadero en su producción. Ligado a esto también, evitar en algunos casos la alta dependencia de suministros de combustibles que provocan muchas veces tensiones políticas entre naciones.

Si consideramos que el sector eléctrico en América Latina ha sido en gran parte orientada hacia el mercado por lo menos durante la última década (Arango, 2006 y Nagayama, 2007) mediante acuerdos entre los organismos reguladores y los inversionistas, incluso en algunas ocasiones vía intervenciones directas, los reguladores han logrado mantener el sector eléctrico en un estado en el que, en la mayoría de los casos, ha cubierto la demanda. Sin embargo, las políticas explícitas para invertir en energías renovables no han tenido una fuerte respuesta, debido a la estructura del mercado cambiante, y poco favorecedor de los proyectos de energía renovable a nivel generación distribuida y microgeneración. Incluso la generación hidroeléctrica tradicional se ha

vuelto menos atractiva para los inversores (Zuluaga, 2007).

Directrices que actualmente rigen el mercado eléctrico en América Latina.

Las políticas actuales han estado orientadas a atraer inversiones en cualquier tipo de capacidad (tecnología) en condiciones de competencia, para ello se han delineado las siguientes directrices para el funcionamiento del sector eléctrico en estos tiempos:

Desintegrar verticalmente el sector mediante la disociación en diferentes actividades, cada una de ellas de acuerdo con sus características.

Nuevos marcos regulatorios de los aspectos técnicos y económicos, para el conjunto del sector eléctrico.

Crear nuevas instituciones para regular y administrar al nuevo sector emergente de este cambio normativo.

Privatizar las diferentes unidades de negocio separadas en especialidades.

La transformación se estipuló en una profunda transformación del papel del Estado, que debería pasar de ser proveedor directo de los servicios, a regulador de los mismos, trasladando a otros, en general nuevos agentes, la obligación de abastecer bajo una calidad de servicio previamente definida en los contratos de concesión.

Se estipuló que las cuestiones clave para el logro de esta eficiencia deberían ser:

Un mercado mayorista competitivo y eficiente en el que tanto los proveedores, como los consumidores con capacidad de elección, pudiesen adquirir energía eléctrica a los montos que resultasen de este mercado.

Una red de transporte regida al principio del libre acceso de terceros, mediante el cual se excluyese toda posibilidad de discriminación entre agentes.

Precios para los consumidores finales que deberían recoger los efectos de la competencia positiva alcanzada en el mercado mayorista y así la puedan transferir a los consumidores cautivos.

Establecimiento de obligaciones de calidad de servicio para cada nivel del sistema eléctrico.

Para pasar de la teoría a la práctica y obtener las condiciones de competencia efectiva en los mercados



eléctricos mayoristas, los marcos regulatorios se diseñarían en línea con los siguientes principios:

Eliminación de barreras a la competencia entre generadores locales y externos, tanto en el corto como en el largo plazo, tratando de impulsar mercados regionales o al menos acuerdos comerciales que permitieran el intercambio de energía.

Reglas de operación efectivas para lograr los menores costos de operación, teniendo en cuenta tanto las plantas locales como las distantes así como los costos de transmisión.

Tarifas finales que reflejasen los precios marginales de corto plazo o los costos marginales de corto plazo.

Tarifas de transmisión que asegurasen la posibilidad de una competencia efectiva entre los mercados local y externo.

Reestructuración sectorial y separación de actividades de acuerdo con los diferentes tipos de regulaciones requeridas.

Creación de un mercado competitivo de generadores, tarifas reguladas y calidad de servicio para los distribuidores y transportistas, y estableciendo un conjunto de reglas para la operación del sistema.

Promoción de la progresiva integración de los mercados y los sistemas, inicialmente en el interior de cada uno de los Estados, para luego alcanzar a sus vecinos fronterizos.

Seguridad y estabilidad jurídica para los nuevos entrantes, previa aceptación de las nuevas reglas del juego.

Creación de instituciones independientes para operar el mercado y el sistema interconectado (Operadores del mercado y del sistema) así como para supervisar el estricto cumplimiento de las reglas y del respeto del derecho de los consumidores (Entes Reguladores).

Subyacente en el modelo atendido, en algunos de los países latinoamericanos, existía el convencimiento de que podía conseguirse la eficiencia a través de la competencia y la regulación, en una sabia combinación:

Se lograría la eficiencia cuando los agentes fueran inducidos a comportarse de tal manera que tendiesen a minimizar el costo de la energía entregada al

consumidor final, cumpliendo en todo caso con las obligaciones de calidad del servicio.

La eficiencia podría ser lograda a través de la regulación, de la competencia o de una combinación de ambas.

Si se lograra una adecuada tensión competitiva, los jugadores “deberían” renunciar a parte de sus potenciales beneficios como condición de mantener una determinada cuota de mercado.

La regulación, tanto la técnica como la económica, como por ejemplo la compensación de los precios revelados por el mercado mayorista, o las obligaciones en materia de la calidad del servicio o las tarifas reguladas para las actividades de distribución o de transmisión, deberán ser elementos para garantizar la efectiva transferencia de la eficiencia lograda a través de la competencia a los consumidores finales (Dolader, 2008).

Resumiendo, la reestructuración sectorial aplicada a un conjunto de Estados latinoamericanos, pero sobre todo a los europeos se está basando en el principio: aplicar la competencia allí donde fuera posible y la regulación allí donde fuera necesaria. Entendiendo que:

Competencia implicará:

Un mercado eléctrico con reglas promotoras de eficiencia.

Acceso de terceros a las redes de alta y baja tensión.

No discriminación entre jugadores locales y externos.

Derecho a la elección de los consumidores.

Regulación se aplicará en:

Precios regulados para la distribución y el transporte para todos los usuarios.

Tarifas reguladas para los consumidores cautivos.

Obligaciones de calidad de servicio para la transmisión y la distribución.

Estas directrices político-económicas, que al observarlas detalladamente nos damos cuenta que son las que han dirigido el sector eléctrico latinoamericano, hacia el mercado y ésta orientación justamente a la competencia económica ha provocado que la matriz de capacidad instalada en América Latina este más emplazada a incrementar la capacidad de generación utilizando plantas termoeléctricas, mismas que aun con lo eficientes que pueden ser, no por ello dejan de ser contaminantes y aun cuando aumentan la capacidad instalada no



evitan la dependencia de recursos fósiles, que por antonomasia no son renovables.

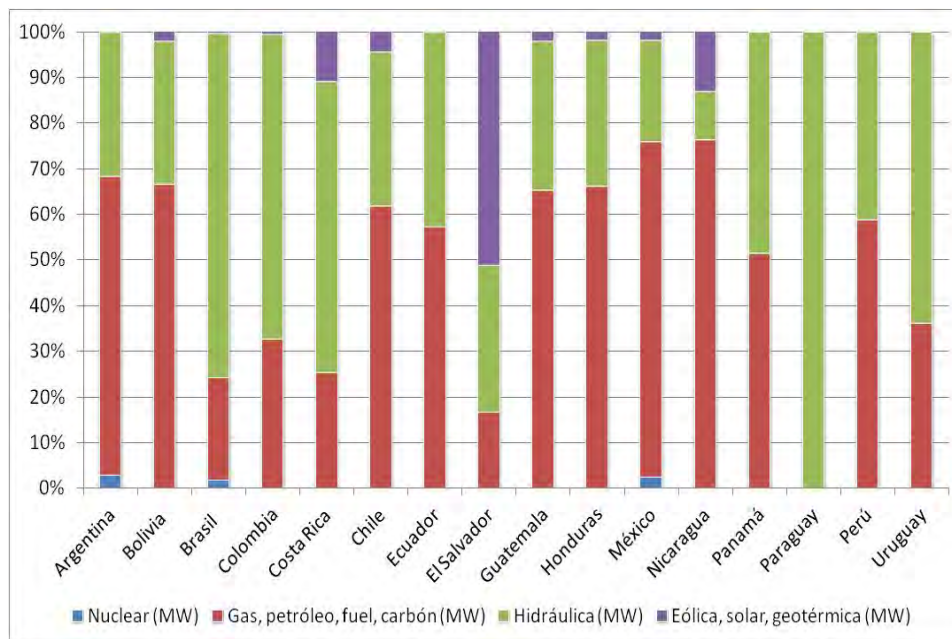
Provocando con ello en los países no productores una dependencia energética que bien podrían evitar si las directrices político-energéticas fueran planeadas de forma diferente.

Por ahora, más de 60 países en el mundo, han implementado algún tipo de política para las energías renovables en la generación de electricidad (Santiago

Arango, 2010). En América Latina, los incentivos y los diferentes esquemas financieros para promover el uso de las energías renovables dependen de cada país, con una variación significativa.

Esto debido a que los sectores eléctricos latinoamericanos si bien se han abierto a la competencia la mayor parte de ellos, no todos han alcanzado a convencerse de que realmente la liberalización completa de las actividades del sector, sea algo conveniente en todo sentido.

Figura 1. Matriz energética de América Latina continental en tanto por ciento



Las políticas de promoción de las renovables tienen algunas similitudes, pero no hay iniciativas coordinadas en la región. La mayoría de las políticas se centran en múltiples fuentes de energía renovables.

Es necesario señalar que casi todos los países tienen algunas políticas de promoción de inversiones en energía renovable. Sin embargo la mayoría de las políticas se han implementado durante la década actual, lo que hace difícil de juzgar su eficacia por el momento.

Aunque estas políticas son recientes, hay un sentimiento predominante de que la mayoría de ellos no han sido muy eficaces en la promoción de la inversión a gran escala y en pequeña escala todavía

hace falta mucho por crear para producir una fuerte inserción de tecnología renovable, lo cual es consistente con la evidencia de la figura 1.

La energía renovable puede funcionar tanto interconectada con la red eléctrica o también de forma aislada. América Latina es una región con amplias zonas rurales sin electricidad, donde las fuentes renovables de energía podrían ser la forma más eficiente para la generación eléctrica.

En las zonas rurales aisladas, los proyectos de energía renovable a pequeña escala de energía al mismo tiempo pueden aumentar el acceso a la energía, mejorar la calidad de vida (Farinelli, 1999 y Pereira, 2010). Los proyectos de generación renovable aislada de la red a menudo se asocian con



los programas de reducción de la pobreza, y se han desarrollado una serie de políticas para promover el uso de las energías renovables en este contexto.

Esto incluye programas como el PAEPRA Programa de Electrificación Rural; en Argentina. El PRONER el Programa Nacional de Electrificación Rural en Bolivia; los programas de electrificación rural con energías renovables en Brasil, y el Programa de Electrificación Rural (Chile), entre otros (Huacuz, 2003).

Hasta el momento, no hay un acuerdo general sobre la eficacia de los incentivos, aunque existen trabajos que explican cuales se utilizan en el mundo entero (Aquino-Robles, 2011 y Barroso, 2010). La evaluación de las diferentes iniciativas ha mostrado resultados mixtos, mientras que las pruebas que se presentan y se discuten en Santiago Arango (2010) muestran claramente que América Latina se está volviendo más y más dependiente de las centrales térmicas.

Las nuevas leyes implementadas en la Argentina han sido analizadas por Guzowski y Recalde (Guzowski, 2008 y Aquino-Robles, 2011), y estas afirman que los resultados de la legislación no han sido lo suficientemente buenos y deben ser perfeccionados por el Gobierno.

En Santiago Arango (2010) se menciona que en Colombia, las investigaciones han indicado que es más eficiente promover la generación renovable con ayudas directas en lugar de políticas fiscales (Zuluaga, 2007 y Botero, 2010), lo cual de momento es contrario a la legislación vigente.

PROINFA (Programa de Incentivos para Fuentes Alternativas de Electricidad) en Brasil fue diseñado para tres tecnologías específicas (eólica, biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas), sin embargo, la formulación parece promover una mayor generación de biomasa, lo que contradice el objetivo inicial, que fue diversificar la matriz energética.

Se ha revisado las iniciativas actuales más significativas para invertir en energías renovables en (Aquino-Robles, 2011), pero hay políticas complementarias desarrolladas a nivel internacional para promover la generación de energía renovable en los países en desarrollo.

Un ejemplo de ello es el Protocolo de Kyoto, que estableció un mecanismo para promover proyectos

de energía limpia en algunos países en desarrollo. Los que desarrollen proyectos de energía renovable pueden solicitar su participación, bajo ciertas condiciones.

El Protocolo de Kyoto (PK), creado en 1997, y pone por escrito la obligación de los países industrializados que lo ratificaron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, con objetivos específicos, para el año 2012. El protocolo establece metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del 5,2% por debajo de los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012, y que entró en vigor el 16 de julio de 2005.

Sí bien al observar, la tabla 1 en la que se aprecian las leyes que promueven el aprovechamiento de energías renovables en América Latina, podemos darnos cuenta que existe el firme propósito de estas naciones para la utilización de estas fuentes de energía, máxime por las ventajas que ofrecen y que ya fueron descritas. Sin embargo, y de acuerdo a lo enlistado en las directrices (de mercado) que han guiado la reestructuración de los sectores eléctricos, éstas no ayudan en lo absoluto a la utilización de tecnologías renovables y con ello lograr una industria sostenible.

Puesto que su única intención es maximizar el beneficio económico al producir energía, no importando sí esto se hace de forma limpia o no.

Es necesario por tanto, de forma algo similar a las naciones europeas, crear un "régimen especial" dentro del ya establecido, que ayude a la introducción masiva de tecnologías renovables no convencionales, además de darle un trato preferencial en el despacho de la generación. Incluso mejor aún legislar para crear un régimen diferente al actual aprovechando las experiencias exitosas, pero poniendo mucha atención a las experiencias no exitosas que han tenido los europeos y las naciones industrializadas para tratar de lograr los propósitos establecidos en el protocolo de Kyoto.

En cierta medida, las naciones que aún no han liberalizado completamente sus actividades del sector eléctrico, tienen ciertas ventajas para crear un modelo de mercado que no solo sea incluyente de las renovables, sino que las utilice en forma masiva y preferente e iniciar la transición de los sistemas eléctricos actuales a los sistemas 100% renovables.



Tabla 1. Leyes y decretos que promueven las energías renovables en América Latina.

País	Leyes y/o decretos
Argentina	Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía leyes: 25.019/1998 y la 26.190/2006 y el Decreto 562/2009
Bolivia	Plan Electricidad para vivir con dignidad
Brasil	PROINFA ley 10438 de abril de 2002 y la ley 10762 de noviembre de 2003.
Colombia	La Ley 697 de 2001 acerca del uso Racional de Energía (URE)
Costa Rica	Decreto Ejecutivo N° 30480-Minae; Directriz N° 22, promoción de las fuentes renovables de energía (11-03-2003)
Chile	Ley Eléctrica 2004 y 2005 (Ley Corta I y Ley Corta II)
Ecuador	Regulación No. CONELEC - 009/06 La generación con fuentes renovables no convencionales tiene un despacho preferente y obligatorio en el mercado eléctrico mayorista
El Salvador	Ley para el fomento de las energías renovables en la generación de electricidad. (Decreto Legislativo No.462 del 8 de noviembre de 2007
Guatemala	Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable (Decreto 52- 2003, 28-10- 2003)
Honduras	Ley de incentivos con fuentes renovables. Decreto 70-2007. Ley de promoción de energía eléctrica con recursos renovables, de octubre de 2007
México	Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética (2008)
Nicaragua	Incentivos a las fuentes renovables de energía para generación eléctrica y política para el desarrollo de recursos eólicos e hidroeléctricos a filo de agua (Acuerdo Presidencial 279-2002 del 9-7-2002).
Panamá	La Ley 45 del 4 de agosto de 2004 establece un régimen de incentivos para el fomento de sistemas de generación hidroeléctrica y otras fuentes nuevas, renovables y limpias.
Perú	Ley N° 28546, Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del país.
Uruguay	Decreto sobre la promoción de energías renovables (D. 354/09). Ley de eficiencia energética (Ley 18.579).

Conclusiones.

En esta investigación se ha estudiado una controversia que poca importancia tendría, sino se analizará desde una perspectiva diferente a la económica. De unas décadas para estas fechas, los mercados financieros han cambiado la prestación de algunos servicios en la mayor parte de naciones, entre ellos el servicio eléctrico, el cual de acuerdo a las teorías económicas contemporáneas ha pasado de ser un servicio, para ser tratado como una mercancía, lo cual ha provocado que las prioridades cambien y la maximización de las ganancias sea el objetivo principal, por encima de planear a largo plazo y hacerlo considerando las restricciones medioambientales que tienen no solo una actividad como la generación eléctrica, sino todas las demás actividades industriales; que ahora más que nunca deben de tener en cuenta no solo el beneficio económico, sino además tener impacto social y un mínimo o nulo impacto ambiental.

América Latina y especialmente México, debe considerar la planeación de su sector eléctrico de tal

manera que pueda depender menos de los combustibles fósiles en la generación eléctrica y aprovechar al máximo las fuentes renovables que tiene abundantemente, sobre todo considerando la declinación que tiene respecto a las reservas de hidrocarburos que ha manifestado la compañía estatal PEMEX.

De igual forma, desde la cúpula legislativa, deberán crearse no solo leyes que den certidumbre jurídica a una actividad industrial, como lo es la generación renovable dentro del sistema interconectado, sino que además deberán crearse leyes que incentiven esta actividad, no solo a niveles macro, sino que mejor aún crear leyes que promuevan esta actividad a niveles micro, considerando que la inserción masiva de muchos sistemas de microgeneración eléctrica, podría tener un mayor impacto en capacidad instalada, que la inserción de pocas plantas, aun cuando éstas sean de una gran capacidad.

Deberán crearse leyes, reglamentos y normativas que permitan la conformación y la inserción de generación



renovable en el mercado eléctrico de tal forma que este tipo de generación pueda crecer y prevalecer sobre la generación convencional y llegado su momento poder tener sistemas 100% renovables para poder revertir los daños medioambientales que han provocado las actividades industriales en las naciones que más contaminan. Y con ello mitigar los efectos del cambio climático.

Deberán analizarse en contraposición; las decisiones que se han tomado basadas en las directrices económicas que han transformado el sector eléctrico, con las decisiones que deben tomarse en la lucha contra el cambio climático. De acuerdo a lo analizado en este reporte de investigación, ambas decisiones van en sentido contrario, por lo cual deberán ponderarse las nuevas decisiones de acuerdo a nuevas prioridades.

Fuentes de consulta

1. Aquino-Robles, Jose A.; Villafafila-Robles, Roberto; Sumper, Andreas; Ramirez-Pisco, Rodrigo; , "Promotion of renewable energy in Latin America for the security of electric supply," *Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU)*, 2011 11th International Conference on, vol., no., pp.1-6, 17 - 19 Oct. 2011 doi: 10.1109/EPQU.2011.6128829
2. Arango S, Dyer I, Larsen ER. Lessons from deregulation: understanding electricity markets in South America. *Utilities Policy* 2006;14:196–207.
3. Barroso, L.A.; Rudrick, H.; Sensfuss, F.; Linares, P.; , "The Green Effect," *Power and Energy Magazine, IEEE* , vol.8, no.5, pp.22-35, Sept.-Oct. 2010 doi: 10.1109/MPE.2010.937595
4. Botero S, Isaza F, Valencia A. Evaluation of methodologies for remunerating wind power's reliability in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14:2049–58.
5. Comisión de energía, Cámara de Diputados, México "Memorias del Seminario de políticas públicas para el sector eléctrico. LIX Legislatura México 2004.
6. Cramton P, Stoft S. Forward reliability markets: less risk, less market power, more efficiency. *Utilities Policy* 2008;16:194–201.
7. DECC. Energy statistics: electricity. Department of Energy and Climate Change, UK. Available from: <http://www.decc.gov.uk/>, last visit September 2009.
8. Diaz HF, Markgraf V. El Niño and the southern oscillation: multiscale variability and global and regional impacts. Cambridge University Press; 2000.
9. Dolader i Clara, Jordi, Los Modelos regulatorios en los sectores de la energía. Contextos político y económico en su formulación. Desarrollo e implantación. Presidente de Mercados EMI Capítulo 3. ISBN: 978-84-470-2970-9 Comisión nacional de energía editorial Thomson CIVITAS 2008.
10. Farinelli U. Energy as a tool for sustainable development for African, Caribbean and Pacific Countries, European Commission and the United Nations Development Programme, European Commission, Brussels, Belgium; and United Nations, New York, USA; 1999.
11. García Quintero, Edwin; Valoración de la Calidad de la Energía Eléctrica, Respeto a Huecos de Tensión: Índices y Niveles de Calidad, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
12. Guzowski C, Recalde M. Renewable energy in Argentina: energy policy analysis and perspectives. *International Journal of Hydrogen Energy* 2008;33: 3592–5.
13. Huacuz JM. Overview of renewable energy sources in Latin America, *International Electrical Research Exchange. Central American Forum: San José Costa Rica; November 2003.*
14. IEA. Statistics and balances. International Energy Agency, OECD/IEA. Available from: <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>, visited in October 2009.
15. Larsen ER, Dyer I, Bedoya L, Franco C. Lessons from deregulation in Colombia: successes, failures and the way ahead. *Energy Policy* 2004;32:1767–80.
16. Miras Salamanca, Anca Pedro "Energía y regulación en Iberoamérica capítulo 5". *Regulación en Iberoamérica* ISBN: 978-84-470-2970-9 Comisión nacional de energía editorial Thomson CIVITAS 2008.
17. Nagayama H. Effects of regulatory reforms in the electricity supply industry on electricity prices in developing countries. *Energy Policy* 2007;35:3440–62.
18. Newbery D. Electricity liberalization in Britain: the quest for a satisfactory wholesale market design. *The Energy Journal* 2005;26:43–73.
19. Organización Latinoamericana de energía OLADE "Energía en Cifras" Sistema de Información económica energética 2010 SIEE Versión No.20 Quito Octubre 2010 disponible en www.olade.org.



20. Pereira AF, Salem A, Schaeffer R, Rodrigues R, Moreira BS, Leal IV, Pereira AO, Ferreira SH. The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. *Energy Policy* 2009;37:879–89.
 21. Pereira MG, Vasconcelos M, da Silva NF. Rural electrification and energy poverty: empirical evidences from Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14:1229–40.
 22. Pérez-Arriaga, J., C. Batlle, M. Rivier, T. Gómez, “Expansión de la oferta e infraestructura eléctrica en Iberoamérica: generación, transmisión y distribución”, en Libro sobre la energía y regulación en Iberoamérica, Comisión Nacional de Energía, Madrid, 2008.
 23. Portafolio, Cortes de gas mostraron descoordinación entre actores del negocio y responsabilidad compartida. Available from: [www.portafolio.com.co/economia/pais/ARTICULO-WEB NOTA_INTERIOR_PORTA-6282768.html](http://www.portafolio.com.co/economia/pais/ARTICULO-WEB_NOTA_INTERIOR_PORTA-6282768.html), last visit November, 2009.
 24. REN21. Renewables 2009 Global status report, Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC: Worldwatch Institute; 2009.
 25. Santiago Arango, Erik R. Larsen, “The environmental paradox in generation: How South America is gradually becoming more dependent on thermal generation”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Issue 9, December 2010, Pages 2956-2965, DOI: 10.1016/j.rser.2010.07.049..
 26. The Economist, Argentina’s chaotic energy policies; June 14th 2007.
 27. Victor DG. Gas and oil do not mix in the chaotic world of energy policy. *Financial Times*: London; May 9th 2006.
 28. Watts, J.H. “Microturbines: a new class of gas turbine engines”, *Gas Turbine News in Brief* 39 (1), 5-11, 1999.
 29. Yebra Vega, Tomás, “Nuevos retos en el diseño de redes eléctricas de distribución. Enfoque a la carga, la red y la calidad de la energía eléctrica”. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Instituto de Tecnología Eléctrica, España, Junio del 2010.
 30. Zuluaga M, Dyner I. Incentives for renewable energy in reformed Latin- American electricity markets: the Colombian case. *Journal of Cleaner Production* 2007;15:153–62.
- Anexo (Temas que podrían ser investigados en el contexto del cambio climático)
- Sistemas eléctricos de potencia 100% renovables con tecnologías de almacenamiento.
- Para la introducción masiva de autos eléctricos, será necesaria crear toda una infraestructura que soporte tal fin. Derivado de este hecho será necesario estudiar a fondo los cambios en carga que tendrán los sistemas eléctricos actuales, sobre todo pensando que, de poco servirá introducir autos eléctricos para disminuir la contaminación, sí para producir la energía que consumirán los autos eléctricos se quema gas, combustóleo y/o combustible radiactivo. Por tales hechos las nuevas fuentes que sustituyan a las actuales tendrán que ser renovables en su mayoría o en su totalidad.
- Será necesario, sí se introducen los autos eléctricos de forma masiva, crear las normas eléctricas necesarias para las instalaciones de recarga y por ende la necesidad de redes eléctricas inteligentes que operen para tal cometido. Estudiar las redes inteligentes o mejor aún añadirle inteligencia a las redes eléctricas actuales, para automatizar la distribución eléctrica de energía en el nuevo esquema de consumo eléctrico actual.
- Analizar profundamente los tipos de mercado eléctrico que existen en el mundo, para poder determinar qué tipo de mercado le beneficiaría a México, esto debido a que los tipos de mercado eléctrico europeos y latinoamericanos algunos funcionan con cierto éxito y otros funcionan con enormes déficits, que suelen ocultar por razones que es difícil de entender, pero que al final pueden llegar a provocar enormes quebrantos financieros, en una actividad como lo es el servicio eléctrico, que en este tiempo más que en ningún otro, es vital para casi toda actividad humana productiva y recreativa.



Territorio y transporte en las ciudades pequeñas.

Emilio Bravo Grajales.

Universidad Autónoma de la Ciudad de México UACM

Emails: bragrajales@yahoo.com, emilio.bravo@uacm.edu.mx

Resumen

En las ciudades actuales, la facilidad de moverse entre las ciudades, se ha visto favorecida por el avance tecnológico, provocando cambios territoriales, proceso que trata de responder a la cuestión global, dichos fenómenos han modificado abruptamente las antiguas formas de concebir la ciudad, mismas que al materializarse en el espacio han provocado fragmentaciones socio-ambientales, lo cual contribuye al cambio climático.

Esta reestructuración espacial, tiende hacia una forma más dispersa y fragmentada de la ciudad que se manifiesta en diferentes aspectos. En este trabajo presentamos una proximidad de esta contribución al cambio climático que aportan las ciudades pequeñas desde la teoría de la fragmentación caracterizada por la estructura urbana y el transporte en un caso de estudio de la ciudad de Ixmiquilpan Hidalgo.

La insostenibilidad de las ciudades actuales, son productos de procesos históricos, se vive con el peso de la herencia de este pasado y que enfrentan en menor o mayor escalas problemas urbanos similares, uno de los principales es el transporte y la movilidad. Por lo que se debe priorizar la planeación de un sistema de transporte sustentable, la recuperación de los espacios públicos, dando con ello incentivos para usar la bicicleta y espacios dedicados al peatón.

Introducción

Los cambios territoriales que se dan en las ciudades y zonas urbanas, son sumamente acelerados, tratan de responder al proceso económico global en el que estamos inmersos. Por otro lado *la facilidad de la movilidad entre ciudades* (tanto de personas como de mercancías y de información), se ha visto favorecido por el avance tecnológico y de las telecomunicaciones, dichos

procesos han modificado abruptamente las antiguas formas de concebir la ciudad, estas nuevas formas, al exteriorizarse en el espacio físico han provocado fragmentaciones en este. Pero al mismo tiempo se presenta un fenómeno contradictorio entre la *movilidad cotidiana* al interno de las ciudades y la movilidad entre ciudades. Por ejemplo, viajar a diferentes ciudades de nuestro país o incluso de otros países, se ha vuelto más *accesible*, que al interno de las propias ciudades.

Esta representación de estructurar el espacio en las ciudades, que desborda los antiguos límites de la ciudad y sus estructuras urbanas, tiende hacia una forma más dispersa y fragmentada que se manifiesta en aspectos, sociales, territoriales, económicos, culturales, políticos, ambientales entre otros, de donde nosotros hablaremos de la fragmentación de la ciudad en el territorio, caracterizada principalmente en la estructura vial y el transporte urbano, la accesibilidad y la movilidad cotidiana, que en conjunto contribuyen al cambio climático.

Ciudades y desarrollo

En el crecimiento acelerado de las urbes, se están creando modelos de ciudades no muy articuladas o integradas entre sí. Es necesario crear un sistema de transporte y movilidad que se adapte a dichos modelos, basado principalmente en el desarrollo sustentable y la satisfacción de la demanda cotidiana de los desplazamientos. Es decir que permita la relación ciudad- ambiente-usuarios.

La expansión urbana que ha presentado Ixmiquilpan, ha revelado deficiencias en materia de vivienda, transporte, infraestructura, seguridad, entre otros, las cuales se ven más acentuadas en ciertas zonas de la Ciudad, generados como en muchas otras ciudades por la segregación socio-espacial, que se presenta debido a este proceso de



expansión Ixmiquilpan, cuenta con cerca de 33,000 habitantes, padece (como muchas ciudades chicas de nuestro país) de los mismos problemas urbanos que la ciudad de México.

Nuestra investigación se centra en este territorio el cual será analizado bajo la perspectiva de: la *Ciudad y un sistema dual Transporte-movilidad*, enfatizando sobre el desarrollo urbano, la estructura urbana, la morfología y las características geográficas y sociales que presentan, para entender la movilidad y el transporte y con ello proponer alternativas de solución y generar conocimiento científico.

Hoy en día el mundo globalizado en el que vivimos se está convirtiendo cada vez más urbano. Lo que agudiza los problemas urbanos y ve el surgimiento de nuevos.

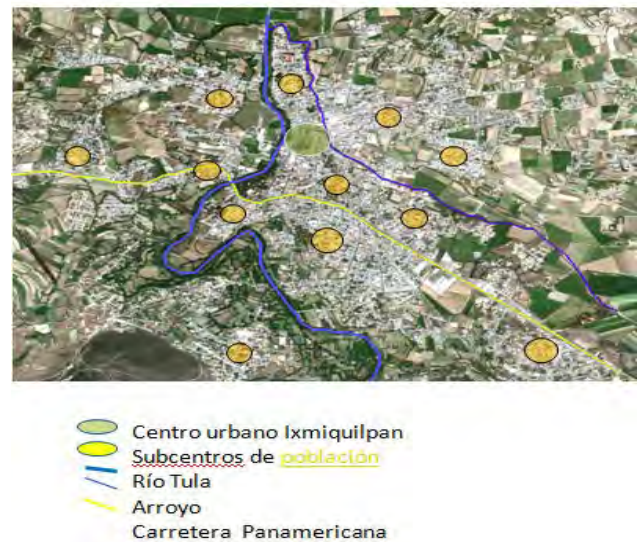
Actualmente cerca del 70 % de la población mexicana vive en ciudades. Según datos del CONAPO y del Sistema Urbano Nacional para el año 2000, se tenían 364 ciudades clasificadas de la siguiente forma: 9 ciudades grandes, 71 ciudades medias y 284 ciudades pequeñas.

El transporte urbano, la infraestructura para el transporte, el abastecimiento de agua, los residuos (o la logística inversa como algunos le llaman), así como la carencia de empleos, la atención de salud, son solo algunos de los problemas que están presentes en todas las localidades urbanas. En algunas ciudades son más agudos que en otras, más complejos. Esto representa un reto para los gobiernos de estas ciudades. Por que deben resolver y contemporáneamente planear el desarrollo urbano.

Ixmiquilpan se encuentra dentro de estas ciudades pequeñas, que son esencia lo que Castell considera como hacer frente a lo global desde local, a pesar de las problemáticas que presentan, paradójicamente cuentan con un gran potencial de desarrollo, ya que la mayoría de ellas cuenta con recursos naturales. La problemática urbana que presenta Ixmiquilpan es que una ciudad con un solo céntrico, es decir presenta un patrón urbano centralizado monocéntrico, lo que hace que la movilidad se concentre principalmente en el centro de la ciudad, ocasionando con ello congestión vehicular. Y que los usos de suelo muten de un uso tradicional habitacional a comercial y de servicios.

Desde el punto de vista geográfico Ixmiquilpan tiene tres grandes barreras naturales como lo son el río Tula y sus afluentes, y la carretera Panamericana, lo que hace que la parte urbana se encuentre fragmentada. Es así como encontramos una primera ruptura geográfica territorial, ver figura 1. Ya que del lado norte de la autopista se encuentra el centro urbano de Ixmiquilpan y del lado sur se encuentran grandes zonas de viviendas.

Figura 1. Barreras Físicas



Esta característica de estructura ha propiciado que se desarrollen dos corredores urbanos bien marcados, y problemas de accesibilidad. Uno de estos corredores que va de la carretera hacia el centro, en lo que coloquialmente se le denomina entrada a Ixmiquilpan, y donde encontramos usos una diversidad de usos de suelo.

Y otro que va del centro a la zona del mercado que concentra los usos de suelo comerciales y de servicios.

Estas áreas concentran los mayores flujos vehiculares y peatonales de la ciudad. Sin embargo esta situación ha hecho que los flujos vehiculares sobre estos corredores y demás vialidades se encuentren en problema de desconexión y fragmentación sobre zonas urbanas periféricas.



Los problemas de usos de suelo de ser un pueblo y pasar a ser una ciudad pequeña, los usos de suelo que originaron el centro fueron el de servicios y habitacional, por lo que al cambiar de un patrón de uso al que no estaba concebido no genera una yuxtaposición de funciones y de problemas derivados del mismo cambio, como son la misma estructura urbana y la forma de la concepción de la ciudad, es decir lo artificial de su configuración y de su funcionalidad. La mezcla actual de usos nos da una aglomeración central de espacios dedicados al comercio y a los servicios, y en la periferia de habitacional.

Y la problemática central para nuestra investigación es la de la vialidad y transporte público. Hemos observado primeramente la ausencia de una terminal en forma de transporte público, lo que hace que se ocupe el espacio público de la vialidad que no es destinado para un paradero sino para la circulación. La falta de infraestructura en este sentido también en relación a las paradas.

El transporte público aporta a la congestión que se presenta principalmente en el centro y en el otro corredor de entrada. Contribuyendo a la contaminación visual, y al deterioro ambiental, así como a la calidad de vida de los habitantes.

La calidad de transporte, desde la perspectiva de confort, precio, amabilidad, esta disociada de la movilidad y del servicio.

Así como una mala planeación de las rutas carentes de estudios técnicos, lo que se observa en un servicio disociado del transporte público versus demanda de movilidad, cuya repercusión se presenta en el espacio inequívocamente como una fragmentación funcional del transporte en el territorio.

Si bien es cierto que ya en la polis griega el espacio del Ágora tenía una forma amorfa e irregular, que iba desde una plaza hasta la continuación de la vialidad principal (como un corredor) era un área de propiedad pública, destinada a cuestiones públicas, Mumford (2002). Era la ciudad un lugar de encuentro de personas en su espacio socio ambiental. Este espacio lo podemos definir como el medio donde se llevan a cabo las relaciones sociales, comerciales, de intercambio, culturales, espacio que puede ser natural o artificial, como la calle, las plazas, (Lina 2011).

Actualmente en las urbes la concepción de espacio abierto se ha cambiado por el espacio que ofrecen las plazas o centros comerciales, lo que lleva a que en las ciudades de hoy la forma de intercambio se modifique abruptamente y la forma de concepción del espacio ha cambiado y con ello diversos aspectos de la vida cotidiana, ya que estas “plazas o centros comerciales” son espacios de consumo y no de encuentro pues las actividades que ahí se están realizando son actividades de compras.

En este conglomerado de personas, el individuo en esta ciudad actual, de acuerdo con lo que plantea Kumar (2006), debe ser considerado junto con sus obligaciones sociales y el consumo como un proceso social complejo, más que solamente como un proceso económico, es decir no solo como un cliente sino como un ente social que habita la ciudad en una red ininteligible de relaciones.

La ciudad es un espacio físico y hasta cierto punto rígido, pero las relaciones y el uso que se da a estos espacios es tan complejo o caótico como compleja o caótica pueda ser la organización de la sociedad que los realiza. En este sentido la ciudad está compuesta de espacios, y estos según Hiller (2007 pp. 269) “no son un vacío sin estructura”, sin embargo, este “espacio contiene las propiedades de todas las cosas que se encuentran en él, a diferencia de las cosas que solo poseen sus propias características”. Por lo que al “colocar un objeto físico en el espacio que antes no estaba en él, significa que algunas líneas de visibilidad y movimiento ya no estarán más disponibles”.

El espacio se ve modificado de acuerdo a las necesidades básicas e inherentes al ser humano, siendo de esta forma como la ciudad se encuentra en constante movimiento y transformaciones que en muchas ocasiones se yuxtaponen a procesos inacabados que fragmentan las relaciones sociales y con ello el territorio.

Una concepción socio-espacial de la ciudad fragmentada.

Borsdorf, (2003), habla de un nuevo modelo de la estructura y el desarrollo de la ciudad latinoamericana, conceptualmente define a la ciudad, con un una categoría de análisis de los “barrios cerrados”. Esta es una moderna forma de concebir la ciudad, originada por repercusiones de procesos globales, la crisis económica y poca



accesibilidad. Este fenómeno es una tendencia clara hacia la fragmentación de la forma urbana. Además, que estos procesos tienen que ver también con la inseguridad social que se vive hoy día en las ciudades.

Sin duda alguna la economía juega un papel fundamental en la configuración de las ciudades, PrévôtSchapira (2000) le atribuye al crecimiento económico que más que producir la ciudad en diversas urbes de América latina produce la fragmentación. Partiendo de un cuestionamiento esencial, de qué si la crisis urbana está provocando un modelo diferente de ciudad.

De acuerdo al proceso dinámico que se llevan en las ciudades efectivamente nos encontramos en esta profunda transformación desde la cultura que se materializa en el territorio al hacer ciudad de época.

Que de acuerdo con Odette Carvalho (2001), la ciudad se fragmenta desde lo socio-cultural por que vive un proceso de innovación hacia la metropolización, causadas por las necesidades de la sociedad urbano-industrial, donde se producen cambios en la estructura urbana a gran escala, (por ejemplo grandes avenidas, boulevares, puentes, viaductos, centros comerciales), desde esta perspectiva la ciudad posee fragmentos que cercan ciudades (dentro de la Ciudad) y barrios, en la pérdida de patrones culturales, por lo cual se *fragmenta la ciudad* en sus aspectos sociales y estos se vierten en el territorio de forma inequívoca al materializar el concepto de ciudad de una forma tal que se atenúa la interacción entre las personas.

En esta relación que se vive entre los procesos sociales y las formas espaciales fragmentadas, se presenta un fenómeno dialéctico, en algunos casos, las estructuras urbanas fragmentadas o las ciudades fragmentadas afectan los procesos sociales, y son estos mismos los que inciden en la estructura urbana fragmentada, por la esencia misma de la ciudad que es producto de estas transformaciones socio-espaciales (Garrocho 2011). Convirtiéndose en una codependencia, en donde la ciudad fragmentada produce procesos sociales como pobreza, segregación, entre otros y son estos procesos sociales los que producen fragmentos en la ciudad, y esto ha venido contribuyendo al cambio climático ya que cada día son más los conglomerados urbanos.

Continuum urbano y Fragmentación

Las Ciudades y sociedades de todo el mundo, experimentaron a finales del siglo XX una profunda transformación histórica estructural. En el centro de dicha transformación se halla una revolución tecnológica, organizada en torno a las tecnologías de información. Basándose en la nueva infraestructura tecnológica, el proceso de globalización de la economía y la comunicación ha cambiado nuestras formas de producir, consumir, gestionar, informar y pensar (Castells1998), sin embargo este desarrollo tecnológico tiende a aumentar las desigualdades sociales, aunadas a una dependencia del automóvil lo que se traduce en costos económicos, sociales y ambientales (externalidades del transporte).

La estructura urbana de la ciudad, se le asocia principalmente con el uso del suelo. Y una característica sobresaliente, es el entramado vial, el cual en una ciudad es singularmente rígido; debido al capital que se ha invertido, tanto en las vialidades como en las construcciones que se levantan a lo largo de ellas. Por lo que el plano vial, producto de una serie de circunstancias acostumbra a sobrevivir sin alteraciones notables, aunque esto sea algo negativo, ya que difícilmente no se adaptan a un sistema de transporte evolutivo, que satisfaga la demanda de la movilidad cotidiana.

Movilidad y accesibilidad en la ciudad fragmentada

Movilidad y accesibilidad son un binomio inseparable, la relación entre la movilidad y la accesibilidad a las actividades localizadas en cierta área, se puede mirar como un proceso circular, donde intervienen otros elementos; una actividad localizada sobre el territorio crea demanda de transporte, generando o atrayendo viajes, es decir una movilidad en torno al territorio. Pero la forma en que se satisface la demanda o la oferta de transporte esencialmente público, atrae nuevas actividades al área, (Riganti, Paolo 2003).

El continuum urbano se transforma en un proceso dual; en momentos es el crecimiento urbano el que estimula las líneas de transporte y las vialidades; en otros momentos es la movilidad y el transporte, los que orientan o inducen la expansión urbana. Así, tanto los transportes individuales y colectivos, con la jerarquización vial de cada ciudad, se vuelven elementos fundamentales en el desarrollo de las



ciudades. En este contexto, un adecuado “sistema de transporte” brinda seguridad, accesibilidad, confort a los usuarios, aumenta la calidad de vida, contribuye al desarrollo urbano, mejora la imagen urbana, es decir, regenera la ciudad, devolviéndosela a sus ciudadanos. (Figura 2)

Figura 2. Terminal improvisada en la vialidad



Movilidad cotidiana y uso de suelo

La demanda de moverse de personas y de sus mercancías o bienes, surge como una necesidad natural de la sociedad. Esta demanda de trasladarse, se distribuye de acuerdo a las actividades localizadas en el territorio, es decir el “modelo de generación de demanda de transporte”, se relaciona con las variables que describen a la población o actividad económica y social de cada zona, y las caracterizan su patrón de uso y ocupación del suelo. Seguí y Petrus (1991), definen al uso de suelo en la ciudad, como una manera de identificar los diversos asentamientos y de relaciones económicas, sociales, culturales y políticas que cada individuo mantiene con los demás. Esta necesidad de transportarse se llama demanda y la forma de satisfacer la necesidad oferta de transporte.

Veamos, si una persona necesita ir a trabajar, consideramos que ella necesita realizar un viaje para llegar a su destino que es su centro de empleo y donde desarrolla una actividad en este caso trabajar. Entonces, hay una necesidad de un trasladarse, la cual debe ser cubierta por un modo de transporte. Además hay un motivo o fin por el cual se desea trasladarse. Así el viaje entonces es intermedio, pero esencial para llegar a una actividad principal (actividad que no es desplazarse o realizar un viaje por sí mismo), como ir al trabajo,

de compras, a la escuela, o de recreación. Son estas actividades las que nos permiten clasificar los motivos de la movilidad o desplazamientos de las personas Daniels et. Warnes (1980).

La movilidad cotidiana, entonces corresponde a la necesidad de traslado a las actividades económicas, productivas y sociales. Si se atiende ésta a través de un transporte público limpio y eficiente, el uso del automóvil particular se verá desplazado por este modo.

La expansión de la ciudad física-territorial, y los “nuevos usos de suelo urbano” generan incremento en la movilidad, su ampliación en el tiempo y espacio físico, así como la utilización de un transporte motorizado.

La introducción de un sistema de transporte en un determinado territorio se origina en principio por las “necesidades de sobrevivencia” que requiere una población, sin embargo, los cambios que se generen en el uso de suelo tendrán que ir a la par con el transporte. El transporte tiene la capacidad de propiciar a lo largo del trayecto que recorre nuevos usos de suelo (generar corredores urbanos) o modificar el uso de suelo original de donde nace.

La facilidad de llegar o salir de una zona (en cualquier forma), para realizar una actividad o simplemente trasladarse a otra zona de la ciudad, le conocemos con el nombre de *accesibilidad*. Entendemos entonces el concepto de accesibilidad como la facilidad que se tiene de llegar o salir (interconexión) de una zona de la ciudad y comunicarse con el resto de esta, a través de la red vial, por medio del sistema de transporte urbano público y/o privado.

Islas (2000) comenta al respecto de la *accesibilidad* que un área se puede considerar más accesible, si presenta menos dificultades para salir de ella. Sin embargo, hay que agregar que en la ciudad no podemos dar por obvio o por sobreentendido, que si se puede salir de ella, se puede llegar de igual forma, puesto que la red vial.

El transporte público, es el reflejo del espacio público, ese territorio en extinción, deteriorado, desgastado, marchito, desmantelado. Y que es indiscutiblemente necesario para la sociedad, al igual que el transporte urbano. Con una intervención y planeación sustentable del transporte, éste puede



devolver la ciudad a los ciudadanos, y regenerar el espacio público.

En relación a la dualidad entre crecimiento urbano y transporte, cuando se crean accesibilidades, se está contribuyendo a la creación de nuevos asentamientos urbanos con distintos usos de suelo. Seguí y Petrus (1991).

Transporte público versus transporte privado

No se concibe una ciudad sin un transporte, ya sea colectivo o privado. La sociedad contemporánea, se ha vuelto dependiente del automóvil, un poco incentivada por la falta de políticas públicas de transporte público. Como lo señala Roxana Kreimer (2006) "el automóvil presupone ideales emblemáticos de la modernidad... autonomía, libertad, el progreso, la aceleración del tiempo y la reducción de distancias" (p. 15). Y nosotros agregamos, pero sobre todo a una degradación del transporte público, que se ve desalojado cada día más en las ciudades de cualquier tamaño.

En diversas ciudades de México, como el caso de Hixmiquilpan uno de los problemas es el incremento en el uso del automóvil particular o grado de motorización, la disminución del uso del transporte público y el incremento en el tiempo de desplazamiento y movilidad (Salazar, Lezama 2008)

Para el caso de Ixmiquilpan, un porcentaje elevado de autos particulares son las pik ups y Suv's, que son de uso cotidiano, que sirven no solo de modos de desplazamientos de personas si no además de mercancías. El transporte público principalmente es

El planificar un adecuado sistema de transporte público urbano, es pensar en la mayoría de los ciudadanos, principalmente en aquellos que son la fuerza de trabajo, en los que representan la mayor movilidad de viajes, en los de menor ingreso dentro de este sistema económico globalizado, pero si en la calidad de vida de todos los ciudadanos.

El no proponer alternativas al uso del automóvil particular, contribuye a una degradación del ambiente, a una segregación, aumento de tránsito, embotellamientos y aumento de horas perdidas en la vialidad repercuten en la calidad de vida de la población, produciendo el estrés, fatiga, que repercuten en la salud del ser humano.

El transporte y la movilidad en el Desarrollo sustentable.

Con la forma de desarrollo, en el último siglo se ha acelerado enormemente la degradación y segregación del espacio urbano y con ello se han agudizado los problemas tales como el acceso al equipamiento y los servicios urbanos, no solo desde el punto de vista de la proximidad, sino en el sentido más amplio de que existan las condiciones para que disfruten. Lina, (2011).

Por lo que se deben buscar alternativas de hacer ciudad más amigable con el ambiente, lo que contribuye a una mejor calidad de vida de sus habitantes. Si la ciudad hasta cierto punto se puede decir que es artificial (por ha sido cimentada por las manos del hombre), entonces debe estar construida para los fines que la sociedad necesite, hecha con arte, adaptándola a nuestro ambiente, Lych (po. cit. 2004)

Regresar a lo que caracterizo a la polis griega en la fase de su desarrollo, que era el hecho de que ningún elemento de su vida estaba lejos de su vista o de su espíritu, Mumford (op. Cit. 2002).

A este punto surge una pregunta, ¿cómo hacer esta ciudad con arte, vivible, amigable con el ambiente, cómo abatir los graves problemas que presentan las ciudades? Para dar respuesta a estas interrogante, se concibe la idea de un Desarrollo Sustentable DS que aparece en la década de los años 80 con el informe de Brundtland en 1987, como un producto de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD 1987) de la Organización de las Naciones Unidas ONU y se establece como el tipo de desarrollo que "satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades", ONU (2012). Está asentado en tres principios básicos, económicos, sociales y ambientales, los cuales busca al mismo tiempo equilibrar, pero aún así aparece muy ambigua y muy amplia esta concepción.

De acuerdo a Gil (Cortez, 2011), en el desarrollo sustentable hay una idea compleja del desarrollo de una sociedad. En la cual se incluye al individuo y su comunidad como actores de cambio. Un reto fundamental que impone el desarrollo sustentable y la transformación de las inequidades ambientales, sociales y urbanas está constituida por la actuación



local, ya que la suma de lo local nos llevará al todo global, (Sandia 2009).

Es indispensable actuar de manera local de manera y acciones específicas orientadas a un entorno sustentable. Un elemento esencial en las ciudades es el transporte, el cual deberá contribuir a la sustentabilidad del desarrollo, por lo que el enfoque actual debe ser un transporte urbano sustentable.

Pero ¿qué es este transporte? Cómo se concibe?

En el sector transporte mucho se habla de la sustentabilidad del mismo. Una de las definiciones sobre movilidad y transporte sustentable de la Comisión del grupo de expertos de transportes y desarrollo de la Comisión Europea (op. Cit. en Davico, Staricco 2006) es “Que sea económicamente accesible, funcione de manera eficiente, ofrezca diversos modos de transporte y sostenga una economía y desarrollo regional competitivo. Limite las emisiones y los desechos, utilice recursos renovables y minimice la ocupación del territorio y de contaminación atmosférica.”

En algunos países se han tomado medidas bastantes rígidas en lo que respecta al transporte, pero mientras en otros países en vía de desarrollo el grado de motorización es vivido todavía como un elemento de modernidad (Lanza, 1997), lo que lleva al olvido y pérdida del transporte público.

La idea entonces de lo sustentable en el transporte es que sea lo más amigable con el medio, que use energías alternativas, que se realicen el menor número de viajes y que los modos de transporte sean entonces colectivos con una adecuada tecnología, pero además que la operación del sistema se planifique con el enfoque de los sustentable. Implica “hablar de la eficiencia de los sistemas de transporte existentes, remitiéndose a los tópicos de la integración de los diferentes modos de transporte, así como a aspectos culturales de la población” (Lina et. al. 2011). Se considera sustentable si logra minimizar los impactos al ambiente, sociales y se desarrollan a bajos costos (Davico, 2006).

Conclusiones

El acelerado crecimiento de las urbes, y del continuum urbanizado, ha generado que los desplazamientos para satisfacer ciertas necesidades de la población sean cada vez más largos y de mayor tiempo, que la accesibilidad sea

diferente entre las distintas zonas de un mismo territorio llamado ciudad.

La ciudad actual, herencia del pasado, representa la pérdida del espacio público, y como reflejo de éste la poca intervención en el transporte público, el cual, en lugar de integrar las diferentes zonas de la ciudad las fragmenta.

El poco espacio para el transporte público, una desorganización, mala planeación de rutas y un obsoleto parque vehicular son rasgos del transporte actual en la ciudad fragmentada. Por lo que una concepción de un *sistema de transporte evolutivo* favorecería la integración de la ciudad y al deterioro del ambiente.

El flujo de la movilidad cotidiana de las personas y de mercancías, que se generan en cualquier ciudad, se desenvuelve en las vialidades, a través de los diferentes modos de transportes. De aquí la necesidad de planificar el transporte simultáneamente con los planes de urbanización, y que estos tengan la capacidad de evolucionar en relación al espacio que ocupan, además con respecto a la evolución de la demandad de la movilidad cotidiana, los aspectos que indicarían tal evolución se apoyaría en la transformación territorial, la densidad de la población, la expansión urbana, las políticas urbanas y la tecnología, de tal forma que la accesibilidad sería una respuesta física-espacial y social.

Esta concepción de la planeación del transporte es decisiva en el desarrollo urbano que coadyuvaría a una integración de la ciudad, y con lo cual se contribuye a detener el deterioro en el ambiente.

Fuentes de Consulta

1. Borsdorf, Axel. (2003) “Hacia la ciudad fragmentada. Tempranas estructuras segregadas en la ciudad latinoamericana”. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Universidad de Barcelona, [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(122\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(122).htm)
2. Castell, Manuel, Borja Jordi (1998). Local y global. La gestión de las ciudades en la era de la información. TAURUS. España.
3. CMMAD (1987), disponible en:
4. <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N87/184/67/IMG/N8718467.pdf?OpenElement> Consultada, el 10 de enero de 2012



5. Cortez, Y. H. et al. (2011) Desarrollo regional y urbano. México. Porrúa
6. Daniels P.W et. Warnes A.M. (1983). Movimiento en ciudades Transporte y Trafico Urbanos. (Traducción de Santiago Tellez), Madrid, España. (Original en Inglés 1980)
7. Garrocho, Carlos (2011) Pobreza urbana en asentamientos irregulares de ciudades mexicanas: la trampa de la localización periférica. En Cabrero Mendoza Enrique, (2011). Ciudades mexicanas un desafío.
8. Graizbord, Boris. (2009). Geografía del transporte en el área metropolitana de la Ciudad de México. Edi. El Colegio de México,
9. Hillier, Bill (2007). Space is the machine. Disponible en http://discovery-dev.ucl.ac.uk/3848/1/SpaceIsTheMachine_Part1.pdf. Recuperado el 8 de febrero de 2012
10. Islas Rivera, Víctor. (2000). "Llegando tarde al compromiso: la crisis del transporte en la ciudad de México". Edi. El Colegio de México.
11. Kumar Umar Amit (2006). The social logic of shopping. A Syntactic Approach to the analysis of spatial and positional trends of community centre markets in New Delhi. Recuperado el 10 de enero de 2012 de <http://eprints.ucl.ac.uk/2362/1/2362.pdf>
12. Lanza, Alessandro (2002) 3ra. Edición. "El desarrollo sostenible" Editorial ilMulino, Italia.
13. Lina Manjarrez Pedro, et al. (2011), "Transporte Urbano, Movilidad Cotidiana y Ambiente en el Modelo de Ciudad Sostenible. Bases conceptuales". Plaza y Valdez. México
14. Mumford Lewis, (2002). La città nell'istoria, dal santuario alla polis. Editorial Tascabili Bompiani. Italia. (Original en inglés 1961, traducción al italiano de Ettore Capriolo)
15. Riganti, Paolo (2003). "Transformazione urbana e mobilità", Edi. Franco Angeli, Italia Pp.15-16 Roxana Kreimer, Roxana (2006). La tiranía del automóvil. Edi
16. Salazar Clara Eugenia, Lezama José Luis, (2008). Construir ciudad. Mexico, El colegio de México.
17. Sandía, Rondón Luis Alfonso (2009). El ambiente y el desarrollo sustentable en la ciudad latinoamericana Investigación y desarrollo: revista del Centro de Investigaciones en Desarrollo Humano, ISSN 0121-3261, Vol. 17, N° 2, 2009, págs. 268-287. Venezuela.
18. Seguí, Pons Joana, y Petrus, Bey Joana. (1991). Geografía de redes y sistemas de transporte. Ed. Síntesis S.A.



Inventario de emisiones de GEI 1990-2025 del estado de Tamaulipas

Calderón Zúñiga, H.¹, Casas González, S.², Cavazos Lliteras, H.³, Treviño Garza, S.⁴

¹ Jefe del Departamento de Cambio Climático e Información Ambiental de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas. Email: ing.humbertocalderon@hotmail.com

² Directora de Transversalidad Ambiental y Cambio Climático de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas. Email: silvia.casas757@gmail.com

³ Subsecretario de Medio Ambiente de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas. Email: heberto.cavazos@tamaulipas.gob.mx

⁴ Titular de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas. Email: seduma@tamaulipas.gob.mx

Resumen

El presente diagnóstico de las emisiones de gases de efecto invernadero es un instrumento base para la planeación y desarrollo de políticas públicas en materia de cambio climático a nivel estatal. Se aplicó la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático del 2006 para el periodo de 1990-2005 y con proyecciones al año 2025. En Tamaulipas, las actividades productivas emitieron aproximadamente 24.8 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en el 2005. Esto representó un aumento del 43% tomando como base a las emisiones de 1990, mientras que en México el incremento de las emisiones en el mismo lapso fue solamente del 31%. El crecimiento en las emisiones en Tamaulipas de 1990 al 2005 se relaciona principalmente con el aumento del uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y en el uso del transporte. En el 2005, el sector energético representó el 88% de las emisiones totales en Tamaulipas y en México el 63%. Las emisiones per cápita en Tamaulipas en el año 1995 eran de aproximadamente 5.6 tCO₂e, ligeramente por debajo de la media nacional de 6.0 tCO₂e. Para el año 2005 las emisiones per cápita en Tamaulipas habían aumentado a 8.2 tCO₂e mientras que en México la media solamente se incrementó a 6.4 tCO₂e. En cuanto a las proyecciones para el año 2025, en Tamaulipas se espera que lleguen a 34.2 MtCO₂e. Esto representará un aumento del 97% en las emisiones de gases de efecto invernadero por encima de los niveles de 1990.

Palabras clave: gases de efecto invernadero, Tamaulipas, cambio climático, dióxido de carbono.

Introducción

La temperatura de un cuerpo es influenciada por su distancia a la fuente de radiación y por su capacidad de absorber radiación; a mayor distancia se recibe menos radiación y un cuerpo más oscuro absorbe más radiación. “La temperatura efectiva es el resultado neto del balance entre la radiación solar (de onda corta) absorbida por la Tierra y la emitida (en onda larga) por ella misma” (INE, 2005).

Los valores concretos del albedo planetario y de la distancia del planeta al Sol determinan para la Tierra una temperatura efectiva de -18°C, un valor muy diferente de la temperatura que realmente tiene la superficie del planeta, cuyo valor promedio anual y global es de +15°C (33°C más arriba). Esta gran diferencia entre la temperatura efectiva y la real se debe al efecto invernadero, que se da en cualquier planeta o satélite natural que tenga atmósfera (INE, 2005; Rivera, 1999; Suplee, 1998; Cosgrove, 1994 y Voituriez, 1994).

A este fenómeno de dejar entrar radiación solar y bloquear la terrestre generada en su interior se le conoce como efecto invernadero debido a su similitud con la de las instalaciones construidas para cultivar plantas en un ambiente más cálido que el exterior. Como piezas importantes en este fenómeno, podemos también asemejar el techo de un invernadero con la atmósfera del planeta (INE, 2005).

La atmósfera está formada por partículas sólidas y líquidas formando una mezcla de gases y de aerosoles. El 21% de la atmósfera está compuesta de oxígeno (O₂) y el 78% de nitrógeno (N₂). El 1%



restante de la composición de la atmósfera corresponde a los gases de efecto invernadero (GEI) o termoactivos, y entre los más importantes se encuentran el vapor de agua (H_2O) y el dióxido de carbono (CO_2). Los demás son el metano (CH_4), los óxidos nitrosos (NO_x), y los clorofluorocarbonos (CFC) entre otros y también son conocidos como gases traza por su presencia mínima en la atmósfera. Contrario a los (GEI) están los aerosoles, que reflejan la radiación solar y reducen la cantidad de ella que llega a la superficie. (INE, 2005).

“La Tierra absorbe radiación solar (radiación de onda corta), principalmente en la superficie, y la redistribuye por circulaciones atmosféricas y oceánicas para intentar compensar los contrastes térmicos, principalmente del ecuador a los polos. La energía recibida es re-emitada al espacio (radiación de onda larga) para mantener en el largo plazo, un balance entre energía recibida y re-emitada. Cualquier proceso que altere tal balance, ya sea por cambios en la radiación recibida o re-emitada, o en su distribución en la Tierra, se reflejará como cambios en el clima. A tales cambios en la disponibilidad de energía radiativa se les conoce como forzamientos radiativos. Cuando éstos son positivos tienden a calentar la superficie de la Tierra. Un enfriamiento se producirá si el forzamiento radiativo es negativo” (INE, 2005).

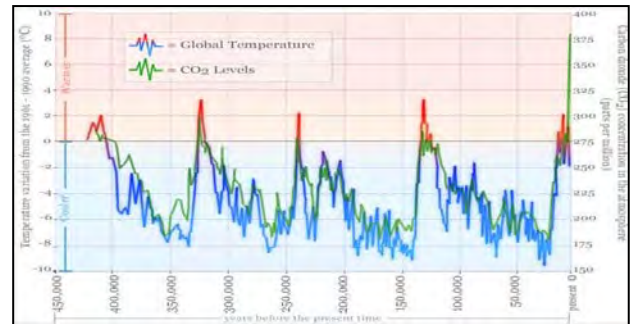
El comportamiento radiacional de los GEI se calcula con la teoría cuántica y se observa experimentalmente en el laboratorio, pero también lo demuestra la historia del clima (Voituriez 1994). En la figura 1 se muestra los de temperatura y de contenido de CO_2 en la atmósfera, a lo largo de 420 mil años. Se observa un claro paralelismo entre estas dos variables: suben y bajan juntas (IPCC 2001; Steffen, 2000). No obstante, la situación actual rompe esta secuencia: en el pasado, los dos registros han tenido cuatro oscilaciones, con periodo de unos cien mil años, y oscilan dentro de los mismos límites superiores e inferiores. Este comportamiento representa un sistema bio-geo-físico-químico complejo y autocontrolado, es el metabolismo natural de la biosfera terrestre, del cual el efecto invernadero es sólo un componente.

Durante varios siglos previos a la industrialización, el CO_2 tuvo una concentración casi constante en la atmósfera, con 280 partes por millón en volumen (ppmv), y a esta cantidad se le llama, en consecuencia, nivel preindustrial. A partir de mediados del siglo XIX, esta concentración ha aumentado significativamente alcanzando valores

sin precedentes (IPCC, 2001). Gran duda y preocupación significan las consecuencias que esta violenta perturbación antropogénea del CO_2 pueda tener en el equilibrio de los sistemas naturales, como el clima a largo plazo (INE, 2005; Steffen 2000).

El cambio climático, inducido por el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, constituye junto con la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, el problema ambiental más trascendente de los últimos años y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad.

Figura 1. Temperaturas globales de los últimos 420 mil años y las concentraciones del dióxido de carbono en el mismo periodo (NOAA).



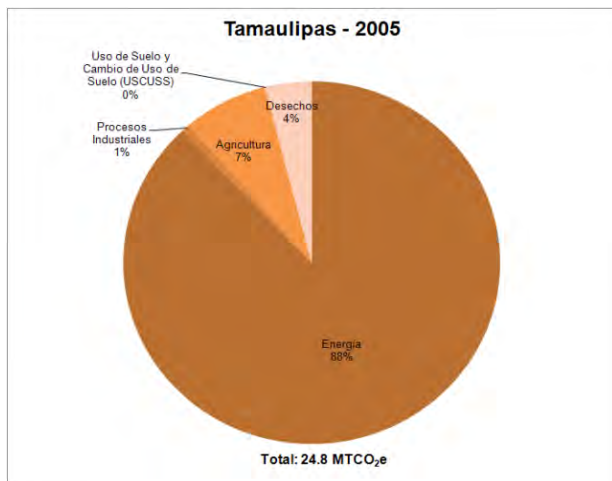
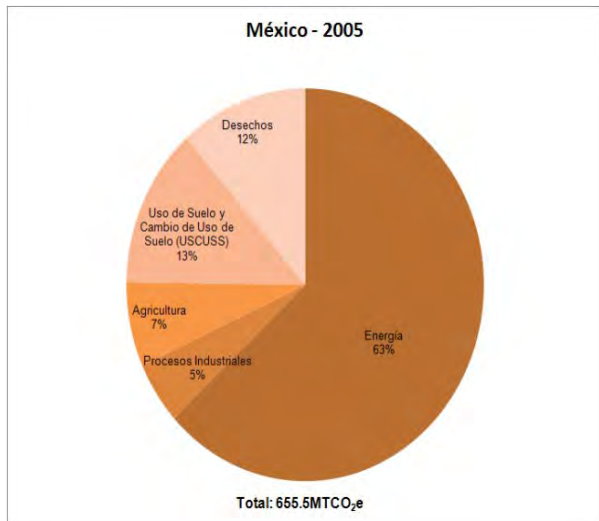
El aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) reducen la eficiencia con la cual la Tierra re-emite la energía recibida al espacio. Parte de la radiación saliente de onda larga emitida por la Tierra al espacio es re-emitada a la superficie por la presencia de esos gases. Aún si las emisiones de estos gases se estabilizan, los efectos del calentamiento perdurarán mucho tiempo, pues los gases de este tipo tienden a permanecer por muchos años en la atmósfera (INE, 2005).

Cuando se cambia el forzante radiativo, naturalmente o por actividad humana, el sistema climático responde en varias escalas de espacio y tiempo. Cambios significativos en el balance radiativo de la Tierra, incluyendo aquellos debidos al aumento en la concentración de los GEI, alterarán la circulación del mar y la atmósfera y, consecuentemente, el ciclo hidrológico, lo que se manifestará como cambios en la precipitación y la temperatura en superficie (INE, 2005).



La concentración máxima de CO₂ alcanzada cinco veces en este periodo geológico es de 280 ppmv, nunca se sobrepasó y ahora hay 393 ppmv (Pro Oxygen, 2012), un valor insólito que se sale del cuadro que contiene los registros, además se han alcanzado con una rapidez también insólita, en cosa de un siglo, siendo que los cambios previos de ese tamaño necesitaron decenas de milenios para darse. (Steffen, 2000).

Figura 2. Emisiones de gases de efecto invernadero en México y Tamaulipas del año 2005 (COCEF, 2010).



En 1997 se aprobó el texto del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), mediante el cual se controlarán las emisiones de seis (GEI). El Protocolo de Kioto es un Tratado Internacional para mitigar las emisiones de gases de efecto

invernadero a nivel global. Esta estrategia no ha reflejado los resultados esperados debido a que las emisiones reducidas por los países considerados como no Anexo I, son emitidas por los países Anexo I bajo un costo económico el cual no es representativo al daño que se le ocasiona al planeta.

Por estos motivos, el Gobierno Federal en México desarrolló la Estrategia Nacional contra el Cambio Climático apoyada por los Gobiernos Estatales en el que se han estado desarrollando Planes de Acción Climática en el que se incluye a Tamaulipas. Como primer diagnóstico en el estado de Tamaulipas, se elaboró el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo de 1990-2005 con proyecciones al año 2025.

En México, las actividades productivas emitieron aproximadamente 655.5 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en el 2005 como se muestra en la figura 2. Esto representó un aumento del 31% tomando como base a las emisiones de 1990, mientras que en Tamaulipas el incremento de las emisiones en el mismo lapso fue del 43%.

Con esto nos damos cuenta que las emisiones de GEI del estado de Tamaulipas están incrementándose a una razón mucho mayor que las emisiones de la nación. Por lo anterior es de suma importancia implementar elaborar un Programa Estatal de Acción Climática que cuente con políticas públicas de reducción de emisiones de GEI y con esto contribuir al combate del cambio climático global.

Metodología

Para la elaboración del Inventario de Emisiones de GEI de Tamaulipas, se aplicaron las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de 2006, mismas en las que se brindan metodologías acordadas internacionalmente para que utilicen los países, con el objeto de estimar los inventarios de gases de efecto invernadero e informarlos a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). También se hizo uso de algunas aportaciones de la metodología de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y del Centro Mario Molina.

Los inventarios se basan en algunos conceptos clave para los cuales existe un consenso común. Esto ayuda a garantizar que sean comparables entre los diferentes países, que no contengan



cómputos dobles ni omisiones, y que las series temporales reflejen los cambios reales producidos en las emisiones. La metodología del IPCC del 2006, divide las categorías en 5: la primera categoría comprende la generación y uso de energía y se conforma de los subsectores de: suministro de electricidad, uso de combustibles fósiles la residencia, comercio e industria, industria de los combustibles fósiles y el subsector transporte; y la segunda categoría comprende los procesos industriales, la tercera el sector agropecuario, la cuarta los desechos y la quinta la silvicultura y el uso de suelo.

Los GEI incluidos en este inventario de emisiones incluyen el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) en la fuente de combustión; emisiones derivadas de la exploración, extracción, refinamiento y transporte de combustibles fósiles, así como las emisiones de gases de alto potencial de calentamiento global como el hexafluoruro de azufre (SF_6) e hidrofluorocarbonos (HFC); emisiones que resultan de la electricidad exportada por productores de energía; emisiones provenientes de la generación de electricidad debido a la combustión de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón) en plantas termoeléctricas, para la generación de electricidad; emisiones de CO_2 , CH_4 , y N_2O al quemar combustible en calefacciones domésticas, calentadores de agua, procesos industriales, cocinas, y en otras aplicaciones energéticas; toda fuente de combustión estacionaria.

Las emisiones no procedentes de la combustión; emisiones relacionadas con el consumo energético en la agricultura y el gas natural que se usa como combustible para operaciones de extracción y como combustible en plantas de procesamiento; emisiones relacionadas con el uso de combustible en tuberías de transmisión; emisiones fugitivas relacionadas con la producción, procesamiento, transmisión, y distribución de petróleo y gas, así como las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de las minas de carbón. También es importante incluir las emisiones relacionadas con el uso del transporte carretero, embarcaciones marítimas, motores ferroviarios y aviación. Los combustibles fósiles que queman estas fuentes producen CO_2 , además de pequeñas cantidades CH_4 y N_2O .

Resultados

Los GEI incluidos en este inventario de emisiones del sector de "suministro de electricidad" incluyen el

CO_2 , CH_4 y N_2O . Las emisiones para este sector son estimadas en la fuente de combustión.

Las emisiones derivadas de la exploración, extracción, refinamiento y transporte de combustibles fósiles se incluyen en el sector de "Industria de Combustibles Fósiles". También las emisiones de gases de alto potencial de calentamiento global como el hexafluoruro de azufre e hidrofluorocarbonos emitidos por los generadores de electricidad son capturadas dentro del sector de "Procesos Industriales".

El inventario con base en la producción incluye emisiones que resultan de la electricidad exportada por productores de energía, mientras que el inventario con base en el consumo incluye emisiones provenientes de la electricidad importada y excluye las emisiones de la electricidad exportada.

Las emisiones de GEI se generan debido a la combustión de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón) en plantas termoeléctricas, para la generación de electricidad. Sin embargo, no toda la electricidad proviene de la combustión de combustibles fósiles; las plantas de energía renovable (geotérmicas, solares, hidroeléctricas, etc.) suplen de electricidad a la red sin generar GEI. Para realizar un perfil completo de la industria energética, se necesitará también datos sobre la generación bruta de electricidad por cada tipo de combustible fósil o fuente de energía renovable.

Las actividades en los subsectores de "Consumo de Combustibles Fósiles en la Residencial, Comercio e Industria", sector RCI, producen emisiones de CO_2 , CH_4 , y N_2O al quemar combustible en calefacciones domésticas, calentadores de agua, procesos industriales, cocinas, y en otras aplicaciones energéticas. En este sector se contempla la quema de combustible solo para estos subsectores. Es importante subrayar que esta categoría incluye toda fuente de combustión estacionaria que no ha sido reportada en el sector eléctrico, por ejemplo la combustión de gas natural en la agroindustria.

Las emisiones no procedentes de la combustión relacionadas con la actividad residencial, comercial e industrial pueden encontrarse en los sectores "Agropecuario", "Desechos", "Procesos Industriales" y "Silvicultura".

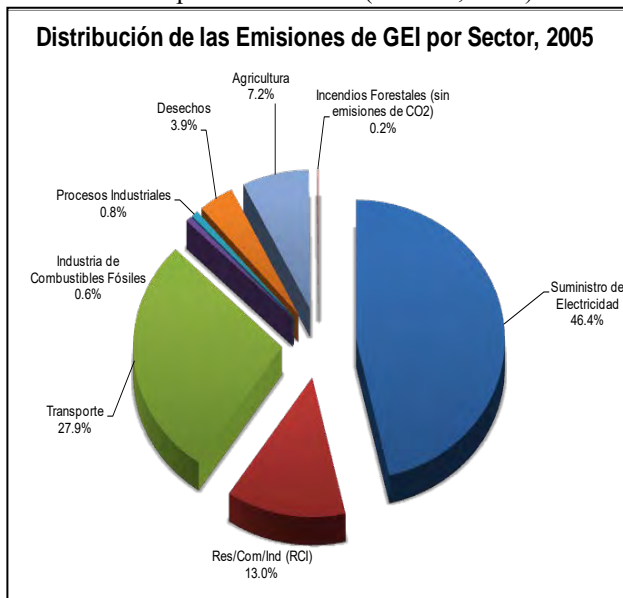
El sector de "Procesos Industriales" incluye las emisiones relacionadas con el consumo energético en la agricultura y el gas natural que se usa como



combustible para operaciones de extracción y como combustible en plantas de procesamiento.

Las emisiones relacionadas con el uso de combustible en tuberías de transmisión se incluyen el sector de “Industrias de Combustibles Fósiles”. En este sector se incluyen las emisiones fugitivas relacionadas con la producción, procesamiento, transmisión, y distribución de petróleo y gas, así como las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de las minas de carbón.

Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero de Tamaulipas del año 2005 (COCEF, 2010).



El sector “Transporte” contiene las emisiones relacionadas con cada una de las siguientes fuentes: transporte carretero, embarcaciones marítimas, motores ferroviarios y aviación. Los combustibles fósiles que queman estas fuentes producen CO_2 , además de pequeñas cantidades CH_4 y N_2O .

Las emisiones de GEI estimadas por sector para el periodo de 1990 al 2005 y con proyecciones al año 2025 se muestran en la tabla 1.

Revisando la distribución de las emisiones para el año 2005, se tiene que el suministro de electricidad representa el sector con mayor número de emisiones con aproximadamente el 46% de las totales y la categoría de energía que incluye los sectores suministro de electricidad, la quema de combustibles fósiles en la residencia, comercio e

industria, el transporte y la industria de combustibles fósiles, superan el 88% de las emisiones totales del estado de Tamaulipas para el año 2005 (Figura 3).

Discusión

El crecimiento en las emisiones 1990 al 2005 se relaciona principalmente con el aumento del uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica y en el uso del transporte. En el 2005, el sector energético representó el 88% de las emisiones totales en Tamaulipas, mientras que en México el 63%. En 2005, las emisiones relacionadas con el suministro de energía eléctrica representaron el 30% de las emisiones del estado de Tamaulipas (5.7 MTCO_2e).

En 2007, las siete plantas de ciclo combinado generaron el 96% de la electricidad del estado usando gas natural. Según las prospectivas de la Secretaría de Energía, se espera que el gas natural permanezca como la fuente dominante de combustible para el sector eléctrico en Tamaulipas, representando de esta manera el 99% de las emisiones para el 2025 (9.5 MTCO_2e), un incremento del 67% sobre las emisiones del 2005.

El sector de transporte presentó un incremento del 98% durante el periodo de 1990 al 2005, alcanzando las 6.9 MTCO_2e en el 2005. Las emisiones más representativas de GEI fueron aquellas relacionadas con la combustión de la gasolina y del diesel representando de esta manera el 94% de las emisiones totales del transporte en el 2005.

Se espera que para el año 2025, las emisiones provenientes del sector transporte sean aproximadamente 11.7 MTCO_2e representando un 235% de incremento con relación a las de 1990.

Las emisiones per cápita en Tamaulipas en el año 1995 eran de aproximadamente 5.6 tCO_2e , ligeramente por debajo de la media nacional de 6.0 tCO_2e . Para el año 2005 las emisiones per cápita en Tamaulipas habían aumentado a 8.2 tCO_2e mientras que en México la media solamente se incrementó a 6.4 tCO_2e .

En cuanto a las proyecciones para el año 2025, en Tamaulipas se espera que lleguen a 34.2 MtCO_2e . Esto representará un aumento del 97% en las emisiones de gases de efecto invernadero por encima de los niveles de 1990 (COCEF, 2010).



Agradecimientos

Agradecemos el apoyo que nos brindó la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) con el financiamiento para la elaboración de éste diagnóstico, así como al Centro de Estrategias del Clima por su valioso recurso técnico. También agradecer al Instituto Nacional de Ecología por todo el tiempo y apoyo que nos brindó para la revisión del inventario.

Fuentes de Consulta

1. COCEF, 2010. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2005 y Proyecciones al año 2025.
2. Cosgrove, B. 1994. La atmósfera y el tiempo. México: Biblioteca Visual Altea.
3. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
4. Eden, P. y C. Twist. 1997. Tempo y clima. México: Publicaciones Citem-CNCA.
5. Hardy, R., P. Wright, J. Gribbin y J. Kington. 1986. El libro del clima, Vol. III. Barcelona: Ediciones Orbis, S. A.
6. Huacuja, M., El Cambio Climático. "El Día que me Cambió el Clima". México, 2006.
7. INE-SEMARNAT, 2006. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología, México.
8. INE, 2005. Cambio Climático: Una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.
9. IPCC, (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volumes 1, 2 and 3. Houghton, J.T., MeiraFilho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
10. IPCC, 2001. Cambio Climático 2001: Informe de Síntesis. Tercer Reporte de Evaluación. Contribución de los Grupos de Trabajo al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, Ginebra, Suiza.
11. IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y A. Reisinger (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza.
12. Magaña, V. et al., "Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México". INE, SEMARNAT, 2004.
13. Magaña, V., Gay C. "Vulnerabilidad y Adaptación Regional ante el Cambio Climático y sus Impactos Ambienta, Social y Económicos". Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.
14. Ordoñez, J. "Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán" INE-SEMARNAP, México, 1999.
15. Osnaya, P. "Avances de México en materia de cambio climático 2001-2002" INE-SEMARNAT, México, 2003.
16. Osnaya, P. "Cambio climático: una visión desde México" INE-SEMARNAT, México, 2004.
17. Philander, S., Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. PrincentonUniversity. Vol. 1-3. 2008.
18. Pro Oxygen, 2007. CO2Now.org (03/Febrero/2012).
19. SEMARNAP. México ante el Cambio Climático. México 1998.
20. SEMARNAP. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. México 1997.
21. SEMARNAT. Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones. México. 2009.
22. SEMARNAT. Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y propuestas. México 2009.
23. SEMARNAT. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. México 2009.
24. SEMARNAT. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. México 2001.
25. SEMARNAT. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. México 2006.
26. SENER, 2008. Prospectiva del Sector Eléctrico 2008 – 2017. Secretaría de Energía, México.
27. SENER, 2007. Balance Nacional de Energía 2006. Secretaría de Energía, México.



28. Steffen, W. 2000. An integrated approach to understanding Earth's metabolism. IGBP Newsletter 41: 9-16.
29. Suplee, C. 1998. Desentrañando el enigma del clima. National Geographic 2 (5): 38-70.
30. Uribe, J. y Martínez, J., Más allá del Cambio Climático. "Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global." México, 2006.
31. Voiturez, B. 1994. La atmósfera y el clima- Barcelona: Colección Conocer la Ciencia. RBA Editores

Anexo

Tabla 1. Emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Tamaulipas para el periodo 1990-2005 y con proyecciones al año 2025 (COCEF, 2010).

¹ Emisiones (MtCO ₂ e) / Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Suministro de Energía Eléctrica	3.54	4.19	6.53	11.52	13.41	15.51	14.98	14.98
² RCI	7.10	2.73	5.16	3.23	3.16	3.10	3.14	3.25
Transporte	3.9	4.3	5.94	6.92	8.21	9.55	10.61	11.69
Industria de combustibles fósiles	0.03	0.03	0.07	0.16	0.41	0.45	0.39	0.35
Procesos Industriales	0.09	0.10	0.16	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27
Residuos	0.68	0.77	0.85	0.96	1.06	1.13	1.19	1.25
Agropecuario	2.36	2.10	1.86	1.80	1.89	2.01	2.17	2.36
Silvicultura y Uso de Suelo	-2.47	-2.20	-2.29	-2.23	-2.28	-2.28	-2.28	-2.28
Total de Emisiones Netas	14.76	11.95	18.20	22.46	25.97	29.59	30.34	31.74
Total de Emisiones Brutas	17.33	14.26	20.60	24.82	28.39	32.01	32.78	34.18

¹MtCO₂e = Millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

²RCI = Uso de combustibles fósiles en el sector residencial, comercial e industrial.



Escenarios de movilidad sustentable para disminuir el consumo de energía y mitigar las emisiones de GC y GEI en la ZMVM

Carlos Chávez-Baeza¹ y Claudia Sheinbaum-Pardo²

¹ Programa de Energía, Universidad Autónoma de la Ciudad de México

² Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

Este estudio analiza escenarios de movilidad sustentable para disminuir el consumo de energía y mitigar las emisiones de gases contaminantes y gases de efecto invernadero en el transporte de pasajeros de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), mediante el modelo MOVEE. Este modelo fue desarrollado para estimar la tendencia histórica de la demanda de energía, los contaminantes del aire y las emisiones de GEI durante 1990-2008, así como estimar escenarios futuros al 2028.

En los escenarios de movilidad sustentable se propone elevar el rendimiento de combustible promedio de la flota de vehículos particulares mediante: 1) la introducción de vehículos híbridos eléctricos (VHE) y 2) limitar la importación de vehículos usados (autos chocolate).

En relación con el escenario Base, los escenarios de movilidad sustentable en conjunto alcanzan en el 2028 una reducción de 24,6% en el consumo de energía para el transporte de personas en la ZMVM, equivalente a un ahorro anual de 3 247 millones de litros de gasolina (17% de las importaciones nacionales de gasolina de 2009) y más de 4 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

Asimismo, a partir del 2020 se logra estabilizar el consumo de energía y de las emisiones de GEI, a pesar del continuo crecimiento de la flota vehicular. Palabras clave: Energía y GEI, Sector transporte, Zona Metropolitana del Valle de México.

Introducción

Panorama mundial

Un análisis del *World Energy Council* (WEC, 2011) sobre el panorama mundial del sector de transporte señala que en las próximas cuatro décadas (2010 hasta 2050) enfrentará grandes desafíos

relacionados con la demografía, la urbanización, la presión para reducir al mínimo las emisiones de los centros urbanos, la congestión de las infraestructuras deterioradas del transporte y el crecimiento de la demanda de combustible.

En el 2050, consideran que sólo este sector podría consumir más de un tercio de los suministros mundiales de energía (incluyendo más de la mitad de todo el petróleo producido).

En respuesta a estos desafíos se promueven nuevas normas de rendimiento de combustible, aumento de precios del combustible y el endurecimiento de los controles de emisiones.

A largo plazo, la *Energy Information Administration* (EIA, 2008b) considera que los fabricantes automotrices pueden lograr una reducción potencial de 28% a 33% aproximadamente para los motores convencionales de combustión interna, 41% -45% para los autos híbridos, y 54% -55% para los vehículos eléctricos enchufables.

Adicionalmente, el rendimiento vehicular se podría incrementar a través de mejoras en la: aerodinámica, resistencia de rodamiento de los neumáticos, iluminación, sistemas de acondicionamiento de aire y la optimización de la carrocería del vehículo con materiales compuestos.

Caso México y la ZMVM

En términos de energía y a partir de los 90's, el transporte en México se convirtió en el principal sector consumidor, con casi el 50% del total, siendo el único sector que presenta un crecimiento sostenido en el consumo energético final, al pasar de 1 527 PJ en 1998 a 2 433 PJ en 2008; es decir, un crecimiento de 59% en los últimos 10 años (SIE-SENER, 2011).



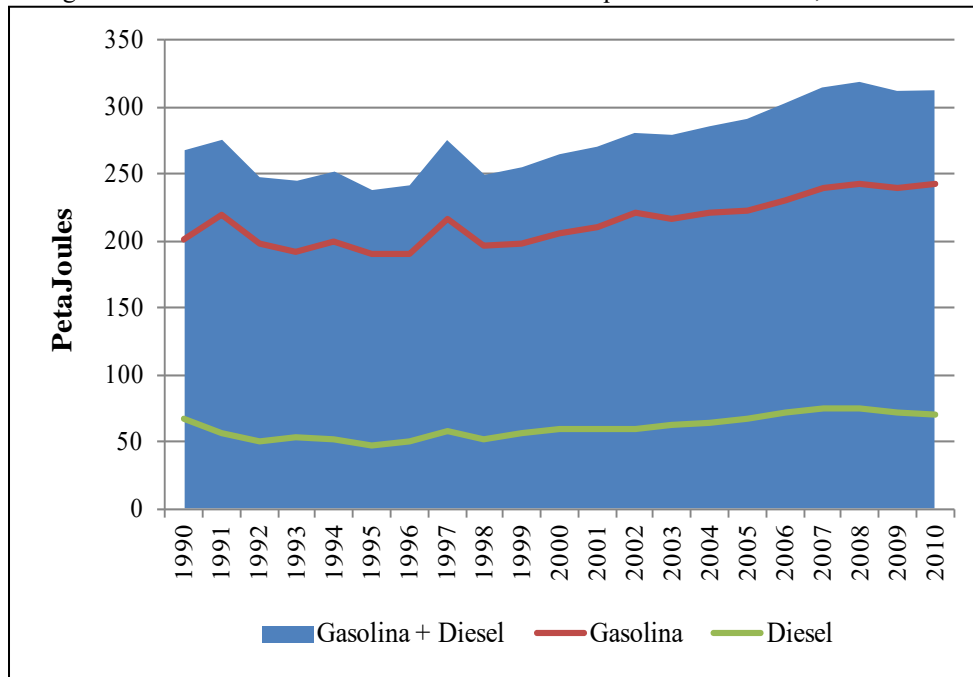
En el caso de la ZMVM, la energía destinada al sector transporte, y en específico el subsector automotor, alcanzó los 344 PJ durante 2008; es decir, 60% del consumo final y 10% más que la registrada a nivel nacional (SMA-GDF, 2010b), donde el empleo de combustibles fósiles en los vehículos automotores lo constituyen en la fuente antropogénica individual más importante en la generación de GEI.

En el transporte los combustibles más utilizados son: 73,8% de gasolina (Magna y Premium) y 22,8% de Diesel, que en conjunto representan el 96,6% (Figura 1), el restante 3,4% lo constituyen el GLP y GCN.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI (INE, 2006), México ocupa el lugar 12 a nivel mundial en las emisiones de CO₂ por la quema de combustibles fósiles, de una lista de 55 países que concentra el 95% de las emisiones globales de CO₂.

Durante el periodo de 2002 a 2008, México ha incrementado 16% sus emisiones de CO₂ por la quema de combustibles fósiles con una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 2,5%, mientras que países industrializados como Estados Unidos, Japón, Alemania e Italia registran una TMCA casi nula de 0,1%; aunque también hay países que presentan una TMCA más elevada: China 11%, Indonesia, India y Arabia Saudita 7%, Irán 6% y Brasil 4% (US-EIA, 2011).

Figura 1. Evolución del consumo de combustibles líquidos en la ZMVM, 1990-2010.



Nota: Cifras del Sistema Información Energética, SENER (SIE-SENER, 2011)

Por otra parte, las emisiones de GEI no son los únicos gases que genera el transporte, también produce una serie de gases contaminantes que están vinculados con múltiples problemas para la salud humana y para el medio ambiente.

Metodología

Los escenarios del consumo energético y las emisiones de gases contaminantes y GEI generadas por los vehículos de pasajeros que circulan en la Zona Metropolitana del Valle de

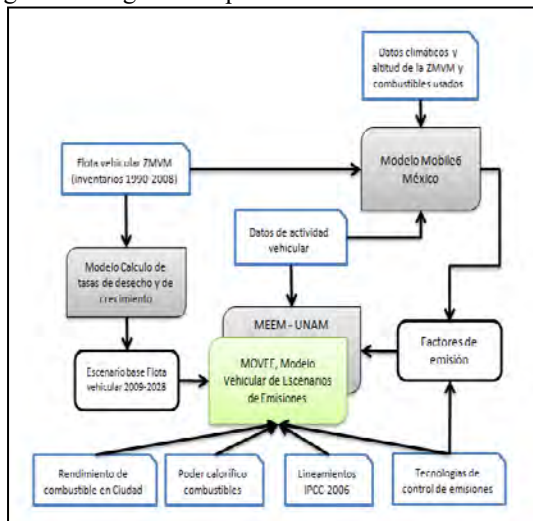
México, se realiza mediante un modelo de abajo hacia arriba llamado Modelo Vehicular de Escenarios de Emisiones (MOVEE), el cual utiliza como plataforma el Modelo de Energía y Emisiones para México (MEEM) desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Sheinbaum et al., 2000), así como diferentes fuentes de información y publicaciones relacionadas con las emisiones de gases contaminantes y de GEI del sector transporte (Figura 2).



Mediante el modelo MOVEE se obtienen los escenarios de los siguientes productos:

- Emisiones de contaminantes Criterio:
 - ✓ Material Particulado (PM₁₀ y PM_{2,5})
 - ✓ Bióxido de Azufre (SO₂)
 - ✓ Monóxido de Carbono (CO)
 - ✓ Óxidos de nitrógeno (NOx)
 - ✓ Compuestos Orgánicos Totales (COT)
 - ✓ Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
 - ✓ Amoníaco (NH₃)
- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI):
 - ✓ Metano (CH₄)
 - ✓ Óxido nítrico (N₂O)
 - ✓ Bióxido de carbono (CO₂)
- Consumo energético

Figura 2. Diagrama esquemático del modelo MOVEE.



a) Zona de estudio

El Distrito Federal, llamado también Ciudad de México, es la capital de México y considerada como una de las metrópolis más grandes del mundo. Al paso del tiempo la mancha urbana de la Ciudad de México se fue expandiendo a las zonas conurbadas del Estado de México.

En 1990, el INEGI consideró que la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) incluye a las 16 delegaciones del Distrito Federal y 27 municipios conurbados del Estado de México (Sheinbaum, 2008).

En 2006, la ZMCM se convierte en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y comprende a las 16 delegaciones del Distrito Federal más 59 municipios del Estado de México.

La ZMVM tiene una superficie de 7 732 km², el Distrito Federal ocupa el 19% y el Estado de México el 81% (SMA-GDF, 2010b).

b) Flota vehicular

En el año 2008, la flota vehicular del transporte de pasajeros de la ZMVM estaba compuesta por más de 4,2 millones de vehículos, 68% registrados en el Distrito Federal y 32% en el Estado de México (Tabla 1). En la Figura 3 se muestra la distribución de la flota vehicular de la ZMVM por tipo de vehículo y en la Figura 4 por tipo de combustible.

Figura 3. Distribución de la Flota vehicular de la ZMVM por tipo de vehículo

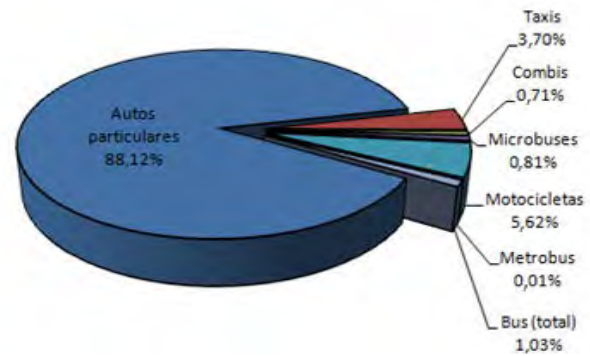
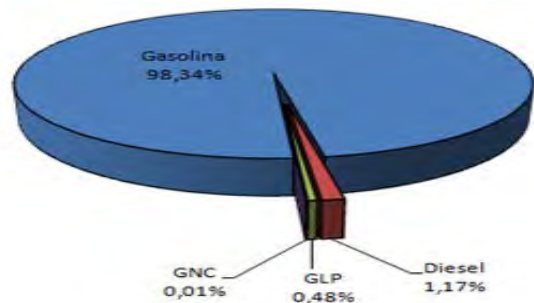


Figura 4. Distribución de la Flota vehicular de la ZMVM por tipo de combustible.





c) Actividad Vehicular

La evaluación de la actividad vehicular considera dos factores: la actividad diaria y el tipo de holograma que muestra el vehículo (doble cero, cero y dos), debido al programa ambiental para mejorar la calidad del aire de la Ciudad de México: Hoy No Circula (también conocido como un día sin auto).

Los vehículos con holograma 2 (vehículos con más de 8 años de antigüedad) dejan de circular un día a la semana más un sábado al mes, lo que representa un máximo de 299 días en circulación al año, y los hologramas cero y doble cero circulan los 365 días del año.

El Programa Hoy No Circula aplica a los vehículos particulares y vehículos para el Servicio Público de Pasajeros (taxis, microbuses y camiones del Distrito Federal y del Estado de México), con excepción de los autobuses, motocicletas y Metrobús.

d) Factores de emisión

Los factores de emisión para los contaminantes del aire son obtenidos mediante el modelo Mobile6-Mexico. Las corridas del modelo se realizan por separado para el Distrito Federal y para el Estado de México, variando las fracciones de participación de la flota por tipo de vehículo y año-modelo y las fracciones de los kilómetros recorridos por tipo de vehículo y año-modelo.

Los datos generales requeridos por el Mobile6-Mexico para la ZMVM se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos generales de la ZMVM, requeridos por el Mobile6-Mexico

Parámetro	Datos proporcionados
Altitud	2 (alta)
Año calendario a evaluar	2008
Velocidad promedio (km/h)**	24,1
Temperatura ambiente (°C)*	24,9
RVP de gasolina Psi ⁺	7,5
Temperatura máxima (°C)*	31,9
Temperatura mínima (°C)*	12,8
%S Gasolina ⁺	0,036
%S Diesel ⁺	0,028

Los factores de emisión para el metano (CH₄) y para óxido nitroso (N₂O) están vinculados a las distintas tecnologías de reducción de la contaminación (Tabla 3) y son obtenidos de las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006b).

Los cálculos incluyen los factores de emisión durante la fase de calentamiento de los vehículos (IPCC, 2006a).

e) Patrones de arranque del vehículo

Entre 10% y 30% de las emisiones de vehículos provienen del arranque de los vehículos en los Estados Unidos (Lents et al., 2004).

Estudios realizados en zonas urbanas indican que el número de arranques en vehículos de pasajeros varía entre 6 a 10 veces por día (Nicole et al., 2004).

En la Ciudad de Hangzhou, China, se ha encontrado que el número de arranques diarios son de 7,1; 5,5 y 3,2 para vehículos particulares, camiones y taxis, respectivamente (Hui Guo et al., 2004).

En un estudio de la Ciudad de México, revela que los vehículos particulares arrancan 5,6 veces por día (Nicole et al., 2004).

En el caso de los taxis y combis se considera conservadoramente 2,5 arranques por día, microbuses 4,3; autobuses 2 y motocicletas 2.

El número de arranques por año depende del número de días que circula cada tipo de vehículo, según el programa "Hoy No Circula".

Bajo estas consideraciones, las emisiones por arranques en frío de la flota vehicular de la ZMVM durante 2008 representaron 20% de las emisiones de CH₄ y 51% de las emisiones de N₂O.

f) Rendimiento de combustible

En un estudio anterior (Sheinbaum et al., 2011) fueron determinados los valores históricos de los rendimientos de combustible para la flota vehicular de México (periodo 1988-2008). Estos valores fueron ajustados para el transporte de pasajeros de la ZMVM, considerando los rendimientos de combustible específicos para ciudad y las ventas de vehículos realizadas en el Distrito Federal y en los municipios conurbados del Estado de México (Tabla 4).



Tabla 1. Transporte de pasajeros por uso modal, tipo de combustible y región, ZMVM-2008

Uso modal	Número de vehículos por tipo de combustible, ZMVM					No. vehículos por región	
	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total	DF	Edo. Mex.
Total	4 159 159	49 402	20 468	312	4 229 341	2 860 982	1 368 358
Autos part.	3 717 684	6 728	2 578	30	3 727 020	2 473 300	1 253 719
Taxis	156 589	38	0	0	156 627	109 308	47 319
Combis	29 021	822	20	0	29 863	2 695	27 168
Microbuses	15 774	240	17 800	282	34 096	21 427	12 669
Motocicletas	237 808	---	---	---	237 808	219 201	18 607
Metrobus	221	221	---	---	221	221	0
Bus (total)	2 283	41 353	70	0	43 706	34 830	8 876
Bus RTP	---	1 199	---	---	1 199	1 199	0
Bus Discapac	---	71	---	---	71	71	0
Bus Escolar	37	178	1	0	216	52	164
Bus Conces.	774	12 742	69	0	13 585	7 442	6 143
Bus Turismo	1 472	9 475	0	0	10 947	10 097	850
Bus Pasaje	0	17 688	0	0	17 688	15 969	1 719

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente del GDF

Tabla 3. Transporte de pasajeros de la ZMVM por tecnología de control de emisiones.

Tipo de vehículo	Año Modelo	Tecnología de control de emisiones	Cantidad de vehículos
Vehículos ligeros a gasolina (autos, taxis, combis)	1990 y anteriores	Sin control de emisiones	496 505
	1991-1992	Catalizador de oxidación (2 vías)	198 678
	1993-2008	Catalizador tridireccional avanzado (3 vías)	3 208 111
	----	Vehículo de bajas emisiones	0
Vehículos ligeros diesel (autos, taxis, combis)	1993 y anteriores	Sin control de emisiones	127
	1994-1997	Moderada	87
	1998-2008	Avanzada	7 374
Camiones ligeros a gasolina (micros)	1990 y anteriores	Sin control de emisiones	4 425
	1991-1992	Catalizador de oxidación (2 vías)	7 435
	1993-2008	Catalizador tridireccional avanzado (3 vías)	3 914
	----	Vehículo de bajas emisiones	0
Camiones ligeros diesel (micros)	1993 y anteriores	Sin control de emisiones	10
	1994-1997	Moderada	4
	1998-2008	Avanzada	226
Vehículos pesados a gasolina (autobuses)	1990 y anteriores	Sin control de emisiones	357
	1991-1992	Catalizador de oxidación (2 vías)	215
	1993-2008	Catalizador tridireccional avanzado (3 vías)	1 711
	----	Vehículo de bajas emisiones	0
Vehículos pesados ligeros diesel (autobuses)	1993 y anteriores	Sin control de emisiones	11 728
	1994-1997	Moderada	3 702
	1998-2008	Avanzada	25 923
Motocicletas (gasolina)	2008 y anteriores	Sin control de emisiones	237 808
Metrobús (diesel)	2008 y anteriores	Adecuaciones mecánicas para cumplir estándares de emisión EURO II, III, IV	221



g) Modelo de cálculo del Crecimiento efectivo de la flota vehicular de la ZMVM

Este modelo permite definir el escenario de crecimiento efectivo de la flota vehicular para cada tipo de vehículo (autos particulares, taxis, combis, etc.). Datos requeridos para el modelo MOVEE.

El modelo de cálculo considera la tasa de desecho (TD) registrada en los inventarios de vehículos de 1990 al 2008 del Distrito Federal y del Estado de México, y la tasa de crecimiento (TC) debido a las ventas de vehículos nuevos registradas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000-2009) en ambas entidades.

La combinación de la proyección con tasa de desecho (Proy TD) y la proyección con tasa de crecimiento (Proy. TC) representan el crecimiento efectivo (Proy TD+TC).

A manera de ejemplo, en las Figuras 5 y 6 se muestran los escenarios de crecimiento efectivo de la flota de autos particulares a gasolina para el Distrito Federal y el Estado de México, respectivamente.

Cabe señalar que en el caso del DF, la proyección con tasa desecho (Proy. TD) durante el periodo 2010-2028 refleja una reducción de autos usados. Situación contraria al Estado de México donde la Proy. TD muestra un aumento de autos usados.

La causa está asociada al programa de legalización de autos usados importados principalmente de los Estados Unidos, denominados “autos chocolate”, que inició en el 2005 derivado del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entre México, Estados Unidos y Canadá.

El aumento de autos usados en el Estado de México decae año con año, sin embargo, durante este periodo tendrá un impacto negativo en el rendimiento promedio de combustible de la flota de vehículos (Tabla 4).

Escenarios Base y de movilidad sustentable en la ZMVM

Escenario Base

El modelo de cálculo para determinar el escenario de crecimiento efectivo de la flota vehicular de la ZMVM proporciona el número de unidades para cada tipo de vehículo para el periodo 2008-2028. La Tabla 5 muestra los resultados.

Figura 5. Escenario de crecimiento efectivo vehículos privados, Distrito Federal

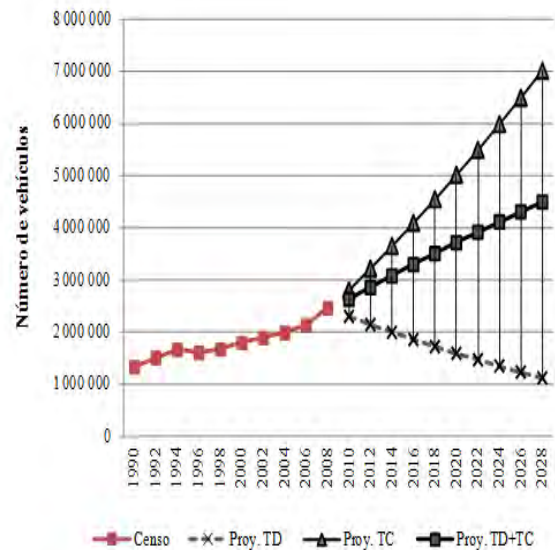
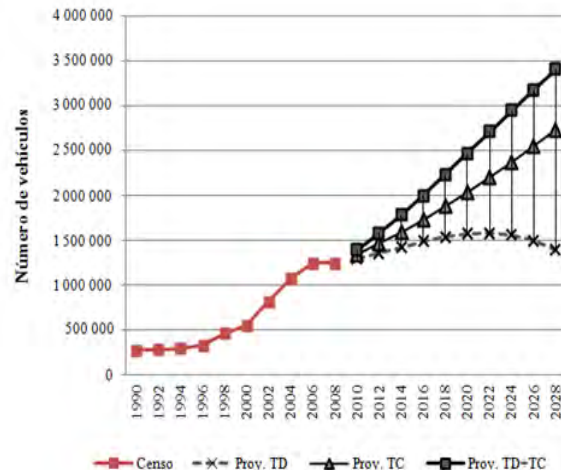


Figura 6. Escenario de crecimiento efectivo vehículos privados, Estado de México



En el escenario base presenta las siguientes consideraciones específicas:

El número de taxis se mantiene igual año con año. Limitante establecida por el gobierno local, sólo se permite la renovación de las unidades viejas.

En los microbuses no se permite la renovación de las unidades viejas. La tasa media de crecimiento anual (TMCA) es negativa.



Uso de diesel de ultra bajo azufre en autobuses y Metrobús a partir del año 2014.

Los factores de emisión se reducen 10% para PM₁₀ y PM_{2,5} (Blumberg et al., 2004) y 95% para SO₂ (IPCC, 2006a).

De acuerdo con el escenario base, en el 2028 la flota vehicular de pasajeros en la ZMVM sería de casi 9 millones de unidades (109% mayor que en el 2008). El auto particular continuará siendo el vehículo con mayor número de unidades (89,6% del total), aunque las motocicletas presentan la mayor TMCA.

Tabla 4. Rendimientos promedio de combustible para Ciudad por tipo de vehículo (km/litro)

Año	Subcompacto		Compacto		Deportivo		De Lujo		SUV		General sin SUV		General con SUV	
	México	MZVM	México	MZVM	México	MZVM	México	MZVM	México	MZVM	México	MZVM	México	MZVM
1988	10,2	10,2	8,8	8,8	7,8	7,8	7,6	7,6	6,4	6,4	9,4	9,4	9,1	9,2
1989	9,9	9,9	8,7	8,6	7,5	7,5	7,5	7,5	6,5	6,5	9,1	9,2	8,9	9,0
1990	10,0	10,0	8,7	8,7	7,4	7,4	7,3	7,3	6,9	6,9	9,3	9,4	9,1	9,2
1991	9,9	9,9	8,4	8,4	7,3	7,3	7,1	7,1	6,6	6,6	9,1	9,2	8,9	9,1
1992	9,8	9,8	8,6	8,6	7,5	7,5	7,3	7,3	6,5	6,5	9,1	9,2	8,8	9,0
1993	9,7	9,7	9,0	9,0	7,5	7,5	7,1	7,1	6,4	6,4	9,2	9,3	9,0	9,1
1994	9,9	9,9	9,2	9,2	7,3	7,3	7,0	7,0	6,4	6,7	9,3	9,3	9,0	9,0
1995	10,9	10,9	9,3	9,3	7,5	7,5	7,0	7,3	6,1	6,2	9,7	9,6	9,1	9,2
1996	10,8	10,8	9,3	9,3	8,3	8,3	7,2	7,6	6,1	6,2	9,7	9,7	9,0	9,1
1997	11,0	11,0	9,5	9,5	8,6	8,6	7,6	7,9	6,2	6,4	10,0	10,1	9,4	9,6
1998	11,4	11,3	9,6	9,6	8,2	8,5	8,0	8,2	6,4	6,4	10,4	10,3	9,8	9,9
1999	11,2	11,1	9,5	9,5	8,3	8,5	7,8	8,0	6,3	6,4	10,2	10,2	9,6	9,7
2000	11,2	11,1	9,3	9,3	8,4	8,4	7,9	8,0	6,4	6,5	10,1	10,1	9,6	9,6
2001	11,3	11,2	9,5	9,5	9,0	9,4	8,0	8,0	6,6	6,7	10,3	10,3	9,8	9,9
2002	11,3	11,2	9,6	9,7	8,5	9,0	8,1	8,2	6,7	6,7	10,5	10,5	10,0	10,0
2003	11,3	11,2	9,6	9,7	8,4	8,5	8,3	8,3	7,2	7,2	10,6	10,6	10,1	10,2
2004	11,3	11,2	9,5	9,6	8,2	8,3	8,3	8,3	7,4	7,3	10,6	10,6	10,0	10,1
2005	11,6	11,5	9,5	9,5	8,4	8,6	8,4	8,4	7,5	7,5	10,7	10,7	10,0	10,0
2006	11,7	11,6	9,4	9,4	8,2	8,5	8,3	8,3	7,4	7,4	10,6	10,5	9,8	9,8
2007	11,8	11,7	9,6	9,4	8,4	8,6	8,5	8,5	7,4	7,4	10,6	10,5	9,8	9,8
2008	11,7	11,7	9,5	9,4	8,4	8,6	8,4	8,3	7,4	7,4	10,5	10,4	9,8	9,8

Tabla 5. Flota vehicular de pasajeros en la ZMVM. Escenario Base

Tipo de vehículo	Número de unidades											TMCA (2028-2008)
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024	2026	2028	
Autos Part.	3 727 020	4 034 863	4 446 831	4 873 699	5 311 548	5 756 263	6 203 345	6 648 131	7 086 087	7 513 106	7 925 824	3,8%
Taxis	156 627	163 387	168 526	171 811	173 125	172 601	170 499	167 110	163 136	159 238	155 857	0,0%
Combis	29 863	31 249	35 606	39 062	44 593	51 715	57 622	60 806	60 436	58 874	56 191	3,2%
Microbuses	34 096	32 869	31 809	30 533	29 115	27 649	25 994	23 512	21 531	20 884	20 385	-2,5%
Autobuses	43 706	49 128	53 345	57 790	62 624	67 283	70 695	73 475	77 488	80 472	82 919	3,3%
Motocicletas	237 808	276 879	317 024	357 765	398 577	438 907	478 193	515 889	551 483	584 527	614 647	4,9%
Metrobús	221	292	416	416	416	416	416	416	416	416	416	3,2%
Total	4 229 341	4 588 667	5 053 556	5 531 076	6 019 998	6 514 833	7 006 765	7 489 339	7 960 576	8 417 517	8 856 239	3,8%

La Figura 7 muestra el escenario base de los autos particulares agrupados por edad. El programa ambiental “un día sin auto” aplica a los vehículos con más de 8 años.

En el 2008 se registraron casi 1,5 millones de autos particulares con más de 8 años; mientras que en el

2028 serán más de 5 millones de autos particulares; 3,5 veces más que en el 2008.

En cuestión de energía, la tendencia esperada en el transporte de pasajeros de la ZMVM es un aumento en el consumo de energía de 247 PJ en 2008 a 428 PJ en 2028 (Figura 8), lo que refleja un crecimiento



de 74% en el periodo, mientras que en el DF será de 54% y en el Estado de México 113%. Estas tendencias coinciden con las expectativas del *World Energy Council* (WEC, 2011).

Figura 7. Escenario base de la flota vehicular de autos particulares por edad, ZMVM.

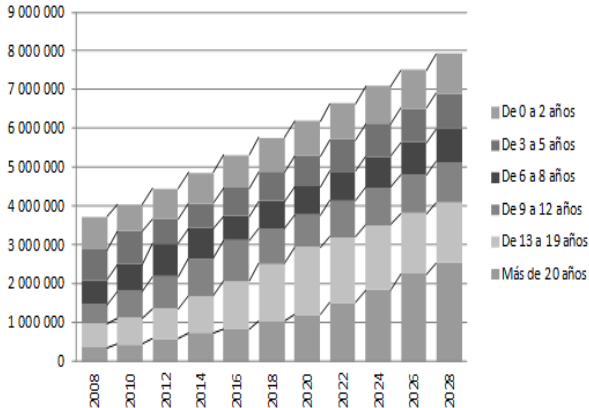
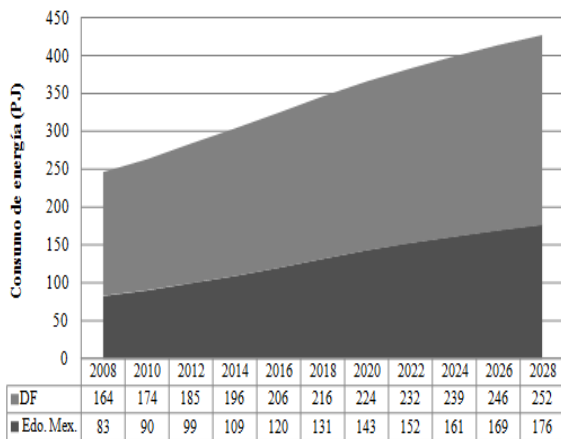


Figura 8. Consumo de energía por región. Transporte de pasajeros de la ZMVM.



Escenarios de movilidad sustentable para elevar el rendimiento de combustible promedio de la flota de vehículos particulares

Introducción de vehículos híbridos eléctricos (VHE): Escenario I

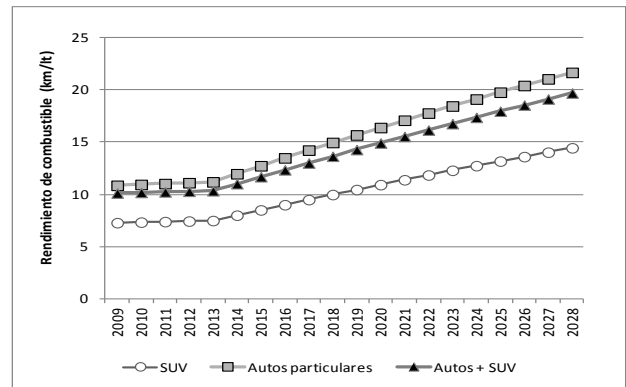
Las tecnologías híbridas son parte de las nuevas tecnologías vehiculares que están disponibles en el mercado para disminuir el consumo de energía al recorrer el doble de la distancia que un vehículo convencional con la misma cantidad de combustible

y que a la par son menos nocivos al medio ambiente.

Propuesta: Sustituir gradualmente las ventas de autos particulares nuevos de tipo convencional por vehículos híbridos eléctricos (VHE), comenzando en el año 2014 hasta alcanzar el 100% en 2028.

La introducción de los VHE a la flota de vehículos de pasajeros que circulan en la ZMVM tendrá un impacto directo en la mejora del rendimiento promedio de combustible de todo el parque vehicular (Figura 9).

Figura 9. Mejora del rendimiento promedio de combustible en Ciudad por la introducción gradual de vehículos híbridos



El efecto de aumentar el rendimiento de combustible de la flota de vehículos particulares induce una reducción en el consumo de combustible y por ende una reducción de emisiones de CO₂.

Con respecto a los demás factores de emisión se considera que la reducción en el consumo de combustible tendrá un impacto inversamente proporcional en los factores de emisión considerados en el modelo MOVEE, conforme a la siguiente ecuación:

$$FEH_i = \frac{Rend\ auto\ convencional}{Rend\ auto\ conv. + hib.} * (FE_i)$$

FEH_i = Factor de emisión de la mezcla de autos convencionales e híbridos, para el contaminante o gas de efecto invernadero tipo *i*, expresado en unidades de masa por distancia recorrida (g/km).

FE_i = Factor de emisión de autos convencionales, para el contaminante o gas de efecto invernadero



tipo i , expresado en unidades de masa por distancia recorrida (g/km).

i = Tipo de contaminante o gas de efecto invernadero (p. ej., PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_x), excepto CO_2 .

Limitar la importación de vehículos usados (autos chocolate): Escenario II

Generalmente una porción de autos usados se retira año con año de la flota vehicular. Sin embargo, en el Estado de México se registra un aumento de autos usados que coincide con el periodo en que se autoriza la legalización de importación de vehículos usados (TLCAN, 1994).

El aumento de autos usados en el Estado de México provoca que disminuya el rendimiento de combustible promedio de la flota vehicular de la ZMVM.

Propuesta: Adicional al Escenario I, se propone limitar la importación de vehículos usados en el Estado de México, de tal forma que la tasa de desecho del Estado de México sea similar a la registrada en el DF (ver Figuras 5 y 6).

Resultados

a) Consumo de energía

El escenario base sobre el transporte de pasajeros de la ZMVM advierte un crecimiento de 73,7% en el consumo de energía para el periodo de 2008 al 2028. Por región, este crecimiento será de 53,7% en el DF y 113,1% en el Estado de México.

Cifras que concuerdan con las perspectivas anunciadas por World Energy Council (WEC, 2011) para el sector transporte a nivel mundial.

En el Escenario I (EI), el rendimiento promedio de combustible de los vehículos particulares nuevos que se comercializan en la ZMVM se incrementa al doble, de 10 km/lt en el 2008 a 20 km/lt en el 2028 (Fig. 9), mediante la sustitución de las ventas de vehículos nuevos convencionales por vehículos híbridos.

En el 2028, esta mejora en el rendimiento de combustible reduce el consumo de energía del transporte de pasajeros en la ZMVM a 47,5 PJ (11,1%) con respecto al Escenario Base (Figura 10); 32,4 PJ (7,6%) corresponden al DF y 15,1 PJ (3,5%) al Estado de México.

Figura 10. Consumo energético del transporte de pasajeros de la ZMVM por región Escenario Base vs Escenario I

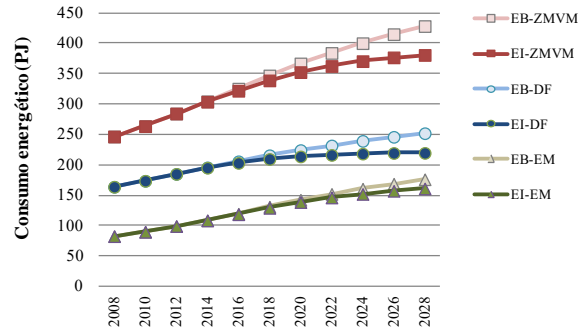
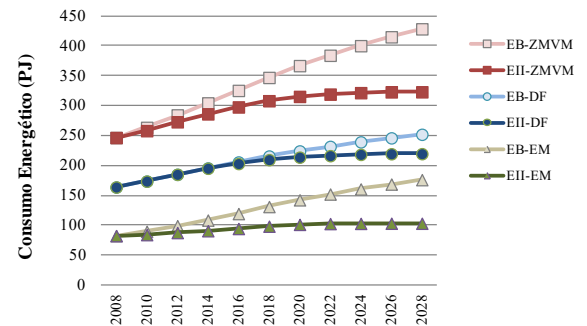


Figura 11. Consumo energético del transporte de pasajeros de la ZMVM por región Escenario Base vs Escenario II



Los pobres resultados que presenta el Estado de México son atribuibles a una alta incorporación de vehículos usados de importación (autos chocolate) que se espera aminore a finales del periodo de análisis; sin embargo, este hecho afecta negativamente el rendimiento promedio de combustible de la flota vehicular.

El Escenario II (EII) propone añadir al Escenario I la condición de limitar la incorporación de vehículos usados en el Estado de México a la misma Tasa de Desecho que presenta el Distrito Federal (Figuras 5 y 6). Ante este Escenario, el consumo de energía en el transporte de personas de la ZMVM llega a 323 PJ en el 2028, representando una reducción de 24,6% con respecto al Escenario Base (Figura 11) equivalente a un ahorro anual de 3 247 millones de litros de gasolina (17% de las importaciones nacionales de gasolina de 2009).



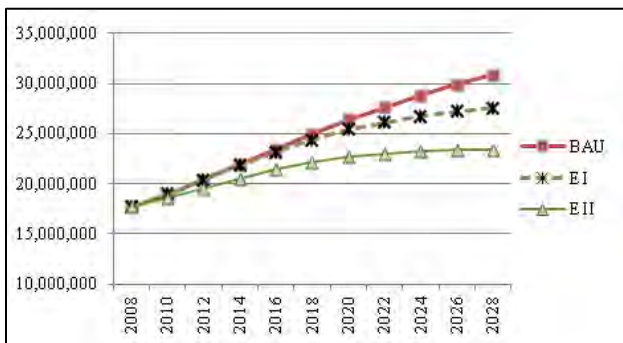
Asimismo, a partir del 2020 se logra estabilizar el consumo de energía en ambas regiones, a pesar del continuo crecimiento de la flota vehicular.

b) Emisiones de GEI

Los escenarios de generación de emisiones de GEI del transporte de pasajeros de la ZMVM se comportan de manera similar al consumo de energía (Figura 12).

En el 2028, el Escenario I refleja una reducción de 3,3 millones de ton/año de CO₂ eq, 10,8% con respecto al Escenario Base y el Escenario II presenta una reducción de 4,2 millones de ton/año de CO₂ eq, 24,3% con respecto al Escenario Base, con la ventaja adicional sobre el Escenario I de estabilizar la generación de GEI a partir del 2020.

Figura 12. Escenarios de emisiones de GEI del transporte de pasajeros de la ZMVM (en Ton/año de CO₂ eq)



En la Tabla 6 se muestran los resultados de los escenarios de emisiones para cada uno de los GEI considerados (CO₂, CH₄ y N₂O). En el Escenario Base, las emisiones de N₂O presentan el mayor crecimiento (90,6%) y las emisiones del CH₄ presentan el menor crecimiento (38,8%).

A diferencia del CO₂, las emisiones del CH₄ y N₂O no se logran estabilizar con la implementación de las estrategias propuestas para el transporte sustentable.

c) Emisiones de contaminantes Criterio

En la Tabla 7 se muestran los resultados de los escenarios de emisiones de cada uno de los contaminantes del aire seleccionados (PM₁₀, SO₂, CO, NO_x y COV).

En el Escenario Base las emisiones de COV y CO muestran los mayores crecimientos: 263,2% y 213,6% respectivamente.

En el caso de las emisiones de SO₂, el escenario base muestra el menor crecimiento (53,2%), y con la implementación de las estrategias para el transporte sustentable, el crecimiento de las emisiones de SO₂ sería de apenas 9%.

Estos resultados son causados por el uso de diesel de ultra bajo azufre en autobuses y Metrobús a partir del 2014.

Tabla 6. Escenarios de emisiones de GEI del transporte de pasajeros de la ZMVM

Emisiones de CO ₂					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	74,4%
Escenario I	3 291 772	11,0%	3 291 772	11,0%	52,2%
Escenario II	3 999 876	13,3%	7 291 648	24,3%	32,0%
Emisiones de CH ₄					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	38,8%
Escenario I	112	4,1%	112	4,1%	33,2%
Escenario II	235	8,5%	347	12,6%	21,4%
Emisiones de N ₂ O					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	90,6%
Escenario I	114	5,2%	114	5,2%	80,6%
Escenario II	520	18,9%	634	24,1%	44,7%



Tabla 7. Escenarios de emisiones de contaminantes del aire del transporte de pasajeros de la ZMVM

Emisiones de PM₁₀					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	114,1%
Escenario I	267	7,7%	267	7,7%	97,5%
Escenario II	429	12,4%	696	20,2%	70,9%
Emisiones de SO₂					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	53,2%
Escenario I	496	13,4%	496	13,4%	32,7%
Escenario II	572	15,4%	1 068	28,8%	9,0%
Emisiones de CO					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	213,6%
Escenario I	115 943	3,4%	115 943	3,4%	203,0%
Escenario II	573 210	16,7%	689 153	20,1%	150,5%
Emisiones de NO_x					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	102,3%
Escenario I	15 772	7,2%	15 772	7,2%	87,7%
Escenario II	28 568	13,1%	44 340	20,3%	61,3%
Emisiones de COV					
Escenario	Reducción de Emisiones al 2028 (Ton/año)				Crecimiento (2028-2008)
	Individual	%	Acumulado	%	
Escenario Base	---	---	---	---	263,2%
Escenario I	14 297	3,0%	14 297	3,0%	252,5%
Escenario II	80 884	16,7%	95 181	19,7%	191,8%

Conclusiones

El Escenario Base advierte que las tendencias en el consumo de energía y la generación de emisiones contaminantes y GEI, debidas al transporte de pasajeros en la ZMVM, tendrán un fuerte impacto negativo en la economía al incrementar sus necesidades de energía (74% más en un periodo 2008 a 2028), donde el consumo de energía está basada en combustibles fósiles; y por tanto también

tendrá un impacto en la salud de sus habitantes y en el medio ambiente, este último afectado por el incremento de 75% del CO₂ equivalente en el 2028. Con respecto a los escenarios de transporte sustentable, la estrategia de elevar el rendimiento de combustible promedio de la flota de vehículos particulares mediante la introducción de autos híbridos (Escenario I), disminuye 11% el crecimiento del consumo de energía y las emisiones de GEI



para el 2028. Resultados similares podrían obtenerse con el establecimiento de una norma de rendimiento de combustible.

Elevar el rendimiento de combustible de la flota de vehículos particulares de la ZMVM tendría mejores resultados si se limitara el aumento de autos usados en el Estado de México a una tasa similar que en el Distrito Federal (Escenario I + Escenario II).

Ambos escenarios reducen más del 24% el crecimiento de consumo de energía y las emisiones de GEI para el 2028 en el transporte de pasajeros de la ZMVM. Por otro lado, limitar la incorporación de autos usados implica una reducción de la flota vehicular, por lo que se requiere compensar con un mayor servicio de transporte público.

Frente a un escenario donde el auto particular seguirá siendo el principal transporte de pasajeros en la ZMVM, con más del 90% de los casi 9 millones de vehículos estimados para el 2028, las estrategias dirigidas a una movilidad sustentable deberán ser parte de las soluciones a implementar.

Fuentes de Consulta

1. An, F., and A. Sauer A (2004). Comparison of Passenger Vehicle Fuel Economy and GHG Emission Standards Around the World. Pew Center on Global Climate Change, Washington, DC; Updated data obtained from "Global passenger vehicle standards," The International Council for Clean Transportation, June 2012.
2. Bandivadekar, A.; Bodek, K.; Cheah, L.; Evans, C.; Groode, T.; Heywood, J.; Kasseris, E.; Kromer, M.; Weiss, M. (2008). On the Road in 2035. Massachusetts Institute of Technology, Laboratory for Energy and the Environment, July 2008.
3. Blumberg, Katherine O., Michael P. Walsh, and Charlotte Pera (2004). Low-sulfur gasoline & diesel: The key to lower vehicle emissions. Available online [April 26, 2004] at: www.cleantransportcouncil.org/docs/Sulfur_Report.pdf.
4. Calderón, Guillermo (2006). Resultados del Metrobús en la reducción de emisiones. Metrobus. Presentado en Power Mex Clean Energy & Efficiency 2006. México, 29 de septiembre de 2006. <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4289/2/guillermocalderon.pdf>
5. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2002-2008). Rendimientos oficiales de combustible: Automóviles y camiones ligeros comercializados en México. México, Agosto, 2009. http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/Rendimientos_combustible
6. Environmental Protection Agency and Department of Energy (EPA, 2000-2008). Annual Fuel Economy Guide. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), U.S. Agosto, 2009. www.fueleconomy.gov
7. Harikesh S. Nair and Chandra E. Bhat (2000). Modeling soak-time distribution of trips for mobile source emissions forecasting: Techniques and applications. Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin.
8. Heywood, John MIT (2008). More sustainable transport: the role of energy efficient vehicle technologies. Report prepared for the International Transport Forum, Leipzig 2008. www.internationaltransportforum.org
9. Hui Guo, Hung-Ming Sung, Wei Dai and Qing-Yu Zhang (2004). Development of high-resolution motor vehicle emission inventories for city-wide air quality impact analysis in China. Trinity Consultants Inc., Dallas, TX; and College of Environmental & Resource Sciences, Zhejiang University, China.
10. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006a). Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 2: Energy, Chapter 3: Mobile Combustion, pp 10-32.
11. IPCC, 2006b. Orientation of the IPCC good practice and uncertainty management in national greenhouse gas. Chapter 2: Energy, pp 44-53.
12. International Energy Agency (IEA, 2009). Transport, energy and CO₂: Moving toward sustainability. OECD Publishing. France, October 2009.
13. IEA. 2008a. World Energy Outlook. International Energy Agency, Paris.
14. IEA, 2008b. Energy Technology Perspectives 2008 – Scenarios and



- strategies to 2050. International Energy Agency, Paris.
15. Instituto Nacional de Ecología (INE, 2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. INE-SEMARNAT-Western Governors' Association.
 16. INE (2006). Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990 – 2002. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México.
 17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000-2009). La industria automotriz en México. Serie Estadísticas Sectoriales. Biblioteca digital de INEGI, México. Agosto, 2009. www.inegi.org.mx
 18. INEGI (2004-2006). Eficiencia energética de vehículos nuevos por modelo. INEGI, México. Agosto, 2009.
 19. Lents, J.M.; Osses, M.; Davis, N.C.; Nikkila, N. (2004). Comparison of on-road vehicle profiles collected in seven cities worldwide. In Proceedings of the 13th International Symposium on Transport and Air Pollution; Boulder, CO, September 13–15, 2004.
 20. Nicole Davis, James Lents, Nick Nikkila, Mauricio Osses (2004). Mexico City vehicle activity study. International Sustainable Systems Research. 21573 Ambushers St. Diamond Bar, CA 91765, July 6, 2004.
 21. North American Research Strategy for Tropospheric Ozone (NARSTO, 2005). Improving Emission Inventories for Effective Air Quality Management Across North America. NARSTO 05-001. Pasco, Washington, U.S.
 22. Secretaría de Energía (SIE-SENER, 2011). Sistema de Información Energética. México. <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>
 23. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-GDF, 2010a). Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2008. Gobierno del Distrito Federal, México.
 24. SMA-GDF (2010b). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y carbón negro de la ZMVM 2008. Gobierno del Distrito Federal, México.
 25. Sheinbaum, Claudia (2010). Escenarios de consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero del transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México. Report prepared for the Centro Virtual de Cambio Climático. México.
 26. Sheinbaum, Claudia (2008). Problemática ambiental de la Ciudad de México. Limusa-Instituto de Ingeniería, UNAM. México, D.F.
 27. Sheinbaum-Pardo, C., Chávez-Baeza, C. (2011). Fuel economy of new passenger cars in Mexico: Trends from 1988 to 2008 and prospects. Energy Policy, 2011.
 28. Sheinbaum C., Masera O. (2000). Mitigating carbon emissions while advancing national development priorities: The case of Mexico. Journal of Climatic Change 47(3): 259-282;
 29. United Nations Environment Programme (UNEP, 2009). Hybrid Electric Vehicles: An overview of current technology and its application in developing and transitional countries. www.unep.org/transport/pcfv/PDF/HEV_Report.pdf
 30. U.S. Department of Transportation (DOT, 2010). Transportation's role in reducing U.S. greenhouse gas emissions: Volume 1. Center for Climate Change and Environmental Forecasting.
 31. U.S. Energy Information Administration (US-EIA, 2011). <http://www.eia.gov/>
 32. World Energy Council (WEC, 2011). Global Transport Scenarios 2050.
 33. 50by50: The Global Fuel Economy Initiative (GFEI, 2009). Making cars 50% more fuel efficient by 2050 worldwide. FIA Foundation, International Energy Agency, International Transport Forum and United Nations Environment Programme. www.50by50campaign.org.

Anexo. Temas que pueden ser investigados en el contexto de cambio climático

Normas sobre el rendimiento de combustible o emisiones de CO₂ en el transporte
Cambio modal de transporte privado hacia el Metrobús
Cambio modal de microbuses hacia el Metrobús



ILUMÉXICO: Una joven empresa social mexicana

MARIANA A .GONZÁLEZ PACHECO,¹ RUIZ DE TERESA MARISCAL G.², WIECHERS BANUET, M³.

Resumen

En México el 2.49% de la población no cuenta con acceso a la red eléctrica nacional (INEGI 2005)¹ lo que implica alrededor de 3 millones de personas sin acceso a este servicio. La mayoría de ellos viven en alrededor de 70,000 comunidades rurales a las cuales dichos servicios no llegan debido a los altos costos de expansión de la red eléctrica, la dispersión de las viviendas y las complicadas situaciones geográficas de dichas regiones. La mayoría de esta población es de origen indígena y se encuentran en zonas de alta y muy alta marginación (de acuerdo a los indicadores de CONAPO e INEGI a través del ENIGH)².

La propuesta de Iluméxico consiste en proveer una solución descentralizada y autónoma para ofrecer servicios básicos de iluminación a dichas zonas, para sentar bases de trabajo comunitario y de desarrollo.

El proyecto de Iluminación Rural Iluméxico a la fecha (septiembre 2012) se han instalado más de 1400 sistemas en los estados de: Guerrero, Veracruz, Edo. De México, Campeche, Quintana Roo, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Baja California, Oaxaca y Tabasco.

Los sistemas solares están complementados con un esquema social integral que busca primordialmente el desarrollo de las comunidades tomando como base o plataforma la iluminación.

También llevamos a cabo un programa de electrificación llamado "Escuelas Sustentables" para incidir en la calidad de la educación de dichas zonas y estamos por lanzar un proyecto piloto de electrificación en casas de salud de las comunidades llamado "Ilusalud". Estos esfuerzos complementan la intervención de Iluméxico para lograr una mayor incidencia.

1 INEGI, Información Nacional, 18, septiembre, 2012, <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>

2 CONAPO, Indicadores Demográficos Básicos, 18, septiembre, 2012, http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indicadores_de_mograficos_basicos

Descripción general del proyecto

Objetivo

Introducir sistemas de iluminación a base de energía solar en diferentes estados de la República Mexicana, para beneficiar a un sector de la población en situaciones de marginación, predominantemente indígena e incluir programas de micro-créditos y creación de proyectos productivos para promover el desarrollo de las comunidades.

Metas

Reducir el consumo de fuentes de iluminación a base de combustibles fósiles.

Fomentar la utilización de fuentes alternativas de energía en comunidades aisladas.

Difundir el uso de tecnologías limpias (específicamente solar) en zonas rurales.

Incrementar ingresos y nivel de vida de los habitantes de las comunidades.

Ofrecer créditos comunitarios accesibles y crear un fondo revolvente para futuros esfuerzos de electrificación o diversos proyectos comunitarios.

Promover proyectos productivos en comunidades para vincular y dar valor agregado a pequeños productores locales.

Sentar bases para futuros esfuerzos de electrificación en dichas comunidades que involucren sistemas de mayor potencia y capacidad para que dichas comunidades se registren como electrificadas de acuerdo a los requerimientos del Programa de Servicios Integrales de Energía.

Desarrollo Social

Para introducir tecnología correctamente en las zonas rurales, donde existen costumbres muy arraigadas, es crucial implantar un esquema de desarrollo social.

Por lo tanto, al proveer de sistemas solares en Iluméxico llevamos a cabo un acompañamiento extenso y programas de educación ambiental y emprendimientos locales para los beneficiarios sean partícipes de mejoras en la comunidad detonadas por las mejores condiciones de iluminación obtenidas. Mediante capacitaciones, participación activa de los miembros de la comunidad en todos los procesos, talleres y seguimiento, buscamos



implantar un sentimiento de apropiación del sistema y enseñar las implicaciones del uso de la energía solar como alternativa limpia de energía, lo que se refleja en el manejo y aplicaciones dadas al sistema de iluminación “Prometeo” y estrategias para el éxito de energías alternativas en comunidades.

El esquema se desarrolla durante las cinco visitas planteadas en el proyecto por localidad beneficiada y consiste en:

- Documentación previa y planeación
- Estudios de Prefactibilidad
- Trabajo en comunidad
- Instalación y Capacitación
- Microcréditos

- Talleres
- Desarrollo de proyecto productivo
- Fondos revolventes

Trabajo en Comunidad

El trabajo en comunidad considera 5 etapas por proyecto que corresponden a 5 posibles visitas a cada comunidad dentro de las cuales se realizan los estudios de pre-factibilidad, instalación y capacitación para manejo, esquema de microcréditos, talleres y desarrollo de proyecto productivo, estas actividades se especifican en el siguiente apartado considerando estos últimos tres como puntos clave que necesitan un desarrollo más detallado por su importancia en el esquema social

Descripción de las etapas

No. Visitas por comunidad: 5

Número de Visita	Actividades:	Descripción:
Etapa 1	Estudios de pre-factibilidad	Encuestas Localización, seguridad, acceso Metodología de trabajo Muestra de sistema, usos y aplicaciones Beneficios de energías alternativas.
	Capacitación de contacto en comunidad	Funcionamiento del sistema Forma de pago Microcréditos y Financiamiento.
Etapa 2	Asamblea para introducción	Capacitación para instalación
	Instalación y capacitación para uso y manejo de sistemas en general Firma de contratos.	Revisión de instalaciones Cartas compromiso/contratos
Etapa 3	Documentación de beneficiarios 1 Taller 1 Planeación de proyecto productivo	Taller de cuidado del medio ambiente Asamblea con interesados para elección de proyecto productivo.
	Documentación de beneficiarios 2	Encuestas de uso Sugerencias
Etapa 4	Revisión de funcionamiento de sistemas 1 Revisión de proyecto productivo	
	Revisión de funcionamiento de sistemas 2 Documentación de proyecto productivo Taller 2	Taller para desarrollo de proyecto productivo
Etapa 5	Asamblea para entrega de resultados	Entrega de resultados, comentarios finales
	Revisión de funcionamiento de sistemas Documentación final Resumen de proyecto productivo	Bases para continuidad de proyecto Establecimiento de vínculo urbano



Talleres

Durante el transcurso de las visitas a la comunidad, se tienen seleccionados dos tipos de talleres para impartir en la comunidad.

Talleres para el cuidado del medio ambiente, equidad de género y participación ciudadana
Taller propuesto por organización asociada al proyecto en cada localidad / Talleres para la creación de un Plan de Negocios.

Dichos talleres se llevan a cabo en asambleas generales y son de carácter público. Se busca que sean talleres interactivos donde los que atienden puedan aprender acerca de temas de cambio climático, ahorro de energía, cuidado de recursos y reciclaje, entre otros.

Además de incentivar la creación de proyectos nuevos en las comunidades y ofrecer asesoría y bases para crear planes de negocio y solicitudes para llevar a cabo dichos proyectos. Asimismo, acompañamos estas fases con servicio social universitario donde se busca involucrar a jóvenes de distintas disciplinas en apoyar a los miembros de la comunidad en encontrar y desarrollar dichos proyectos productivos.

Planeación del proyecto productivo

El proyecto productivo a planear se considera desde la primera visita, en base a las actividades que se realicen en la zona y se asesora en la planeación estratégica del mismo.

Algunas de las comunidades que se tienen contempladas no realizan actividades productivas, sino exclusivamente de autoconsumo, en este caso se busca el apoyo de alguna organización o experto que acuda a la comunidad con nosotros para impartir un taller que con las características de la región y las materias primas factibles de encontrar cerca incentive a la comunidad a iniciar una cooperativa.

Este desarrollo se efectúa con el dinero acumulado con el pago de microcréditos para el sistema si es que se dispone del mismo ya que este monto se podrá desde un principio destinar a un mayor alcance de sistemas solares para la zona.

Para hacer disposición del mismo, la comunidad, en este caso los beneficiados que adquirieron el sistema, deberá contar con un plan de negocios, el cual será revisado por SSIC. A través de este plan de negocios y de común acuerdo con la Asociación Civil, la comunidad recibirá el dinero o en especie el

o los materiales que cubra el monto determinado para la realización del proyecto productivo.

Tecnología

El producto “Prometeo” es un sistema de iluminación independiente de la red eléctrica, impulsado por un panel solar fotovoltaico. Está diseñado para satisfacer las necesidades básicas de zonas rurales para viviendas sin acceso a la electricidad. Sirve como un sustituto para las velas, lámparas de gasóleo, querosenos y aparatos con pilas que son ineficientes, nocivos y contaminantes.

Para el diseño se tomaron en cuenta temas de funcionalidad, calidad y economía, para poder ofrecer un sistema de iluminación para viviendas rurales que proporcione una solución sustentable y eficaz al problema de falta de luz utilitaria en las viviendas. El producto (Prometeo básico) consiste en :

- Un panel solar de 10W,
- Un controlador de carga
- Una batería 12V/7Ah y
- Dos lámparas LED (Diodo Emisor de Luz) de 3W.

Impacto Social

El acceso a la energía es uno de los factores claves para el desarrollo. En el mundo hay más de 1.5 mil millones de personas sin acceso a la luz, y el 85% de ellos están en zonas rurales³.

Al llevar luz a estas zonas se tiene un impacto en la salud, la educación, la seguridad y la economía familiar, entre otros. Incluso, se afirma que el acceso a la energía tiene un vínculo directo con siete de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)⁴ de las Naciones Unidas, que abordan temas cruciales para el desarrollo como:

- Pobreza extrema y hambre
- Educación
- Igualdad entre géneros
- Mortalidad Infantil
- Salud Materna
- Medio Ambiente

³ Alliance for Rural Electrification (ARE), 18 septiembre, 2012, <http://www.ruralelec.org/>

⁴ ONU, 18, septiembre, 2012, <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/>



Asimismo, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) de la OCDE afirma que a causa de humo en los hogares por quema de combustibles y velas mueren 1.5 millones de niños cada año⁵, que representa más muertes que por malaria y tuberculosis.

Un ambiente limpio, sano y de calidad en una vivienda puede cambiar estas condiciones, además de ofrecer una serie de beneficios en todos los demás puntos abordados por los ODMs.

Para documentar el impacto social de nuestro proyecto, llevamos a cabo encuestas y reportes para generar una cédula de información socio-demográfica de cada uno de los beneficiarios.

Esta encuesta se repite unos meses después de la instalación e nuestros sistemas y nuevamente al final de la Etapa 5 del proyecto. Con estas encuestas y levantamiento se busca identificar el impacto de la iluminación es aspectos cuantitativos como: ingresos familiares, productividad de las actividades, calificaciones escolares de los niños, frecuencia de enfermedades respiratorias, entre otros.

Además se miden aspectos cualitativos como mejora en el nivel de vida, convivencia familiar y conciencia ambiental.

Impacto Ambiental

El proyecto tiene un impacto ambiental intrínseco ya que substituye usos de fuentes de iluminación y energía que son además de costosos para el beneficiario, contaminantes y nocivas para la salud.

El uso de velas, querosenos, diesel y aparatos con pilas tiene un impacto ambiental, económico y de salud importante. Para poder cuantificar los beneficios e impacto que tiene el proyecto se debe determinar un análisis de impacto ambiental.

Para determinar el impacto ambiental que tiene la instalación de nuestros sistemas se evalúa con las encuestas de pre-factibilidad una línea base de los consumos previos relacionados a otras fuentes de iluminación y/o electricidad.

Con ello, se puede definir de acuerdo a factores de emisión de cada fuente las emisiones desplazadas al eliminar esos consumos. A pesar de que por el momento el volumen del proyecto no clasifica para obtener Certificados de Reducción de Emisiones (CER, por sus siglas en inglés), se planea realizar un estudio de emisiones que cuantifique el beneficio ambiental de cada uno de nuestros programas.

Nos basamos en estándares internacionales y factores de emisión aceptados para calcular la reducción de emisiones de diversas fuentes de energía a partir de nuestro análisis de la línea base. De acuerdo al estudio, tenemos un aproximado tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Tendencias de consumo de combustibles fósiles como fuente primaria de iluminación.
- b) Se toma en cuenta la línea base para gasóleos y querosenos de acuerdo a las emisiones relacionadas al lumen/unidad según la "Iluminación Rural: Guía de trabajo para desarrolladores"⁶.

A continuación se presenta la reducción de emisiones por concepto de queroseno y red eléctrica. Este análisis se realiza por hora de uso y utilizando el método de lúmenes y factores de emisión para obtener los siguientes resultados:

Fuente de Iluminación	Emisiones de CO2 anuales
Red Eléctrica	0.039 toneladas de CO2 / hora diaria de uso
Queroseno	0.0653 toneladas de CO2 / hora diaria de uso

En proyectos anteriores, contando las horas de uso de los beneficiarios (a falta de información se debe tomar 3.5 hrs de uso de queroseno de acuerdo a la metodología y 4.7 hrs de uso de red eléctrica – estos valores se toman para el análisis potencial de emisiones del proyecto propuesto) tenemos un promedio de reducción de emisiones por sistema de 10W de entre 0.15 a 0.40 toneladas de CO2 por sistema por año.

⁵ WHO, 18, septiembre, 2012, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/index.html>

⁶Louineau, J.P., Dicko, M., Fraenkel, P., Barlow, R., Bokalders, V., Rural Lighting: A Guide for Development Workers, Intermediate Technology (IT) Publications in association with The Stockholm Environment Institute, 1994.



Como resultado de la instalación de los más de 1400 equipos, se han ahorrado 560 T de CO₂ al año; y se instalado una capacidad de 14kW.

Sustentabilidad

El programa de electrificación está consciente de la dificultad que pudiera implicar la comprensión y seguimiento de la guía de uso y de darle la atención necesaria al equipo, por tal motivo, se realiza una capacitación en la localidad donde se abordan temas como: instalación del equipo, uso y mantenimiento, garantía del sistema, refacciones y aditamentos posteriores; y programa de recolección de pilas.

Instalación del equipo, uso y mantenimiento:

Durante la capacitación se explica el debido uso del equipo, cómo funciona, las horas de duración de carga de la pila y modos de iluminación del sistema. Así como las medidas necesarias para la conservación del equipo, donde se ahonda en las precauciones de uso y localización para mejor funcionamiento y mantenimiento preventivo.

Garantía del Sistema

Se exponen las garantías por separado de los elementos del sistema y la garantía de 6 meses de instalación. Para esta última garantía se debe especificar que el proveedor de servicios de instalación subcontratado por SSIC, A.C., garantiza la calidad de sus instalaciones.

Para efectos de corroborar esto, las instalaciones son supervisadas por el personal de SSIC y se toman fotos donde se aprecie la calidad de las mismas. En este rubro se determinan las causas en las que aplican las garantías y los medios para hacerla válida. En cualquier caso se designa un contacto local quien será responsable de hacernos llegar cualquier tipo de comentario o inconformidad sobre el sistema.

Refacciones y aditamentos posteriores

A este respecto, se informa sobre cómo y dónde conseguir refacciones, se sugiere se utilicen refacciones proporcionadas por nuestro equipo y se mantiene la comunicación a través del contacto local.

En caso de tener resultados favorables en términos de microcréditos y fondos revolventes, los beneficiados serán acreedores a acceder a aditamentos del sistema o sistemas más robustos.

Programa de recolección de pilas

A fin de garantizar que las pilas utilizadas en el sistema no sean arrojadas a la basura, se diseñó un programa de recolección de pilas.

En este programa se realiza una visita para entregar las pilas nuevas y recoger las anteriores en la cabecera municipal o en su defecto, una vez establecidas las alianzas con los contactos locales y/o ONG's, serán estos los que lleven a cabo la recolección de pilas, mismas que son enviadas por paquetería, en este caso la nueva pila tendrá un costo preferencial para los beneficiados.

La estrategia y misión de la asociación es mantener un contacto constante con las comunidades ya sea por talleres externos o por los diversos programas como programas de salud o reforestación en la localidad que son parte del trabajo de nuestra asociación y de la colaboración con otras ONG's. Por tal motivo, para los habitantes de estas localidades es accesible entablar comunicación con nosotros ya sea por nuestros embajadores en la comunidad o directamente a nuestras oficinas, donde se programan una visita a la región para atender personalmente las quejas o asuntos relacionados con el sistema.

Conclusiones

Las zonas en las que trabaja Iluméxico no están contempladas en los planes federales de expansión debido a los altos costos de infraestructura y operativos, la dispersión de las viviendas y las complicadas situaciones geográficas de dichas regiones.

Por ello, nuestra propuesta consiste en proveer una solución descentralizada y autónoma para ofrecer servicios básicos de iluminación a dichas zonas con tecnologías limpias que suplan las fuentes tradicionales de iluminación como lo son velas, lámparas de diesel, entre otras. Nuestro propósito es erradicar la pobreza energética de las comunidades rurales en México utilizando la energía solar.

Pero nuestra visión va más allá. De acuerdo con el PPEO 2012 (Poor People Energy Outlook)⁷, la pobreza energética afecta directamente en la calidad de vida de las personas. El acceso a este

⁷Proctical Action (2012) Poor people's energy outlook 2012: Energy for earning a living, Practical Action Publishing, Rugby, UK



servicio básico es un factor esencial para el desarrollo social y económico de las comunidades, es una plataforma que potencializa las oportunidades de mejoramiento y coadyuva a la erradicación de pobreza bajo un esquema participativo e incluyente.

La erradicación de la pobreza energética debe cumplir al menos dos niveles (TEA) iluminación y electrificación; y comunicaciones. Nuestros equipos (diseñados y manufacturados en México) cumplen dichas especificaciones: Iluminación de vivienda y sistemas de emergencia (5-12 horas diarias de iluminación de calidad, modulable); Electrificación de vivienda (Sistemas Solares Autónomos para Vivienda Rural de 50,80 y 120 W); Acceso a servicios y comunicaciones Escuelas Sustentables (Cómputo + Internet), Casas de Salud y Micro-Negocios.

Nuestro proyecto, además de proporcionar los sistemas de iluminación, está acompañado de talleres para el reconocimiento del sistema, su utilización y mantenimiento, así como trabajo conjunto con las autoridades de la comunidad en la realización de programas benéficos para la misma.

El objetivo es utilizar la energía adquirida para impulsar el desarrollo comunitario y desencadenar un impacto positivo en las comunidades en las que trabajamos, dichos impactos son evaluados de acuerdo a los Objetivos del Milenio de la ONU: Educación, Medio Ambiente, Pobreza,

Salud, Equidad de género, Seguridad, Economía. A través de estos esfuerzos y de un esquema de microfinanciamiento y microcréditos, hacemos partícipes a los miembros de la comunidad beneficiada en el proceso, fomentando el sentido de pertenencia con el programa y asegurando su continuidad, seguimiento y aceptación.

Los fondos recaudados son implementados en programas de mejoramiento comunitarios como pueden ser escuelas rurales, centros comunitarios, proyectos productivos basados sus recursos y oportunidades, proyectos de innovación artesanal, programas deportivos o culturales, etc.



Cuantificación de Emisiones de GEI del ciclo de vida de dos alternativas de gestión de residuos municipales: co-procesamiento y relleno sanitario.

Leonor Patricia Güereca Hernández¹ y Claudia Roxana Juárez López¹

Instituto de Ingeniería, UNAM

Emails: LGuerecaH@iingen.unam.mx; cJuarezL@iingen.unam.mx

Resumen

En México, como en otros países, la generación de residuos municipales se ha incrementado debido al aumento de la población y también a la creciente adopción de hábitos consumistas. Esto ha propiciado que la gestión de residuos municipales sea una de las preocupaciones prioritarias para los gobiernos debido a la cantidad de residuos generada y a la complejidad en su gestión. Por lo anterior, es necesario buscar estrategias de tratamiento y disposición de residuos que conformen un sistema integral que sea económicamente posible, ambientalmente eficiente y socialmente aceptable.

Para contribuir a lo anterior, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México está realizando una cuantificación de las emisiones GEI de dos estrategias de gestión de residuos municipales considerando un enfoque de ciclo de vida.

El estudio se enfoca en la fracción inorgánica de rechazo con alto poder calorífico de los residuos municipales (FIAR); considerando los consumos de electricidad y combustibles, así como las emisiones GEI generadas por las etapas de recolección de residuos, transferencia, transporte, selección, y disposición final en relleno sanitario ó en hornos de cemento (en el escenario de co-procesamiento). En ambos escenarios se adopta el enfoque de límites expandidos comúnmente utilizado en Análisis de Ciclo de Vida.

Los resultados señalan que el co-procesamiento de FIAR es una opción ambientalmente favorable ya que se evita la disposición de dicha fracción en vertederos y además se disminuye el uso de coque como combustible en hornos de cemento.

Introducción

Entre los problemas ambientales más serios se encuentra la generación excesiva de residuos

municipales, que en muchos casos se acumulan alrededor de ciudades, carreteras, caminos rurales y cuerpos de agua superficiales.

En México se estima que cada habitante genera un promedio de 1.4 kg de residuos. Si se considera como referencia la zona conurbada de la Ciudad de México se tiene un total de 21,000 toneladas diarias (Jiménez, 2001).

Esta enorme cantidad de residuos representa problemas ambientales de difícil solución y enormes costos económicos para su tratamiento, por lo cual, es necesario buscar estrategias de tratamiento y disposición que conformen un sistema integral que sea económicamente posible, ambientalmente eficiente y socialmente aceptable.

Un Sistema de Gestión Integral de Residuos Municipales (SGIRM) debe incluir: acciones de reducción en el origen, un sistema óptimo de recolección de residuos, separación y clasificación eficiente; así como acciones de reciclaje de materiales, tratamiento biológico como compostaje, tratamiento térmico, y disposición final en un sitio bien diseñado en términos de ingeniería sin crear incomodidades o peligros para la salud humana o la salud pública, tales como la reproducción de fauna nociva y la contaminación de aguas subterráneas (Juárez 2008; Güereca, 2006 y McDougall *et al.*, 2004).

Por otra parte, la producción de cemento requiere una significativa cantidad de energía para mantener la temperatura del horno a 2000 °C, por ello la industria cementera ha estado investigando el uso de combustibles alternos que ayuden a compensar el consumo de los recursos naturales y la energía, sin comprometer la calidad del cemento producido o aumentar el impacto ambiental.

En este sentido, la utilización de residuos municipales con alto poder calorífico (normalmente provenientes de la Fracción Inorgánica de Residuos



Sólidos Urbanos, FIAR), parece ser un buen combustible alternativo ya que diversos estudios han demostrado un mejor efecto ambiental por sus características específicas de funcionamiento a altas temperaturas (Strazza, *et. al*, 2011; Genon y Brizio, 2008; Mokrzycki *et al*, 2003; Comisión Europea, 2003), sin embargo es necesario evaluar, de una manera holística, objetiva y sistemática, los impactos ambientales generados por el uso de FIAR en hornos de cemento.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales de productos o servicios de una forma holística porque considera todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas, transporte, procesamiento, hasta su disposición final y todos los vectores involucrados: aire, agua y suelo.

Tomando como marco de referencia lo anterior, este estudio tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales del co-procesamiento y la disposición en relleno sanitario de la FIAR, mediante un Análisis de Ciclo de Vida comparativo.

Metodología

Para cumplir con el objetivo propuesto se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida que de acuerdo a la Norma ISO 14040 (ISO, 2006), permite determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

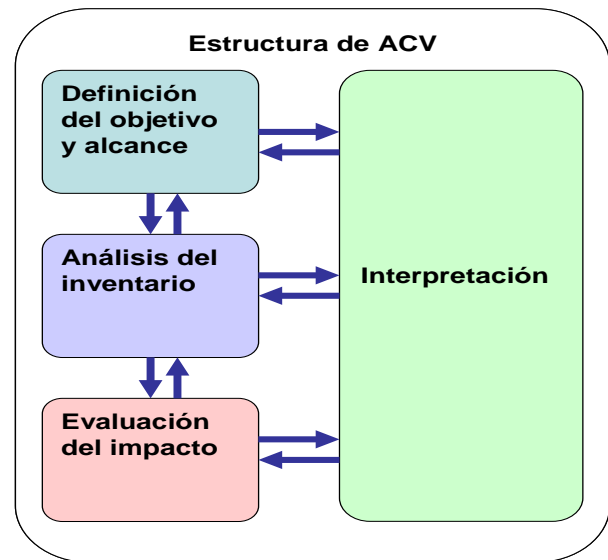
Los resultados de los estudios ACV permiten identificar el impacto total y por procesos unitarios, de los productos o servicios en todas las categorías relevantes. El ACV tiene cuatro etapas: 1) definición de objetivos y alcance del estudio, 2) análisis del inventario, 3) evaluación del impacto y 4) interpretación (Figura 1).

En este estudio se adopta como base de comparación dos diferentes tratamientos de residuos: el co-procesamiento (como combustible para la fabricación de cemento) y el confinamiento en un relleno sanitario.

Escenario A. Co-Procesamiento. Se considera que el 20% de la energía en un horno de clínker es

proporcionada por FIAR, lo cual se traduce en 47.5 kg de residuos. Asumiendo que se evita el uso y producción de 18 kg de coque debido a la combustión del FIAR (límites expandidos).

Figura 1. Estructura del Análisis de Ciclo de Vida (ISO, 2006).



Escenario B. Relleno Sanitario. De acuerdo a la metodología de ACV, se considera que 47.5 kg de FIAR (20% del escenario A) en lugar de que funcionen como combustible alternativo, se destinan a disposición final en un relleno sanitario y de acuerdo a la metodología de límites expandidos se suman los impactos de producir clínker sin co-procesamiento.

En ambos escenarios se consideran los procesos asociados a la recolección, transferencia, selección y transporte de residuos. En el Escenario A se transporta la FIAR compactada de la Planta de Selección de San Juan de Aragón (SJA) en el D.F. a la planta de cemento en Tepeaca, Puebla y en el Escenario B se transportan los residuos de SJA a los rellenos sanitario “el Milagro” y “la Cañada” en el Estado de México.

En este análisis se toma en cuenta la producción y uso de combustibles así como la generación de electricidad, las emisiones al aire, al agua y al suelo. Los datos relacionados con las emisiones del horno de cemento fueron proporcionados por CEMEX México y complementados con datos disponibles de bibliografía. Se adoptó del Sistema de Gestión de



Residuos de la Ciudad de México y el sistema de selección de la planta de San Juan de Aragón.

Resultados y discusión

En las siguientes graficas se presenta la contribución de los escenarios a la categoría de impacto de Cambio Climático.

El Potencial de Calentamiento Global (GWP) es usado como el factor de caracterización para

evaluar y agregar las intervenciones en la categoría de cambio climático. La unidad utilizada para medir este impacto es el dióxido de carbono equivalente.

En la Figura 2 se observa que el Escenario B presenta mayores impactos lo cual se debe principalmente a las emisiones de Gases de efecto Invernadero generadas por la disposición del FIAR (plásticos, madera, textiles, papel) en el relleno sanitario.

Figura 2. Calentamiento global

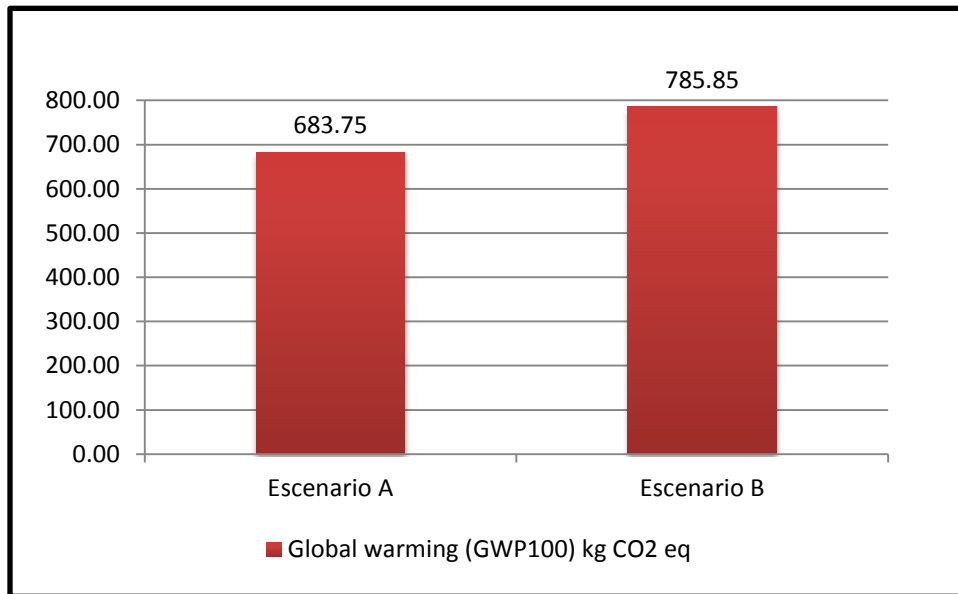


Tabla 1. Contribuciones porcentuales del Escenario a (Co-procesamiento) al impacto de cambio climático.

Escenario A.	Contribución por proceso %
Proceso de obtención del FIAR (desde recogida hasta compactación)	45.5
Proceso de transporte de FIAR a Tepeaca	0.129
Proceso de refinería del coque de 74.4 kg	5.63
Proceso de transporte del coque a Tepeaca	0.414
Horno para la fabricación del clínker con 80% de combustibles fosiles y 20% de FIAR.	51.40

Los procesos que contribuyen la categoría de impacto climático en el escenario de co-procesamiento, se presentan en la Tabla 1, donde

se observa que la recogida de residuos y la fabricación de coque son los principales generadores de GEI.



En la Tabla 2 se presentan las contribuciones de los procesos unitarios del Escenario B, al cambio climático. Aquí se observa que el horno de cemento

contribuye a la formación de Gases Efecto Invernadero con 57% mientras el relleno aporta un 42%.

Tabla 2. Contribuciones porcentuales del Escenario a (Co-procesamiento) al impacto de cambio climático.

Escenario B:		Contribución por proceso %	
Horno con 1 ton de clínker con 93 kg de coque		57.3	
	La refinería de petróleo crudo a Coque de petróleo de 93 kg	6.12	
	Transporte en tren del combustible coque	0.13	
Relleno con los 47.54 kg de FIRSU		42.7	
	Proceso planta de selección (recogida, transferencia y selección)	40.8	
	Relleno especial para papel (32% de la composición del FIRSU)	1.65	

Conclusiones preliminares

El co-procesamiento es una forma óptima de recuperación de la energía al mismo tiempo que se da tratamiento finalista a los residuos con alto poder calorífico.

El co-procesamiento ofrece una solución apropiada para la sociedad, el medio ambiente y la industria cementera, sustituyendo los recursos no renovables por residuos de alto poder calorífica bajo estrictas medidas de control.

El uso de materiales alternativos en la industria cementera reduce las emisiones globales de CO₂ y otras emisiones que generan importantes daños ambientales.

Los resultados señalan que el co-procesamiento de FIAR-con alto valor calorífico es una opción ambientalmente favorable ya que se evita la disposición de dicha fracción en rellenos sanitarios y además disminuye el uso de coque como combustible en hornos de cemento.

La cuantificación de emisiones bajo un enfoque de ciclo de vida permite apoyar el proceso de toma de decisiones desde una perspectiva holística y con mayor información, lo cual en este caso, constituye un respaldo para adoptar el co-procesamiento como una alternativa de disposición final de residuos.

La cuantificación de emisiones GEI bajo un enfoque de ciclo de vida permite apoyar el proceso de toma

de decisiones desde una perspectiva holística y con mayor información, lo cual en este caso, constituye un respaldo para adoptar el co-procesamiento como una alternativa de disposición final de residuos, que llevaría a posibles estrategias de colaboración entre municipios e industrias cementeras.

Fuentes de consulta

1. CEMEX, Análisis de emisiones de hornos con 100% coque Tepeaca. Archivos clasificados.
2. Güereca, L. (2006). Desarrollo de una metodología para la valoración en Análisis de ciclo de vida aplicada ala Gestión integral de Residuos Municipales, tesis doctoral, UPC.
3. Genon, G., Brizio, E., 2008. Perspective and limits for cement kilns as a destination for RDF. Waste Management 28, 2375-2385
4. IPCC. (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
5. ISO 14040:2006 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework.
6. Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México causas, efectos y tecnología apropiada. Colegio de Ingenieros Ambientales de México. México, 925p.
7. Juárez C., (2009).Análisis de Ciclo de Vida del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos de la Ciudad de México. Tesis, Maestría en Ciencias de Desarrollo Sostenible. ITESM-CEM.



8. Ley Ambiental de Distrito Federal.
9. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.
10. McDougall F., White P., Franke M., Hindle P. (2004). Gestión Integral de Residuos Sólidos, inventario de ciclo de vida, primera edición traducida. Procter & Gamble, Caracas. Pp. 624.
11. SEDESOL. (2001). Manual Técnico – Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal. Secretaría de Desarrollo Social, México. 113 pp.
12. SMA. (2010). Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal 2010. Secretaria del Medio ambiente del Distrito Federal.
13. Strazza, C., Del Borghi A., Gallo M., Del Borghi M., 2011. Resource productivity enhancement as means for promoting cleaner production: analysis of co-incineration in cement plants through a life cycle approach. Journal of Cleaner Production 19 (2011) 1615-1621

Anexo:

Futuras investigaciones

- Realizar comparaciones de Análisis del Ciclo de Vida para la categoría de cambio climático de diferentes sistemas de tratamiento de residuos.
- Incineración con recuperación de energía y relleno sanitario
- Incineración sin recuperación de energía y relleno sanitario.
- Incineración con recuperación de energía y Co-procesamiento
- Incineración sin recuperación de energía y co-procesamiento.



“Situación actual y escenario BAU de las emisiones de GEI del Estado de Campeche”

Julio César Martínez^{1*∞}, J. A. R. Uc^{1*}, A. H. Mézquita¹, S. A. Cuenca, C. Uc

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Campeche.
Email: juliomaes@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se atiende la temática relacionada con establecer los criterios a considerar para el diseño de estrategias y políticas enfocadas a la mitigación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el estado de Campeche. Para el análisis se tomaron los resultados del inventario de GEI del estado de Campeche. Posteriormente se utilizó la herramienta informática Long range Energy Alternatives Planning System para las estimaciones del escenario de emisiones del estado de Campeche “Business as Usual”. Aunque el inventario se realizó utilizando la metodología del IPCC 2006, la cual no permitía contabilizar las emisiones por producción de energía eléctrica, en este análisis se considera el consumo de energía eléctrica se calculan las emisiones asociadas a la producción de dicha energía utilizando el factor promedio de emisión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Los resultados del análisis muestran que por sobre los combustibles fósiles, la energía eléctrica será la forma de energía con mayor demanda al medio y largo plazo y principalmente en los sectores residencial, industria, comercio y servicios públicos. Lo anterior implica que buena parte de las políticas y estrategias para la mitigación de emisiones deberá estar dirigida a la modernización de los procesos de producción de CFE y a la inclusión de nuevos procesos sustentables de muy baja o incluso cero emisión. Finalmente se establece la relación entre la mitigación y las conductas de consumo energético en los sectores residencial, Comercio y servicios públicos que serán críticos a futuro en el volumen de emisiones del estado de Campeche.

Introducción

En el marco del diseño de estrategias y políticas para la mitigación y adaptación al cambio climático, se han realizado los inventarios estatales de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En el caso del estado de Campeche, este inventario estuvo a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente

y Aprovechamiento Sustentable (SMAAS), y como institución líder del convenio de ejecución El Colegio de la Frontera Sur Unidad Campeche (ECOSUR) con la participación de la Universidad Autónoma de Campeche en los componentes de Energía y Procesos Industriales. Como tarea posterior a la obtención de los datos del inventario GEI, es necesario su análisis para identificar los factores críticos que serán sensibles para la reducción a futuro del nivel de emisiones de GEI en los diferentes componentes tales como Cambio de Uso de Suelo (CUS). Agrícola, Pecuario, Energía y Desechos.

La información y tasas de crecimiento tales como INEGI, PEMEX, CFE, STPS y BANXICO entre otras sirvieron para realizar las estimaciones futuras y así poder presentar el escenario Business as Usual (BAU), que muestra el comportamiento probable de las emisiones de GEI si continúan las tendencias actuales y no se realizan modificaciones en las prácticas relacionadas con el uso de combustibles fósiles, utilizando la herramienta Long range Energy Alternatives Planning System (LEAP). El presente análisis va más allá del simple inventario y ataca los aspectos relacionados con el consumo de energía en todas sus formas y no sólo en las fuentes que según la metodología del IPCC 2006 serían consideradas en los inventarios estatales.

Finalmente se tratan los aspectos relacionados con las conductas de consumo energético en el estado de Campeche y se dejan abiertas las áreas de oportunidad que se deberán tomar en cuenta para el diseño de políticas y estrategias para la mitigación de las emisiones de GEI en el Estado.

Resultados del Inventario de emisiones de GEI del estado de Campeche

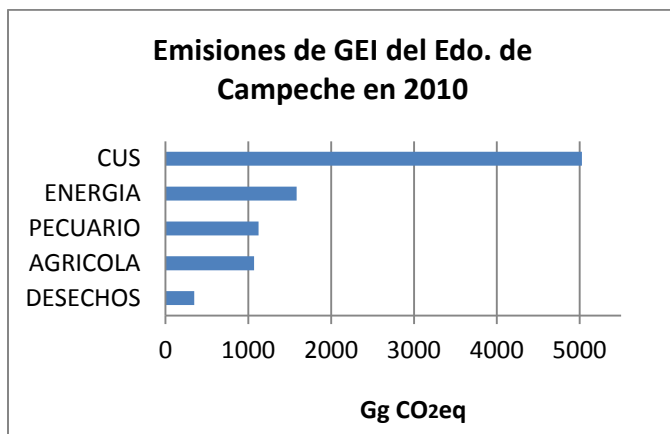
El inventario GEI del estado fue realizado por un grupo de académicos de diversas instituciones del país tratando de albergar las disciplinas necesarias dada la complejidad del mismo. La metodología utilizada fue la propuesta por el IPCC versión 2006 y



tomando como año base 2005 aunque ya se contaba con datos del año 2010 para algunos componentes.

Durante el desarrollo de los trabajos, tuvieron relevancia las discrepancias que se encontraron entre las distintas fuentes oficiales de información y fue necesario realizar algunos análisis de fiabilidad para determinar cuál de ellas era la mejor opción, Así mismo para algunos componentes se realizaron levantamientos de información independientes para completar los vacíos existentes en dichas fuentes oficiales. A groso modo los resultados de emisiones del GEI del estado de Campeche para el año 2010 se resumen en la figura 1.

Figura 1



Se puede observar que Cambio de uso de suelo es el componente que más aporta a las emisiones estatales superando por mucho a las demás componentes del inventario. Así se antojaría que las políticas y estrategias estuvieran dirigidas a este componente para tener mayor impacto en la mitigación de las mismas, sin embargo, la complejidad de los aspectos relacionados a este componente que son de naturaleza política y socioeconómica, complican cualquier estrategia en este campo. Por otra parte toda estrategia de mitigación debe ser considerada a mediano y largo plazo debido a las escalas de tiempo características del tema de emisiones de GEI, y esto nos conduce a echar un vistazo al posible comportamiento futuro de tales emisiones.

Escenario BAU para el estado de Campeche

La pregunta asociada a ¿Qué pasaría si no hiciéramos nada?..., puede ser resuelta en cierta forma mediante el cálculo de los escenarios conocidos como “Business As Usual” (BAU). En

tales estimaciones se consideran los comportamientos o tasas de crecimiento de los factores asociados al crecimiento poblacional, manchas urbanas, desarrollos tecnológicos y demás aspectos socioeconómicos que afecten a las actividades identificadas como responsables de la emisión de GEI. Existen muchas metodologías para estas predicciones, sin embargo la comunidad que se ha dedicado al estudio del Cambio Climático y sus consecuencias ha normalizado estas metodologías en una herramienta informática denominada “Long range Energy Alternatives Planning System” o por sus siglas LEAP. Mediante la aplicación de esta herramienta a los resultados del inventario de GEI para el estado de Campeche y después de definir aquellos factores de crecimiento que afectarán a futuro las mismas, se obtuvo el escenario BAU al 2030 para las emisiones de GEI del estado de Campeche, que se muestra en la figura 2.

En este escenario se observa que las aportaciones del componente Cambio de Uso de Suelo (CUS) se va reduciendo significativamente y esto permite que se amortigüe el crecimiento de los demás componentes y se obtenga un aparente equilibrio en las emisiones de GEI. Así mismo el crecimiento de los otros componentes se observa moderado. En este momento es necesario aclarar que en el proceso del inventario de GEI para el estado de Campeche, específicamente en el componente Energía, se realizaron dos levantamientos de información, el primero que se apegaba a los lineamientos IPCC 2006, donde se considera que el estado de Campeche no cuenta con empresas propias de generación de energía eléctrica y por lo tanto no se pueden contabilizar las emisiones relacionadas con el consumo de esta forma de energía, y el segundo que considera el consumo de energía eléctrica y le asocia las emisiones correspondiente a la generación de la misma utilizando el factor promedio de emisión reportado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que es de 0.693 TonCO₂eq por cada MWh producido. Esto nos lleva al nuevo escenario BAU que considera las emisiones totales asociadas al consumo real de energía en el estado de Campeche. Tal escenario aparece en la figura 3.

En esta nueva estimación se observa que el componente Energía, toma carácter crítico en las emisiones del estado de Campeche principalmente para la década del 2020 al 2030, de esta manera se perfila como un tema de vital importancia para las estrategias de mitigación a mediano y largo plazo.



Figura 2

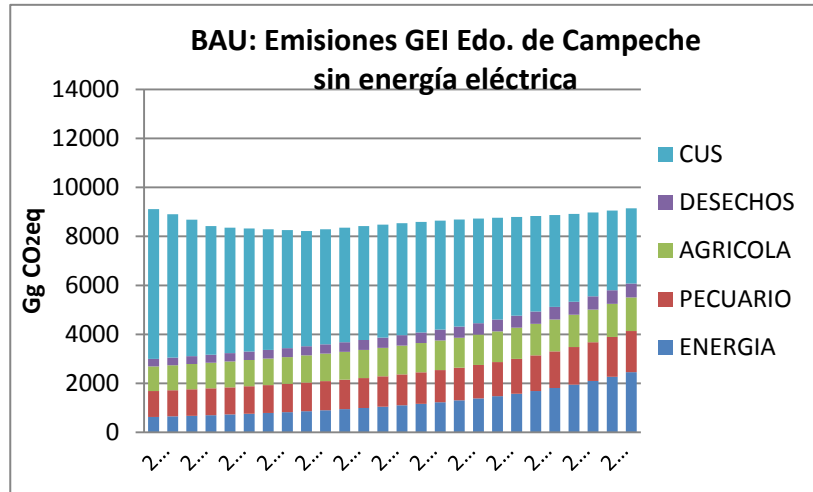
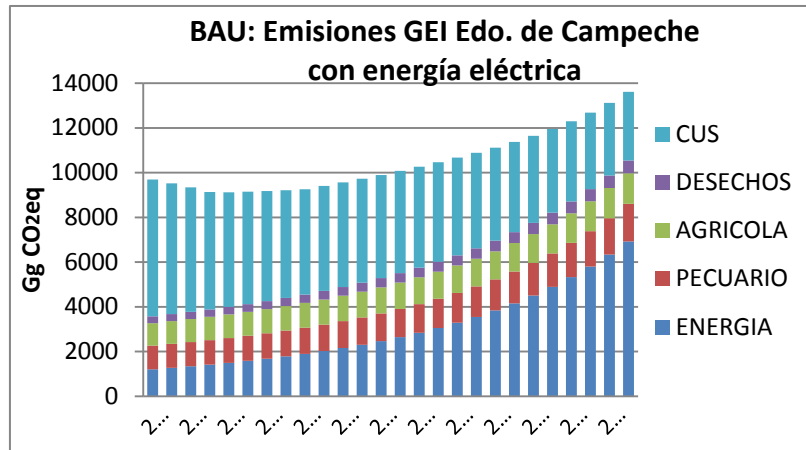


Figura 3



La discusión con respecto a apegarse o no a los lineamientos IPCC para los inventarios de GEI, se suscita debido a que tal metodología es para inventarios a nivel nacional donde la aportación de CFE está bien documentada y sin embargo a nivel estatal y regional no se consideran estas aportaciones de CFE. Lo cierto es que no considerarlas permite saber las emisiones estatales por consumo de combustibles fósiles, pero no permite establecer la importante relación entre el consumo energético y sus consecuentes emisiones

de GEI. Por ello, para el estado de Campeche, el grupo que trabajo el componente Energía, tomo la decisión de establecer ambos escenarios ya que la mitigación de las emisiones de CFE, dependerán de las políticas y estrategias locales, municipales y estatales, para incentivar el uso eficiente de la energía que la paraestatal nos proporciona. Establecido lo anterior se analizará el componente Energía para establecer aquellos aspectos susceptibles a ser considerados en el diseño de



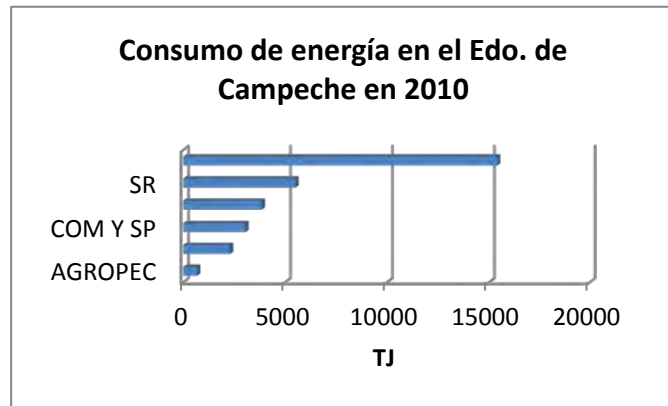
estrategias y políticas para la mitigación de las emisiones de GEI en estado de Campeche.

Componente: Energía

Para el análisis del componente Energía se cuentan los datos de consumo que arrojó el inventario de GEI del estado de Campeche. En este caso el

componente se subdividió en los siguientes sectores de consumo: Transporte (TRA), Desechos (AGROPEC), Industria (IND), Comercio y servicio público (COM Y SP) y finalmente el Sector Residencial (SR). En la figura 4 se muestra la distribución por sector del consumo total estatal para el año 2010.

Figura 4

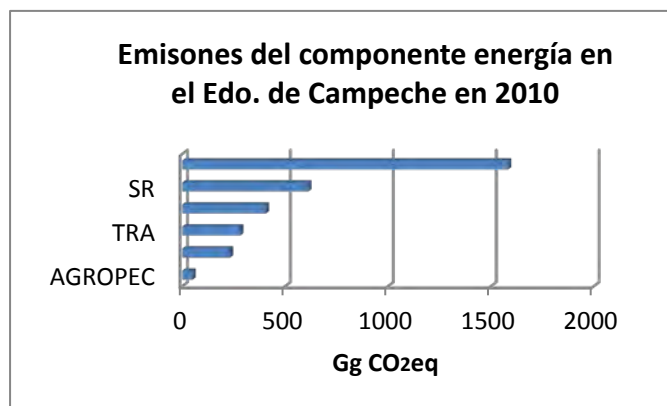


En este año el sector residencial tiene el mayor nivel de consumo, contrario a otros estados que han reportado al sector transporte o al industrial como principales consumidores. Cabe mencionar que el caso del estado de Campeche que además de ser poco industrializado y de ciudades relativamente pequeñas, lo que disminuye en de forma importante el recorrido promedio anual de los automotores, se ha considerado el consumo total de energía que contempla a la electricidad. Por ello el sector

residencial posee gran importancia en la actualidad. Se debe recalcar que las condiciones climáticas del estado con temperaturas medias anuales que rondan los 27°C, máximas en los meses calurosos de hasta 40°C y humedades relativas elevadas son motivo de que el consumo de energía para la climatización sea importante.

En la figura 5 se reportan las emisiones asociadas a este consumo estatal de energía para el 2012.

Figura 5

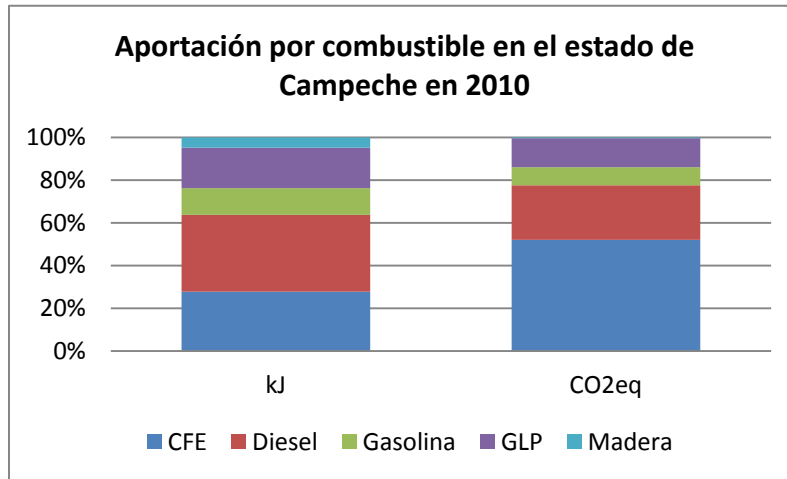




La relación importante a considerar ahora es que fuente energética, que aquí llamaremos combustible, es la que aporta de manera más importante a las emisiones de GEI. En la figura 6 se

muestra en porcentaje las aportaciones tanto energéticas como en emisiones al total del componente Energía del estado de Campeche.

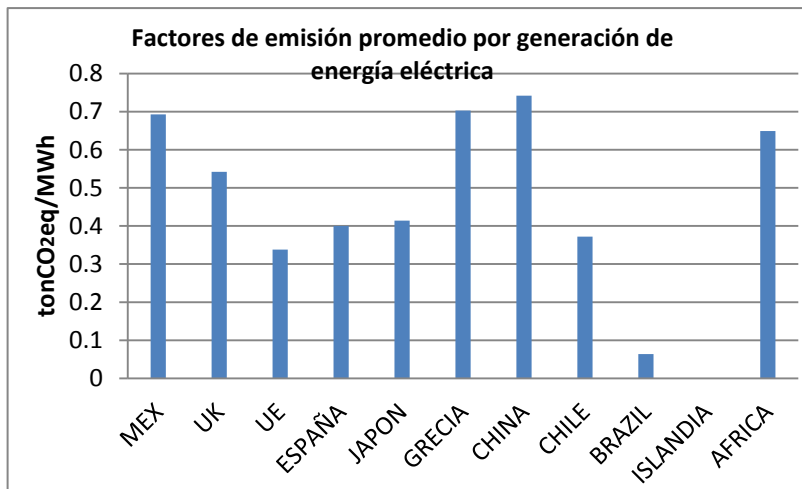
Figura 6



Como se puede observar, existe una relación inversa entre las aportaciones de la energía eléctrica, aquí identificada como CFE, y los demás combustibles. Lo anterior debido al alto factor de emisión que reporta CFE (0.693 ton CO₂eq/MWh). Tal factor es promedio ya que está asociado a las

diferentes tecnología y eficiencias de las que cuenta CFE (Comisión Federal de Electricidad) para producir la energía eléctrica que consumimos los mexicanos. A continuación se muestra una comparativa de tales factores con algunos países del mundo con datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA) en la figura 7.

Figura 7





La meta en este aspecto debería ser alcanzar valores de equilibrio entre tecnología y eficiencia que nos acerquen a valores de 0.350 ton CO₂eq/MWh. El caso de Islandia es especial ya que además de una población muy pequeña aprovechan al máximo la energía geotérmica que se considera de casi nula emisión de GEI.

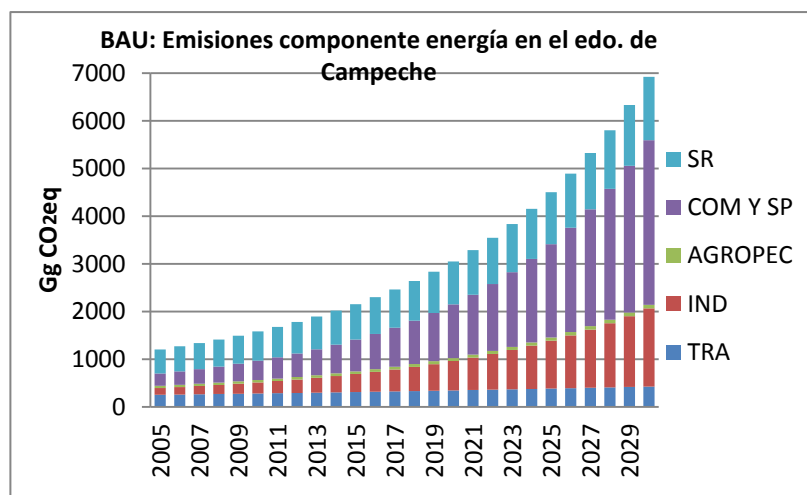
BAU: componente Energía

Es momento de tratar el tema del escenario "Business As Usual" (BAU), específico del componente energía, esto nos permitirá observar el

comportamiento de los sectores que se consideraron para el cálculo de las emisiones tomando en cuenta los factores de crecimiento que los afectan.

En la figura 8 se puede observar el comportamiento en el consumo energético por sector en el escenario BAU al 2030 considerando siempre la energía eléctrica.

Figura 8



En este escenario los sectores que muestran una tendencia son el sector comercial y servicio público (COM Y SP) y el industrial (IND), esto debido a que para el cálculo del crecimiento de la demanda se consideran aspectos socioeconómicos y sus tendencias históricas en el estado de Campeche.

Cabe mencionar que actualmente en el año 2012 se abrieron 3 plazas comerciales que por dimensión y cantidad de comercios que albergarán no tienen precedentes en el estado y las proyecciones de desarrollo económico planean establecer a Campeche como un importante destino turístico, lo anterior asocia también la instalación de nuevas industrias para cubrir las necesidades futuras de estas actividades comerciales y de servicios. Con respecto al sector residencial (SR), no se muestra aparatoso su crecimiento ya que se consideran factores conservadores de población y vivienda para estimar su crecimiento, adicionalmente como economía dependiente del turismo, la población flotante tiene un valor

importante y esas necesidades de alojamiento y alimentación recaen en el sector de comercio y servicios. La demanda energética antes mostrada será la responsable de las emisiones reportadas en la figura 9.

Nuevamente lo importante en este caso es observar que combustibles serán los utilizados para cubrir la demanda de energía y poder establecer las opciones para la mitigación de estas emisiones de GEI. En la figura 10 se observa la demanda energética por combustible en el escenario BAU a 30 años para el estado de Campeche.

La estimación futura muestra que la energía eléctrica será utilizada en la misma proporción que la actual ya que no existen por el momento nada que indique algo diferente. Para este BAU se consideran aspectos importantes como el desuso de los focos incandescentes y la mejora en las tecnologías de refrigeración.



Figura 9

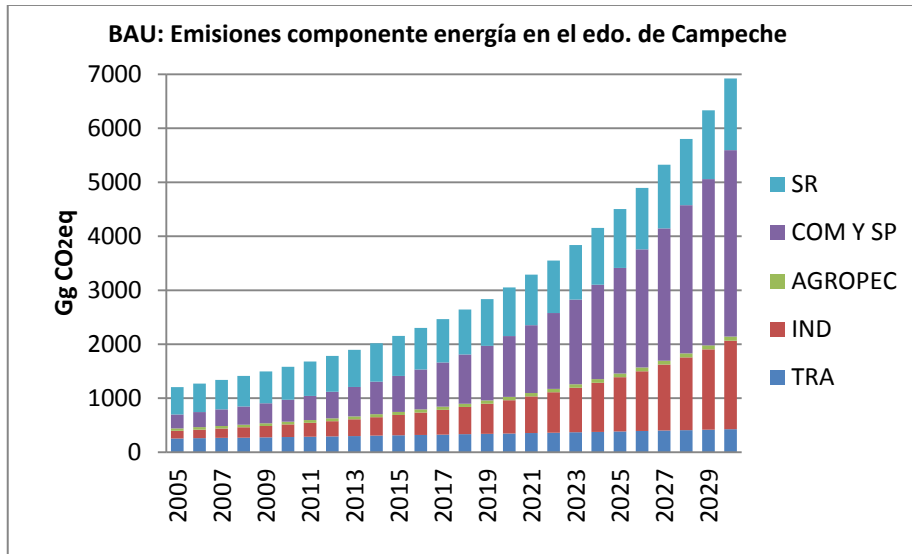
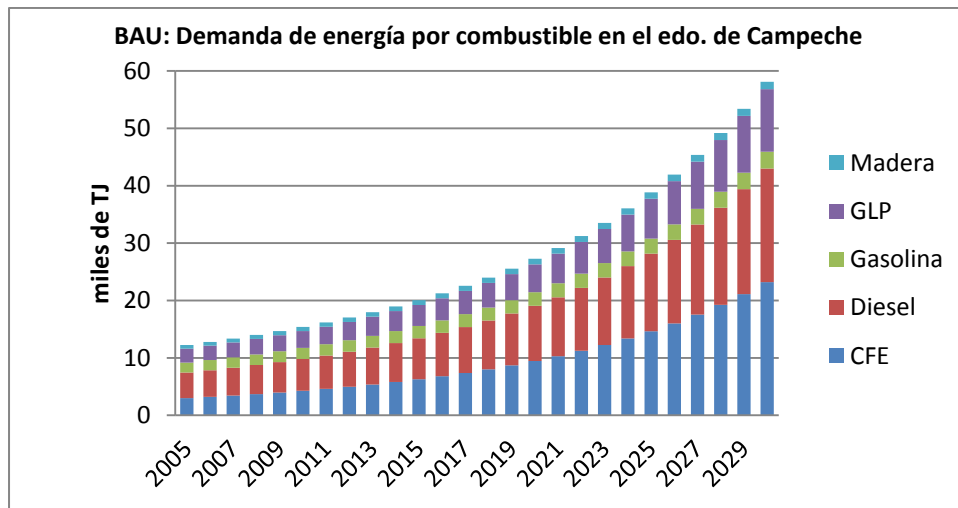


Figura 10

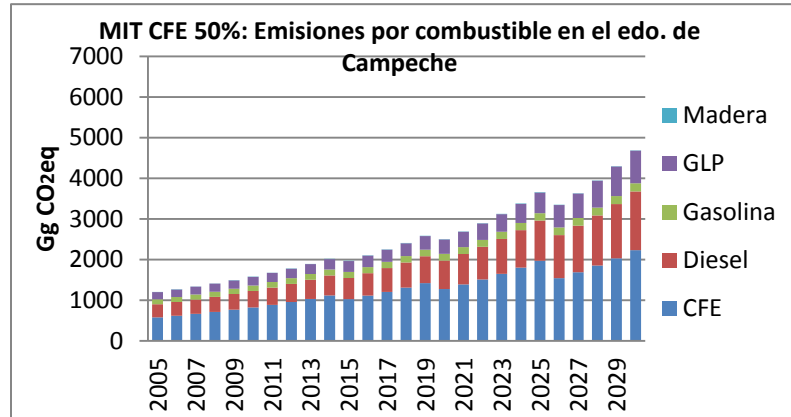


Actualmente se realizan corridas de los escenarios de mitigación que se propondrán a los paneles que tendrán como objetivo el diseño de las políticas y estrategias de mitigación y tener posibles beneficios de su implementación. La figura 11 muestra una de esta corridas donde se propone trabajar en las estrategias que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) deberá implementar para eficientar su

producción y reducir su factor promedio de misión en un 50% de forma paulatina al 2030. Lo anterior va más allá de la modernización de los equipos y procedimientos de la paraestatal, también considera la inclusión de tecnologías que no requieran la combustión materiales fósiles para la generación, esto incluye las opciones eólica, solar y nuclear entre otras.



Figura 11



Como se observa si este escenario de mitigación tiene éxito se reducirían las emisiones al 2030 en alrededor de un 30%. Pero no son las únicas medidas de mitigación a implementar, como en todo, el factor humano es la clave. En el siguiente apartado se tratará la relación de las conductas de consumo energético en el problema de emisiones de GEI.

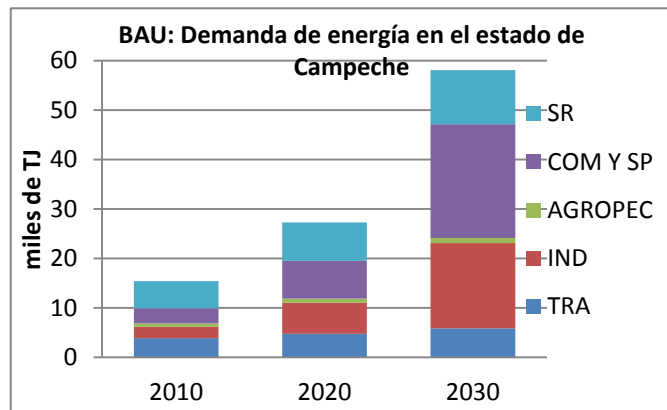
Conductas de consumo energético.

En esta sección intentamos plantear los fundamentos para resolver la cuestión relacionada

a... ¿Qué puedo hacer yo para ayudar a mitigar?..., y aquí es donde la parte técnica debe aceptar que las maquinas por sí no son las responsables de emitir sino el humano que necesita que esas maquinas funcionen es el responsable de esas emisiones.

La siguiente gráfica (figura 12) simplificada del BAU al 2030 para el componente Energía del estado de Campeche nos ayudará identificar que tan crítica es la tesis inicial.

Figura 12



Definitivamente los sectores comercial y servicios público (COM Y SP), industrial (IND) y residencial (SR), son los que más demanda energética tendrán a mediano y largo plazo. Pero existe una particularidad en ello. El sector industrial, demanda en función de necesidades técnicamente estimadas, es decir, que se requieren de forma obligatoria para suficiente para operar. Sin embargo, el concepto desperdicio no es aceptable desde un punto de

economía de la empresa ya que significa en pérdidas y por ello se podría considerar que este sector no está haciendo uso indebido de la energía y por los mismo es necesario suministrársela para que la sociedad pueda disfrutar de los satisfactores que este sector tiene encomendado aportar. Por el contrario el sector residencial y el de comercio y servicios públicos atiende más a requerimientos de confort que a necesidades técnicas.



Los estudios de consumo y de endeudamiento financiero de las personas realizados por BANXICO, PROFECO, CNBV y CONDUSEF, no en el ámbito empresarial, muestran que el ciudadano consumirá y se endeudará hasta donde su capacidad económica se lo permita, y en cuestiones de energía esto se traduce a que utilizará la energía mientras pueda pagarla aunque no lo necesite. Estas malas conductas de consumo energético son clave en el uso ineficiente de energía.

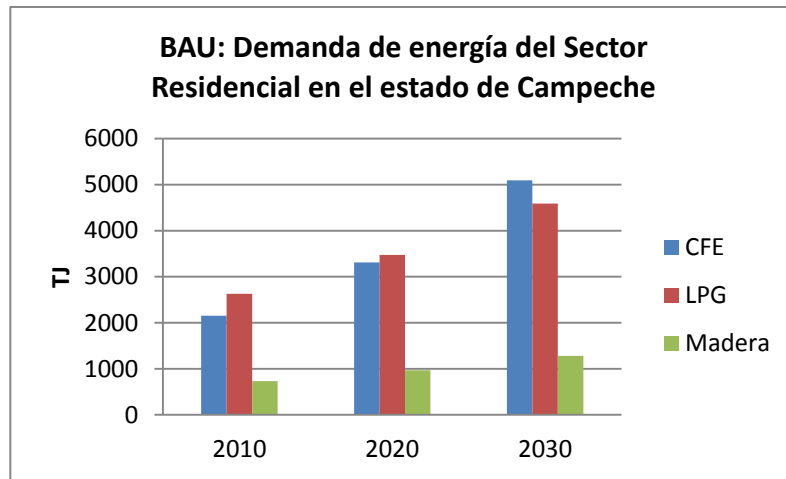
Por ejemplo, si un desarrollo tecnológico logra que un aire acondicionado de 12000btu consuma el 40% de energía, el sector industrial lo instala en lugar del que consumía más y se ahorra ese 40% para invertirlo en otras necesidades de la industria. Pero en el caso del sector residencial, de igual forma se desecha el equipo viejo pero se instalan 2 debido a que lo puede pagar y ahora consume un 20% más de energía que la que consumía ya que si su conducta era tener climatizada solo un área, ahora puede tener climatizadas dos y así seguirá hasta que su capacidad de pago no se lo permita y su conducta de consumo energético se seguirá modificando hacia el uso innecesario. Se esperaría que el sector comercial y se servicios públicos se

comportara al igual que el sector industrial, pero por desgracia las conductas de consumo del sector residencial permean a este sector ya sea por exigencias del cliente o confort mismo de los dueños de los comercios u oficinas públicas que consideran en este sector su lugar de trabajo como una extensión de sus casas.

Lo anterior también significa que si logramos modificar las conductas de consumo energético en el sector residencial hacia una cultura de uso eficiente de la energía, esta también permeará al sector comercial y de servicios públicos y el impacto de la mitigación será muy importante. En la figura 13 se muestra la demanda de energía en el sector residencial por combustible y es notable el incremento de la demanda de energía eléctrica identificada como CFE, por sobre los otros combustibles.

Lo anterior es una consecuencia de un fenómeno que se puede observar en la actualidad en el estado de Campeche y es una tendencia a la baja en el número de personas que ocupan una vivienda, ya que la vivienda por el hecho de existir requiere una cantidad de energía para operar independiente del número de personas que la habiten..

Figura 13



El hecho de que menos personas ocupen una vivienda también afecta por el hecho de que se requerirán mayor número de viviendas ya que la población continúa aumentando. Las tasas de crecimiento consideradas para esta estimación son 1.73% anual para población y de 2.83% para vivienda. Como parte del análisis de las conductas

de consumo energético se propone un concepto denominado "Bien Tecnológico" y se define como todos aquellos bienes que requieran de energía para operar y que hacen de satisfactor para el ser humano. Todos estos bienes requieren de recursos económicos tanto para su adquisición como para su operación y el individuo adquirirá, según las



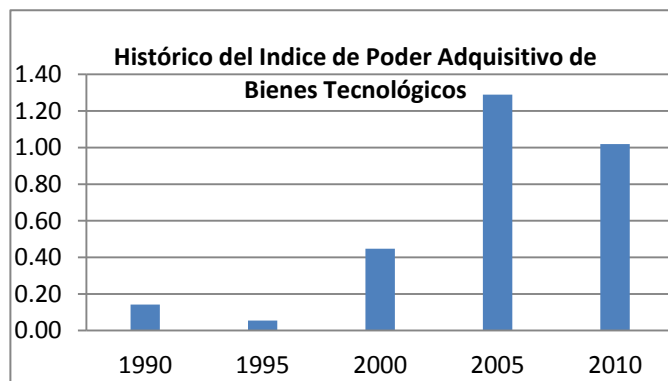
conductas actuales de consumo en el estado de Campeche, todos los bienes tecnológicos que le permita su presupuesto.

Lo anterior es motivo de estudio por diversas áreas ya que desde el punto de vista de economía familiar y calidad de vida, el exceso o uso desmedido de estos bienes provoca el destino de recursos que serían necesarios para elevar la verdadera calidad de vida en aspectos como alimentación y vestido. Aunado a esto la emisión innecesaria de GEI debido a solicitudes de energéticas superfluas. En la figura 14 se muestra un histórico de un factor que se ha calculado en función del salario mínimo, el tipo de cambio y demás índices económicos y sociales, locales, regionales, nacionales e internacionales, asociados a los bienes tecnológicos y que se

estipulo como el “Índice de Poder Adquisitivo de Bienes Tecnológicos” (IPABT)

El abaratamiento de la tecnología por motivos comerciales, que se ha disfrazado como un bien social de acceso de la misma, no ha sido evaluado a fondo en sus repercusiones futuras y ha detonado un nuevo “boom” en la cultura de consumo desmedido que seguramente traerá consecuencias negativas. El IPABT muestra que estamos en una etapa con gran poder adquisitivo de dispositivos que consumen energía y estará en la responsabilidad de uso de los mismos el éxito del espíritu del desarrollo tecnológico que es el de mejorar la calidad de vida de los individuos y no el de crear problemas a escala global como lo es el cambio climático.

Figura 14



.Conclusiones

Este breve análisis muestra las áreas de oportunidad para trabajar sobre el diseño de políticas y estrategias para mitigación en las emisiones GEI en el estado de Campeche. Como tarea local está el incentivar el cambio en las conductas de consumo energético principalmente con campañas de educación y cultura ambiental, de esta manera se podrá aligerar la carga sobre la compañía que suministra la energía.

Con respecto a la generación de energía, la tarea es de los expertos en tecnologías sustentables para incorporara a los esquemas actuales de producción aquellas que no emitan o tengan un factor muy bajo de emisión de GEI.

Fuentes de consulta

- o Inventario de GEI del estado de Campeche. Secretaria de Medio Ambiente y

Aprovechamiento Sustentable. Gob. del Edo. de Campeche

- o IPCC Metodologías y practicas recomendadas para inventarios de emisiones de GEI
- o IEA Publications, 9, rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15 Printed in Luxembourg by Imprimerie Centrale, October 2011
- o Censos poblacionales y económicos de INEGI
- o Diversos estudios socioeconómicos de:
 - o Banco de México
 - o Procuraduría Federal del Consumidor
 - o Comisión Nacional Bancaria y de Valores
 - o Comisión Nacional para la Defensa de los Usuarios de las Instituciones Financieras

• Temas para investigaciones futuras

- o Conductas de consumo energético
- o Ecotecnias
- o Educación ambiental



Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana

Juan Fernando Mendoza Sánchez,¹; Cindy Lara Gómez, Elia Mercedes Alonso Guzmán y Wilfrido Martínez Molina

Instituto Mexicano del Transporte

Email: jmendoza@imt.mx

Resumen

El trabajo plantea una propuesta metodológica para estimar las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles durante los viajes urbanos en fuentes móviles, específicamente los vehículos. La operación del transporte automotor es en las ciudades de la República Mexicana, la causa principal de contaminación atmosférica.

La propuesta se basa en los trabajos realizados en México acerca de inventarios de emisiones para algunas ciudades de la República, utilizando como herramienta el modelo MOBILE6, desarrollado por la EPA. Para la utilización del software fue necesario obtener una serie de datos de entrada basados en encuestas aplicadas a conductores en la Ciudad de Uruapan, obteniendo información del tipo de combustible, el uso de aire acondicionado, el monto de consumo de combustible, el kilometraje acumulado, etc.

La metodología incluye principalmente tres aspectos considerados como necesarios: 1. Condiciones locales (altitud, temperatura, humedad relativa, y características de los combustibles); 2. Caracterización de la flota vehicular total (edad, tipo de combustible y clasificación vehicular); 3. Datos de la operación vehicular (obtenidos del análisis de las encuestas).

Con la información recopilada se alimentó el modelo MOBILE6 para la obtención de factores de emisión en ocho clases de vehículos, tales como: motocicletas, automóvil, camionetas pick up, vehículos ligeros, autobuses y vehículos pesados. Los resultados muestran la cantidad de emisiones generadas por la operación vehicular en la ciudad de Uruapan, de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos totales, material particulado, dióxido de azufre, dióxido de carbono, así como seis contaminantes tóxicos adicionales (HAP's).

Se estima que con los resultados del inventario de emisiones, permita a las autoridades ambientales municipales la toma de medidas, para mitigar el impacto ambiental que estos contaminantes atmosféricos generan para la ciudad, y que repercuten en la salud humana.

La metodología propuesta resultó muy útil para conocer de manera macroscópica el nivel de emisiones vehiculares que se generan en ciudades, tales como la del caso de estudio.

Introducción

La operación del transporte terrestre es uno de los contribuyentes de impactos negativos al medio ambiente; tales efectos son las emisiones contaminantes, el ruido, la basura, y los accidentes de tránsito, entre otros.

El presente artículo se centra en la estimación de emisiones vehiculares, mediante el desarrollo de una metodología para la cuantificación de las emisiones, y una breve revisión sobre ésta externalidad del transporte.

El impacto ambiental de la operación del transporte

El transporte es una de las causas principales de los impactos negativos al medio ambiente, debido a las repercusiones ambientales en las zonas urbanas, en aspectos nocivos para la flora y fauna; pero el más importante son las afectaciones a la salud humana, derivadas de la necesidad de movilidad a través de medios automotores, cuyos efectos están relacionados con las emisiones contaminantes y el ruido, generados por la operación vehicular.

El aumento constante de la población urbana y sus necesidades de transporte, traen consigo el crecimiento de la motorización, esto conlleva a que las emisiones de las fuentes móviles sean consideradas como parte de la problemática



ambiental, y por tanto, requieren ser incluidas dentro de las estrategias para el mejoramiento de la calidad de aire urbano.

Además de los impactos ambientales directos causados por las fuentes móviles durante su operación, existen impactos indirectos, tales como los derivados de las grasas y aceites usados, el polvo; así como los impactos ambientales por metales y materiales usados en el ensamblaje de los vehículos, los desechos de llantas, etc.

Emisiones vehiculares

Las emisiones que se originan en la operación de un vehículo se deben a un conjunto de elementos conformado por el motor, el combustible y el modo de uso; es decir, que las emisiones emitidas a la atmósfera resultan de la interacción de estos tres factores y no de alguno en particular. Por lo que para evaluar los impactos ambientales y sugerir alternativas efectivas de mejora ambiental se requieren considerar los tres aspectos; por lo que no podemos considerar un cambio de combustibles solamente, sin pensar qué tecnología de motor es la que se está usando o se va usar en el país.

También pudiera resultar importante establecer para cada ciudad, cuál es su situación actual en cuanto a niveles de contaminación, y cuánto representan las emisiones de vehículos en este contexto; y de ser posible, cuál es el contaminante con niveles que excedan los límites máximos aceptados por los estándares normativos. Con estos elementos se podrá plantear una estrategia más eficiente para cada ciudad.

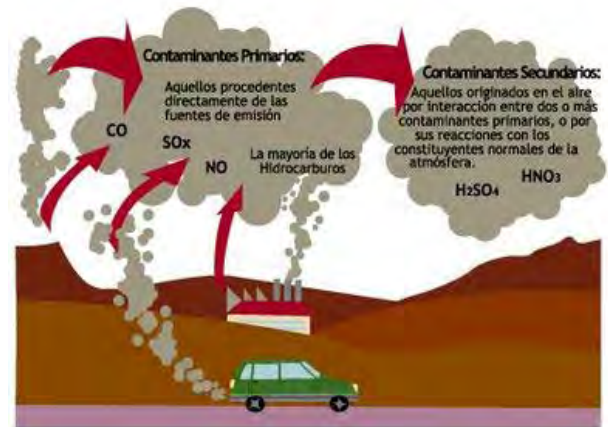
Las emisiones vehiculares son una gama de contaminantes que afectan al medio ambiente. Los debidos al tráfico se pueden clasificar en dos grupos, contaminantes primarios, y los secundarios. Los contaminantes primarios son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera como resultado de un proceso de combustión, estos son el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), vapores de combustibles y solventes, plomo (Pb) y partículas suspendidas.

Los contaminantes secundarios se forman como consecuencia de las reacciones y transformaciones que experimentan los contaminantes primarios una vez que se encuentran en el aire como el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y algunos tipos de partículas (Figura 1).

Tipos de emisiones vehiculares

Las emisiones de vehículos automotores están integradas por un gran número de contaminantes que provienen de muchos procesos diferentes (figura 1). Las más comúnmente consideradas son las provenientes del escape, que resultan de la combustión del combustible y que son liberadas por el escape del vehículo.

Figura 1 Contaminación primaria y secundaria



Fuente: www.educarchile.cl

Los contaminantes de interés clave en este tipo de emisiones incluyen NO_x (óxidos de nitrógeno); SO_x (óxidos de azufre); Compuestos Orgánicos Volátiles (COV); CO (monóxido de carbono); y las partículas PM (partículas en suspensión). También incluye los gases efecto invernadero, que aunque no afectan a la salud influye en el clima, como es el CO₂.

Además de las emisiones de COV por combustión, hay un porcentaje significativo de emisiones de COV desde otros dispositivos con especial importancia para los automotores de gasolina. A esta clase se le conoce como emisiones evaporativas (Figura 2) Algunas de ellas son las siguientes:

- Emisiones evaporativas del motor caliente: son aquellas que se presentan debido a la volatilización del combustible en el sistema de alimentación, después de que el motor se ha apagado. El calor residual del motor volatiliza el combustible.
- Emisiones evaporativas de operación: son las emisiones ocasionadas por las fugas de combustible, como líquido o vapor, que se



presentan mientras el motor está en funcionamiento.

- Emisiones evaporativas durante la recarga de combustible: son las emisiones evaporativas desplazadas del tanque de combustible del vehículo durante la recarga. Pueden ocurrir mientras el vehículo está en reposo y en puntos conocidos, como las gasolineras. La recarga de combustible se maneja típicamente como fuente de área. Los factores de emisión para la carga de combustible también pueden estimarse a través del modelo MOBILE.
- Emisiones diurnas: son las emisiones del tanque de combustible del vehículo debidas a una mayor temperatura del combustible y a la presión de vapor del mismo. Se deben al incremento de la temperatura ambiente ocasionado por el sistema de escape del vehículo, o por el calor reflejado en la superficie del camino.
- Emisiones evaporativas en reposo: son emisiones evaporativas diferentes a las anteriores, que se presentan cuando el motor no está en funcionamiento. Las pérdidas en reposo se deben principalmente a fugas de combustible y de la permeabilidad, o fugas de los conductos de combustible.

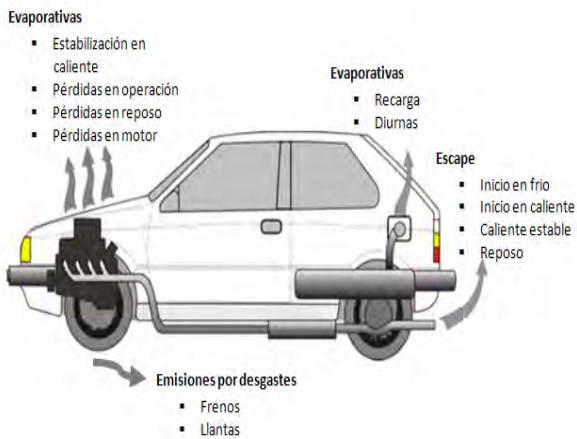
motores es complejo debido a varios factores; la combustión no se desarrolla en su totalidad. Entre las causas más importantes se destaca la potencial falta de oxígeno y la variabilidad de la mezcla oxígeno/combustible; la baja temperatura, cuando los motores inician su funcionamiento, etc., y como consecuencia se producen emisiones de CO; además de hidrocarburos sin oxidar o parcialmente oxidados (Racero, et al).

Una combustión incompleta contamina el aire, y libera menos energía de la que teóricamente puede obtenerse, ocasionando así una pérdida económica que puede llegar a ser importante para las diversas posibilidades de combinación entre el carbono y el oxígeno.

Adicionalmente, y debido a las altas temperaturas en la cámara de combustión, (estabilidad térmica del motor), se produce la combinación de N₂ (dinitrógeno) y O₂ (dioxígeno), formando NO_x (USEPA, 2006).

El azufre forma parte de las impurezas que contienen los combustibles fósiles. Su oxidación produce la formación y emisión de SO₂ (dióxido de azufre). Interfiere directamente en la eficiencia de los catalizadores, cuyo uso sólo es viable con combustible con muy bajo contenido de azufre.

Figura 2 Proceso de emisión de en vehículos automotores



La composición del combustible y las características en la combustión dependen en gran parte de la emisión de contaminantes.

Los combustibles fósiles están formados por una mezcla de diferentes hidrocarburos; luego del proceso de combustión completa generan principalmente monóxido de carbono (CO) y vapor de agua; sin embargo, el funcionamiento de los

Las emisiones de partículas se producen por la combustión, el desgaste de los neumáticos, recubrimiento de frenos y superficies de rodadura, o por la suspensión de polvo (levantamiento de polvo del camino, polvo recogido por las llantas del vehículo y suspendido en el aire por la turbulencia ocasionada por el movimiento).

Las partículas que dan un color blanco al humo del escape se asocian a condiciones frías de los motores; en tanto que humos de color azulado y negro, se asocian a la combustión incompleta de mezclas que pueden contener lubricantes. La gran mayoría de las partículas finas (PM_{2.5}) se producen debido a la combustión; por lo que cuando se comparan con las del desgaste de las llantas y frenos, son poco significativas; por ello en algunas ocasiones son omitidas de los inventarios de emisiones.

Los vehículos diesel producen de 10 – 100 veces más partículas de combustión que los de gasolina.



Análisis del modelo MOBILE 6 para la estimación de emisiones vehiculares

El modelo MOBILE está formado por un conjunto de rutinas codificadas en lenguaje FORTRAN que generan factores de emisión de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx), para vehículos alimentados con gasolina y diesel que circulan por carreteras.

Los factores de emisión para hidrocarburos pueden ser expresados como hidrocarburos totales (HCT), hidrocarburos no metánicos (HCNM), compuestos orgánicos volátiles (COV), gases orgánicos totales (GOT), o gases orgánicos no metánicos (GONM). Este factor de emisión se obtiene para 28 categorías vehiculares.

La primera generación del modelo MOBILE fue creada a mediados de los años setentas y, desde entonces, ha tenido numerosas actualizaciones y revisiones para incorporar los cambios de la legislación ambiental y los avances tecnológicos.

El MOBILE 6 cuenta con datos de emisiones base obtenidos a partir de pruebas controladas (temperatura, humedad, combustible) FTP 75; el modelo asume factores de deterioro con respecto al tiempo. El programa realiza diversos ajustes a las emisiones base con respecto a condiciones propias de una localidad en específico; los factores de corrección, se basan en los siguientes aspectos:

- Velocidad promedio, por tipo de vialidad
- Temperatura
- Aire acondicionado
- Humedad
- Características de la gasolina (volatilidad, contenido de oxigenantes, detergentes, azufre, etc.)
- Emisiones de CO en frío
- Ciclo de prueba federal complementario
- Alteraciones en los sistemas de control de emisiones
- Vehículos altamente contaminantes
- Programas de inspección y mantenimiento
- Programas anti-alteraciones
- Programas de recuperación de vapores (fase 2)
- Sistemas de diagnóstico a bordo

Los datos requeridos por el modelo se agrupan en dos bloques:

1) Condiciones locales: altitud, humedad, temperatura, estación del año, características de los

combustibles, programas de inspección y mantenimiento, y año en que se realiza la modelación.

2) Flota vehicular, año-modelo, categoría vehicular, tipo de combustible utilizado por categoría vehicular, actividad vehicular (kilometraje anual acumulado por categoría, y año modelo del vehículo desagregado por tipo de vialidad, tiempos de reposo, etc.), y tipo de tecnología vehicular (referido a los estándares de emisión).

MOBILE 6: Incluye valores por defecto; sin embargo, éstos pueden ser sustituidos por información más específica que refleje las condiciones del sitio en estudio.

Metodología para estimación de emisiones vehiculares

La metodología propuesta para la estimación de ciudades utiliza el software MOBILE 6, debido principalmente a la experiencia del uso en México, y por contar con adaptaciones previas sobre las características de la flota vehicular mexicana.

Para ello fue necesario definir los elementos básicos para alimentar el modelo y puntualizar los estudios requeridos para completar la metodología en la estimación de emisiones urbanas.

Primeramente, se deben definir las condiciones particulares de la ciudad, tales como: las condiciones ambientales, de temperatura, altitud, etc.; la caracterización de la flota vehicular de la ciudad de estudio; es decir, modelos de vehículos, edad de la flota, la categoría; otros elementos son la actividad vehicular, como el kilometraje, el consumo de combustible, velocidad de operación.

Dependiendo de la precisión de estudio se puede precisar también la red vial, y utilizar modelos de transporte para estimar longitudes de viajes urbanos. Con esta información se puede alimentar el MOBILE 6, y con ello obtener los factores de emisión por tipo de vehículo, según la precisión que se desee.

Con dichos factores y la cantidad de kilómetros que recorre un vehículo de acuerdo con su actividad, se estima la cantidad de emisiones vehiculares generadas en las ciudades, conforme a los diferentes tipos de vehículos y los diversos contaminantes atmosféricos.



La figura 3 muestra el esquema gráfico de la metodología a implementar para la estimación de emisiones vehiculares; cada una de las partes fue planteada en esta metodología a desarrollarse conforme a los elementos externos que rigen a las ciudades del país, ya que el primer obstáculo que se encuentra es la falta de información o la dificultad para conseguirla.

Figura 3 Metodología para la estimación de emisiones



La estimación de emisiones bajo este esquema permite tener un conocimiento macro del escenario que se puede presentar en las ciudades, en cuanto a la contribución que realiza la operación vehicular, y los resultados pueden motivar para llegar a implementar metodologías con un nivel más detallado.

Estudio de caso

Para la aplicación del estudio de caso, se definió analizar Uruapan, que es la segunda ciudad más importante del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954,17 km², que equivalen al 1,62% de la extensión total del estado.

Cuenta con 279.229 habitantes (según los datos arrojados por el segundo conteo de población y vivienda de 2005). Se ubica a una altitud de 1.634 m sobre el nivel del mar, con una temperatura máxima de 27°C y mínima de 7,7°C, con una humedad relativa del 78%.

Las características del combustible de acuerdo a datos de Pemex Refinación, reflejan en promedio los valores mostrados en la tabla 1.

Tabla 1 Calidad de la gasolina y el diesel de la ciudad de Uruapan

2007	MAGNA		PREMIUM			DIESEL
	Azufre (ppm)	PVR (psi)	Azufre (ppm)	PVR (psi)	Oxígeno (%P)	Azufre (ppm)
<i>Promedio</i>	600,8	9,82	33,3	7,71		223,2

Fuente: PEMEX, Refinación

Para la obtención de la velocidades se instalaron estaciones de monitoreo en diversas estaciones en las principales arterias de la ciudad, definiendo así dos escenarios de acuerdo a los resultados, el primero referido para velocidades de 36 km/h y el segundo para 56 km/h.

La flota vehicular de servicio privado, federal y de transporte público se encuentra registrada en base de datos, de la Dirección de Ingresos de la Secretaría de Finanzas y Administración en el Estado de Michoacán, la cual contiene parámetros tales como: año modelo, tipo de vehículo por marca o por uso, entre otros parámetros, que permiten caracterizar la flota vehicular.

Para conocer información de la actividad vehicular en la ciudad, se recurrió al uso de encuestas, aplicadas directamente a los conductores de la población de estudio. El objetivo principal al aplicar la encuesta desarrollada, fue conocer el tipo de combustible que utilizan comúnmente los vehículo en la ciudad (Magna o Premium), y otros aspectos tales como: el uso de aire acondicionado, el gasto aproximado de combustible y la tasa de acumulación de kilometraje de los vehículos, así como conocer el modelo, año y categoría vehicular (ligero, pesado, autobús, entre otras).

Resultados

Los resultados muestran que el CO representa en promedio el 84% del total de las emisiones generadas, principalmente por los vehículos que emplean gasolina como combustible. El contaminante NOx representa el 11%; HC el 4%; y las PM10 sólo el 1% del total de emisiones.

En los dos escenarios evaluados, el primero para velocidades de 36 km/h, y el segundo para 56 km/h;



no se aprecia una diferencia significativa en cuanto al porcentaje de aportación de cada contaminante. Debido al cambio de velocidad, las emisiones de CO y NOx aumentan si la velocidad del vehículo es mayor; pero en el caso del HC disminuye; para las PM10, se mantiene porque el modelo para este contaminante no es sensible al cambio de velocidad.

Cabe mencionar que las camionetas tipo pick up y los automóviles representan el 80% de la flota, y en específico son la principal fuente de contaminación de CO en la ciudad de estudio.

Los vehículos pesados, los autobuses y camiones urbanos que emplean diesel representan sólo el 3% de la flota vehicular, y son la categoría de fuente más significativa en cuanto a emisiones de NOx con una aportación del 79%; y PM10 con 74%. Ello se debe a que los factores de emisión de estos contaminantes para vehículos pesados que se alimentan con diesel son considerablemente mayores que los correspondientes a vehículos a gasolina.

El 97% de la flota vehicular de la ciudad utiliza gasolina como combustible; de la cual, el 92% utiliza gasolina magna, y sólo el 3% son unidades a diesel.

Conclusiones

El aumento constante en las ciudades, de la población y sus necesidades de transporte, traen consigo el crecimiento de la motorización; esto conlleva a que las emisiones de las fuentes móviles sean consideradas como parte de la problemática ambiental, y por tanto, requieren ser incluidas en las estrategias para el mejoramiento de la calidad de aire urbano.

El diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en las ciudades, tiene como tarea fundamental conocer la naturaleza y la cantidad de emisiones generadas por las diferentes fuentes productoras de tales contaminantes.

Para ello existen diversas herramientas y métodos que permiten cuantificar las emisiones emitidas por una fuente, ya sea móvil o fija; pero su complejidad, costo de implementación y necesidad de datos de entrada, hacen que su uso en México sea aún restringido.

La aplicación de la metodología propuesta en este artículo permite obtener información del

comportamiento ambiental en cuanto a la generación de emisiones contaminantes, con requerimientos relativamente bajos de datos de entrada. Esta metodología puede coadyuvar a otras ciudades de la República Mexicana para conocer el estado actual de la calidad del aire en cuanto a la generación de emisiones atmosféricas provenientes de la operación vehicular.

Con la propuesta metodológica utilizada y la herramienta informática del modelo MOBILE6 adaptado a condiciones vehiculares mexicanas, permitió conocer la naturaleza de las emisiones en la ciudad de Uruapan, obteniendo resultados que muestran las condiciones ambientales de la ciudad a un nivel macro.

Los resultados obtenidos podrán servir a las autoridades ambientales de la ciudad de Uruapan para la toma de decisiones que coadyuven a la mejora de las condiciones del aire de la misma.

Recomendaciones

Una estrategia que se considera útil para disminuir la generación de emisiones emitidas a la atmósfera por la operación vehicular es la implementación de un programa de verificación vehicular en la ciudad, aplicado de manera estratificada en el tiempo; comenzando de manera obligada con las camionetas pick up por el alto porcentaje que representa del total de la flota vehicular y de emisiones de CO generadas; además de contener la invasión de automotores usados en malas condiciones, procedentes de Estados Unidos. En una segunda etapa, el resto de los vehículos ligeros; finalizando con una tercera etapa, con el resto de la flota vehicular.

El mantenimiento vehicular es una obligación ciudadana para hacer un uso eficiente del transporte, ya que el descuido de algunas personas, en cuanto al mantenimiento y cuidado de las partes mecánicas de los motores de sus automóviles, hace que el rendimiento del combustible en este no sea aprovechado de manera óptima, haciendo que su quema sea ineficiente, y con ello aumente las emisiones de sustancias contaminantes a la atmósfera.

Finalmente, se considera prioritario que en México se establezcan políticas que sancionen o estimulen las decisiones ambientales en las ciudades; así como realizar esfuerzos de concientización y



educación ambiental que ayuden a modificar los malos patrones de vida actuales, en modelos de vida más sustentables.

Fuentes de consulta

1. Adame Romero, Aurora; Salín Pascual, Daniel A. (2000) Contaminación ambiental. Segunda edición, Editorial Trillas. México.
2. Aguilar Gómez, J. Andrés. (2006) Curso Uso del MOBILE6 México. Instituto Nacional de Ecología (INE). México, D.F. (Febrero de 2009)
3. Air Resources Board. (1993) Methodology for Estimating Emissions from On-Road Motor Vehicles. Volume I: EMFAC7F, California Air Resources Board, Sacramento, California, USA.
4. Box, Paul C.; Oppenlander, Joseph C. (1985) Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. USA
5. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación. "Los Municipios del Estado de Michoacán". Enciclopedia de los Municipios de México. México, DF. (1987-1988).
6. Dick, Homero Cuatecontzi; Gasca, Jorge; González, Uriel; Guzmán, Francisco. Opciones para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte. Instituto Mexicano del Petróleo. México, DF.
7. Gustafsson M, Blomqvist G, Dahl A, Gudmundsson A; (2005) Inhalable Particles from Pavement Wear caused by Studded Tyres – Properties and Inflammatory Effects in Human Airway Cell; Administradora Sueca de Caminos, Reporte 520; Suecia.
8. International Energy Agency. (2000) Saving Oil and Reducing CO2 Emissions in Transport: Options & Strategies. París: IEA, OECD.
9. Instituto Nacional de Ecología. (1997) Manuales del programa de inventarios de emisiones de México, Volumen VI - Desarrollo de Inventarios de emisiones de vehículos automotores. México, DF.
10. IPCC (2001) (Intergovernmental Panel on Climate Change). Technical Summary of Climate Change. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pub/wg3spm.pdf>.
11. IPCC (2000)). Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. Working Group III. New York.
12. Johannes F., José Puy Huarte. (1975) Métodos Estadísticos en Ingeniería de Tránsito. Publicado por Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México, DF.
13. Mendoza Sánchez, Juan Fernando. (2006) El impacto ambiental de ruido generado por el transporte carretero y su valoración hacia un transporte sustentable. Seminario Internacional, PIARC. Monterrey, México.
14. Molina, Luisa T.; Molina, Mario J. (2005) La calidad del aire en la megaciudad de México, un enfoque integral. Fondo de Cultura Económica, México, ISBN 968-16-7580-0
15. Quintanilla Martínez, Juan. Escenarios de emisiones futuras en el sistema energético mexicano. Instituto Mexicano del Petróleo.
16. Racero Moreno, Jesús; David Ortiz, José; Galán de Vega, Ricardo; Villa Caro, Gabriel. Estimación de la emisión de contaminantes debida al tráfico urbano mediante modelos de asignación de tráfico. Universidad de Sevilla. [Racero et al]
17. Rafael Morales, Mercedes Yolanda; Zavala Ponce, Armando. (1999) Publicación Técnica No. 128 del IMT. Selección del tren motriz de vehículos pesados (carga y pasajeros) destinados al servicio publico federal. Sanfandila, Querétaro.
18. Ruza, F. (1988) El ruido del tráfico: Evaluación y corrección de su impacto. Simposio sobre Impacto Ambiental de Carreteras, PIARC, España
19. United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov>. (Marzo 2006).



Cuantificación de emisiones gases de efecto invernadero de nueve escenarios de tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe

Musharrafié, A., P. Güereca, J.M. Morgan-Sagastume, A. Noyola.
Instituto de Ingeniería – UNAM
Emails: amusharrafiem@iingen.unam.mx; LGuerecaH@iingen.unam.mx

Resumen

El objetivo de este estudio es cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidas por nueve escenarios representativos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipales de América Latina y el Caribe; e identificar las tecnologías con mayor potencial de participación en proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio.

Los escenarios fueron obtenidos a partir de una muestra estadística de 2,734 PTAR de seis países: Brasil, Chile, Colombia, Guatemala, México y República Dominicana.}

El cálculo de emisiones se realiza con base a las metodologías propuestas por la Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas. Los inventarios de GEI consideran para cada escenario estudiado: el consumo de electricidad, el tratamiento del agua residual, la descarga del agua tratada y la disposición de lodos en vertedero.

Los resultados muestran que los escenarios aerobios generan mayores emisiones indirectas (consumo de electricidad y disposición de lodos), haciendo más complejo el control de estas emisiones, ya que están fuera del alcance directo de la operación de la planta; además, las emisiones por el consumo de electricidad dependen directamente del factor de emisión en la producción de energía consumida.

Los sistemas anaerobios generan mayores emisiones directas (tratamiento de aguas residuales), abriendo una oportunidad de mitigación de GEI, al ser susceptibles a cambios tecnológicos directos en el tren de tratamiento, como: la recuperación del biogás para quema o generación de energía.

Introducción

En América Latina y el Caribe (ALyC) el tratamiento de agua residual es aún limitado, aproximadamente el 15% de las aguas residuales reciben algún tipo de tratamiento y en muchas ocasiones sin cumplir necesariamente los límites permisibles establecidos

por la leyes del país; y peor aún existen países que no cuentan con normas o leyes que regulen el tratamiento de aguas residuales. Siendo un claro indicador de la necesidad de investigar e invertir en esta área para ofrecer una mejor calidad de vida a todos los habitantes de los países en vías de desarrollo.

El cambio climático es una amenaza global y se debe observar que las residuales municipales contribuyen a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por medio de sus procesos naturales como el decaimiento de la materia orgánica o las actividades asociadas al tratamiento de las aguas residuales y sus procesos asociados como el consumo de electricidad o la disposición de los lodos generados. De acuerdo al Protocolo de Kyoto, existen instrumentos financieros como los *Mecanismos de Desarrollo Limpio* (MDL) (ONU, 1998), que pueden contribuir con financiamiento para el desarrollo de proyectos en el sector del tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto, para contribuir al estudio sobre mitigación del cambio climático el Instituto de Ingeniería de la UNAM está desarrollando el proyecto “*LAC cities adapting to climate change by making better use of their available bioenergy resources*” financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), Ottawa, Canadá. Este proyecto evalúa el estado de los sistemas de tratamiento de agua residual en América Latina y el Caribe y explora posibilidades para identificar alternativas más efectivas y sustentables desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social.

Este estudio tiene como objetivo cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero emitidas por los nueve escenarios representativos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipales de América Latina y el Caribe; e identificar las tecnologías con mayor potencial de participación en proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio.



Metodologías para el cálculo de emisiones

De acuerdo a la clasificación realizada por la UNFCCC, el tratamiento de aguas residuales pertenece al sector trece de las metodologías para MDL: *Manejo de residuos y disposición final*. Para el cálculo de la línea base de los escenarios se utiliza la metodología de pequeña escala *AMS-III.H.: Recuperación de metano en el tratamiento de aguas residuales*, (UNFCCC, 2011).

Las actividades de mitigación que se pueden presentar en las propuestas de modificación en los escenarios son:

Desplazamiento de la generación de energía alta en GEI: el consumo de energía de una producción alta en GEI es remplazado por energía baja en carbono o renovable.

Destrucción de GEI: abarca las actividades que tienen como objetivo la destrucción de los GEI; (captura o recuperación) la destrucción puede ser mediante la combustión o la conversión catalítica de los GEI.

Energía renovable: uso de energías renovables; incluye la generación de energía del proyecto.

Cálculo de línea base

La línea base representa la situación que se produciría en ausencia del proyecto, consiste básicamente en representar la situación más probable en el momento de implementar el proyecto; y el escenario del proyecto se refiere a la situación que se logra mediante la implementación del proyecto (UNFCCC, 2011).

Para calcular la línea base de cada escenario, el tratamiento de aguas residuales se ha dividido en cinco subsistemas, con la finalidad de analizar cuál de ellos es el que más emisiones genera y analizar las posibilidades de mejora (UNFCCC, 2011):

Emisiones generadas por el consumo de electricidad o combustibles fósiles usados ($BE_{power,y}$);

Emisiones de metano de los sistemas de tratamiento de aguas residuales ($BE_{ww,treatment,y}$);

Emisiones de metano de los sistemas de tratamiento de lodo ($BE_{s,treatment,y}$);

Emisiones de metano por causa de ineficiencias en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la línea base y la presencia de carbono orgánico degradable en la descargas en cuerpos de agua de las aguas residuales tratadas ($BE_{ww,discharge,y}$); y

Emisiones de metano por la descomposición del lodo final generado por los sistemas de tratamiento ($BE_{s,final,y}$).

El cálculo de la línea base se define con la siguiente ecuación:

$$BE_y = \{BE_{power,y} + BE_{ww,treatment,y} + BE_{s,treatment,y} + BE_{ww,discharge,y} + BE_{s,final,y}\}$$

Ecuación 1¹

Donde,

BE_y Emisiones de la línea base en el año y (tCO_2e);

$BE_{power,y}$ Emisiones de la línea base por el consumo de electricidad o consumo de combustible en el año y (tCO_2e);

$$BE_{power,y} = (CE_y * FE)$$

Ecuación 2¹

$BE_{ww,treatment,y}$ Emisiones de la línea base de los sistemas de tratamiento de aguas residuales afectados por la actividad del proyecto en el año y (tCO_2e);

$$BE_{ww,treatment,y} = \sum_i (Q_{ww,i,y} * COD_{inf low,i,y} * \eta_{COD,BL,i} * MCF_{ww,treatment,BL,i}) B_{o,ww} * UF_{BL} * GWP_{CH4}$$

Ecuación 3¹

$BE_{s,treatment,y}$ Emisiones de la línea base de los sistemas de tratamiento de lodos afectados por la actividad del proyecto en el año y (tCO_2e);

$$BE_{s,treatment,y} = \sum_i (S_{j,BL,y} * MCF_{s,treatment,BL,i} * DOC_s * UF_{BL} * DOC_F * F * 16/12 * GWP_{CH4})$$

Ecuación 4¹

$BE_{ww,discharge,y}$ Emisiones de metano de la línea base a partir del Carbono Orgánico Degradable (COD) en las aguas residuales tratadas descargadas en el mar, ríos o lagos, en el año y (tCO_2e); y

$$BE_{ww,discharge,y} = Q_{ww,y} * GWP_{CH4} * B_{o,ww} * UF_{BL} * COD_{ww,ww,discharge,BL,y} * MCF_{ww,discharge,BL}$$

Ecuación 4¹



$BE_{s,final,y}$ Emisiones de metano de la línea base por la descomposición anaerobia del lodo producido en el año y (tCO_2e). Si EL lodo se quema de manera controlada, dispuesto en un relleno con recuperación de biogás o se usa para aplicación en el suelo en el escenario de la línea base, no deberá tomarse en cuenta.

$$BE_{s,final,y} = S_{final,BL,y} * DOC_s * UF_{BL} * MCF_{s,final,BL} * DOC_F * F * 16/12 * GWP_{CH_4}$$

Ecuación 5¹

Definición de nueve escenarios representativos

Para definir los nueve escenarios representativos de América Latina y el Caribe (Tabla 1) se realizó un análisis estadístico de 2,734 PTAR; de los datos recolectados se determinaron tres tecnologías básicas (lodos activados, lagunas de estabilización y UASB) y se definieron tres caudales diferentes: chico (13 l/s), mediano (70 l/s) y grande (620 l/s); los países muestra son: México, Guatemala, República Dominicana, Brasil, Chile y Colombia.

La caracterización de agua residual municipal se definió con base a un estudio estadístico a 158 PTAR en la región de ALyC, un grupo de expertos, un simulador de procesos y bibliografía. Las características del agua y los parámetros de diseño se pueden observar en: Tabla 2 y Tabla 3.

En la Tabla 4, podemos observar los valores por defecto para las estimaciones de emisiones de GEI de acuerdo al IPCC y UNFCCC, de los nueve escenarios.

Descripción de los escenarios

Escenario: 1 – Aireación extendida acoplado con lechos de secado, flujo chico. Este escenario cuenta con un sistema de lodos activados de aireación extendida, estas técnicas son mecanizadas, lo que implica un consumo de energía eléctrica importante; los lodos generados son secados por evaporación en lechos de secado y dispuestos en vertedero.

Escenario: 2 – Lagunas de estabilización, flujo chico. El escenario cuenta con un sistema lagunar (2 Lagunas anaerobias, 2 facultativas y 2 de maduración o pulimento), no cuenta con ningún tipo de sistema de recuperación de gas, por lo tanto el

gas es emitido directamente a la atmósfera; en este sistema los lodos sedimentados generados en las lagunas, son secados por evaporación dentro de la misma, para después ser dispuestos en vertedero.

Escenario: 3 – UASB + filtros percoladores acoplado con lechos de secado, flujo chico. Éste es un escenario combinado entre UASB con recuperación y quema de metano, y un sistema mecanizado de filtros percoladores; los lodos generados por el UASB son secados por evaporación en los lechos de secado y dispuestos en vertedero.

Escenario: 4 – Aireación extendida acoplado con lechos de secado, flujo mediano. Este escenario cuenta con un sistema de lodos activados de aireación extendida, estos sistemas son mecanizados, lo que implica un consumo de energía eléctrica importante; los lodos generados son secados por evaporación en lechos de secado y dispuestos en vertedero.

Escenario: 5 – LE. Lagunas de estabilización, flujo mediano. El escenario cuenta con un sistema lagunar (2 lagunas anaerobias, 2 facultativas y 4 de maduración o pulimento), no cuenta con ningún tipo de sistema de recuperación de gas, por lo tanto el gas es emitido directamente a la atmósfera; en este sistema los lodos sedimentados generados en las lagunas son secados por evaporación dentro de la misma laguna para después ser dispuestos en vertedero.

Escenario: 6 – UASB + lagunas de estabilización, flujo mediano. Este escenario está combinado entre UASB con recuperación y quema de metano y un sistema lagunar (2 lagunas facultativas y 2 de maduración), el diseño de las lagunas contempla el secado de lodos dentro de las propias lagunas mientras que los lodos del UASB son llevados a lechos de secado, ambos lodos serán dispuestos en vertedero.

Escenario: 7 – Proceso convencional de lodos activados acoplado con espesado por gravedad, digestión anaerobia y centrifugado, flujo grande. Este escenario cuenta con un sistema de lodos activados convencional; para el tratamiento de lodos se utiliza un digestor anaerobio con recuperación de biogás, generación de calor para el biodigestor y quema del metano restante; los lodos son secados por medio de una centrifuga y dispuestos en vertedero.

¹ Todas las ecuaciones descritas en este estudio se encuentran definidas y descritas a detalle en la metodología ASM-III.H.

http://cdm.unfccc.int/filestorage/8/R/1/8RIV5MZ4AG7YE9UQJ6HSL3NFXD1C0/EB58_repan22_AMS-III.H_ver16.pdf?t=OGZ8bW1wYTJrfDAyZ_GUaW15nGDIGoOeDI3k



Escenario: 8 – Lagunas de estabilización, flujo grande. El escenario cuenta con un sistema lagunar (3 lagunas aerobias, 6 facultativas y 6 de maduración o pulimento), no cuenta con ningún tipo de sistema de recuperación de gas, por lo tanto el gas es emitido directamente a la atmósfera; en este sistema, los lodos sedimentados generados en las lagunas, serán secados por evaporación dentro del cuerpo de agua, para después ser dispuestos en vertedero.

Escenario: 9 – UASB + lodos activados acoplado con centrífuga, flujo grande. Este escenario está

combinado entre UASB con recuperación, quema de metano y un sistema de lodos activados; los lodos son secados por medio de una centrífuga y dispuestos en vertedero.

Cuantificación de emisiones de línea base de los nueve escenarios

De acuerdo a las metodologías de la UNFCCC se realizan los cálculos para cuantificar las emisiones de cada escenario. En las figuras 1, 2, y 3 se muestran tres gráficas comparativas de los escenarios de acuerdo a su caudal.

Tabla 1. Escenarios Representativos

ESCENARIO	FLUJO	DESCRIPCIÓN	CAUDAL (l/s)	CLAVE
1	CHICO	Aireación extendida acoplado con lechos de secado	13	1. AE
2		Lagunas de estabilización		2. LE
3		UASB + filtros percoladores acoplado con lechos de secado		3. UASB + F
4	MEDIANO	Aireación extendida acoplado con lechos de secado	70	4. AE
5		Lagunas de estabilización		5. LE
6		UASB + Lagunas de estabilización		6. UASB + LE
7	GRANDE	Proceso convencional de lodos activados acoplado con espesado por gravedad, digestión anaerobia y centrifugado	620	7. LA
8		Lagunas de estabilización		8. LE
9		UASB + lodos activados acoplado con centrífuga		9. UASB + LA

Tabla 2. Características del influente y efluente

Características	Influente (mg/l)	Efluente (mg/l)
DBO ²	240	30 (máxima requerida)
DQO ²	520	70
SST ²	220	30
SSV ²	165	--

² Análisis estadístico de muestreo de consultores



Tabla 3. Parámetros generales de la PTAR

Parámetros generales de diseño	Valor
Temperatura ambiente del agua ³	20°C
Temperatura ambiente (verano) ²	22°C
Temperatura ambiente (invierno) ²	16°C
Altura sobre el nivel del mar ²	902 msnm

Figura 1. Gráfica comparativa de los escenarios 1, 2 y 3, caudal chico.

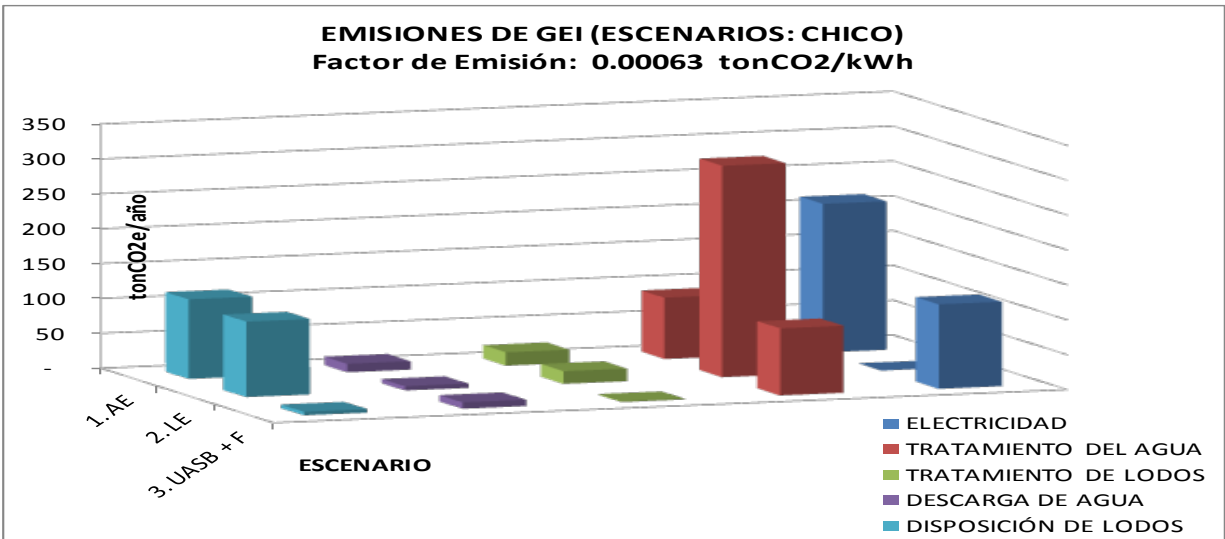
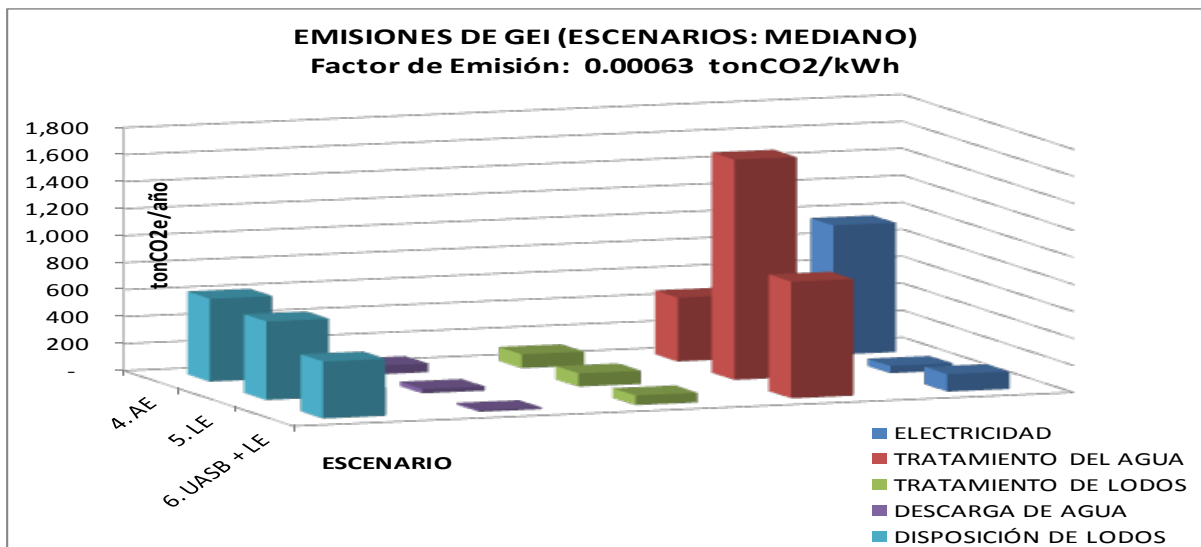


Figura 2. Gráfica comparativa de los escenarios 4, 5 y 6, caudal mediano.



³ Sistemas de Aguas de la Ciudad de México (SACM 2010 y 2011)

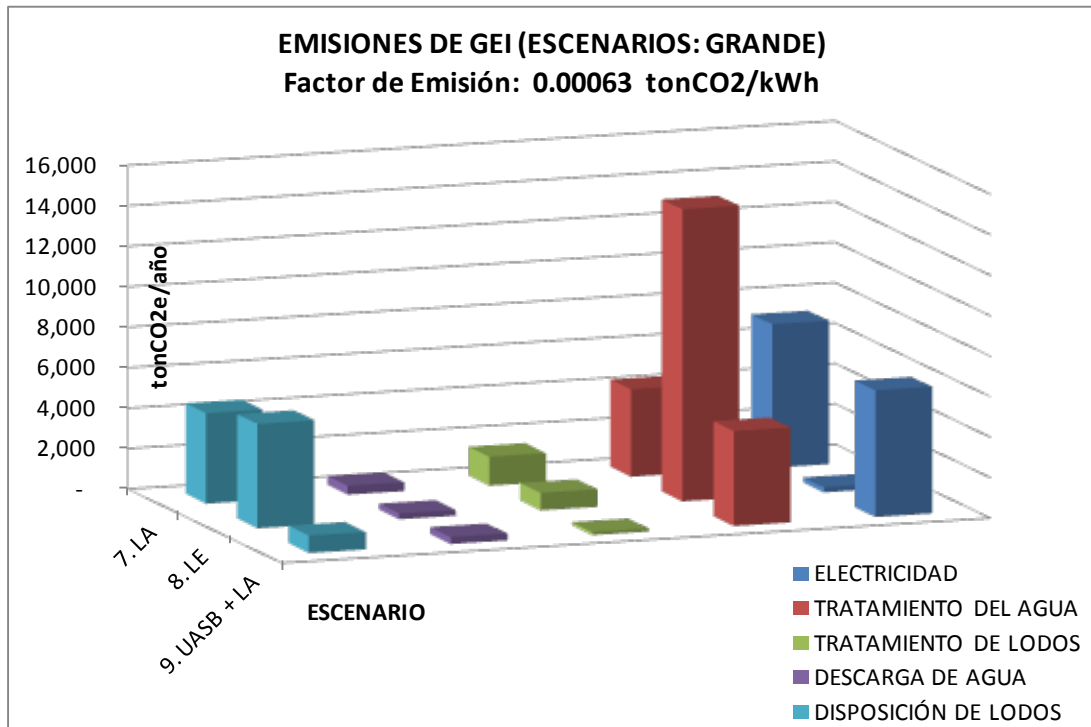


Tabla 4. Valores por defecto para las estimaciones de emisiones de GEI de acuerdo al IPCC y UNFCCC

DESCRIPCIÓN	VALOR APLICADO	RANGO	UNIDAD DEL DATO	REFERENCIA
FE	0.00063	--	tCO ₂ /kWh	OLADE País: Rep. Dominicana
MFC _{ww, treatment} Tratamiento aerobio bien operado	0.1	0-0.2	Fracción	IPCC: V5. C6 Valores de MCF para las Aguas Residuales Domesticas
MFC _{ww, treatment} Tratamiento aerobio mal operado	0.3	0.2-0.4	Fracción	
MFC _{ww, treatment} Reactor anaerobio (sin recuperación de gas)	0.8	0.8-1.0	Fracción	
MFC _{ww, treatment} Tratamiento anaerobio Lagunas profundidad mayor a 2m	0.8	0.8-1.0	Fracción	
MFC _{ww, treatment} Tratamiento anaerobio lagunas profundidad menor a 2m	0.2	0.2-0.3	Fracción	
MFC _{s, treatment} Digestor anaerobio (sin recuperación de gas)	0.8	0.8-1.0	Fracción	
MFC _{s, treatment} *El tratamiento se realiza dentro del tanque de aireación	0.1	0-0.2	Fracción	
MFC _{ww, discharge} Descarga a cuerpo de agua	0.1	0-0.2	Fracción	UNFCCC: Metodologías AMS-III.H, Tabla III.H.1 AMS-III.I, Tabla III.I.1 IPCC: V5.C6
MFC _{s, final} Disposición en un Sitio de eliminación de desechos sólidos (SEDS)	0.6	0.6	Fracción	IPCC: V5.C3 *SEDS no categorizado
Capacidad máxima de producción de metano (Bo _{CH4})	0.25	--	kgCH ₄ /kg DQO	IPCC: V5.C6
Potencial de Calentamiento Global del metano (WGP)	21	--	tCO ₂ e/tCH ₄	IPCC – UNFCCC Metodologías
Eficiencia de Captura del Equipo de recuperación (CFE)	0.9	--	Fracción	UNFCCC Metodologías
Factor de corrección de incertidumbre (UF)	0.89	--	Fracción	UNFCCC Metodologías
Fracción de metano en el biogás generado en el vertedero (F)	0.5	0.5	Fracción	IPCC: V5.C3 Fracción CH ₄ en el gas de vertedero generado (F).
Fracción de carbono orgánico degradable en los lodos (materia seca, como un DSM) (DOC _s)	0.5	20 - 50	Fracción	IPCC: V5.C2 Valores por defecto p/contenidos de materia seca (DOC), total de carbono y fracción de carbono fósil en varios componentes de Desechos Sólidos Municipales (DSM).
Fracción de carbono orgánico degradable en los lodos (materia seca) DOC _f	0.5	0.5	Fracción	IPCC: V5.C2 5% sobre materia húmeda y 50% sobre materia seca



Figura 3. Gráfica comparativa de los escenarios 7, 8 y 9, caudal grande.



En los tres caudales los escenarios con mayores emisiones son las Lagunas de Estabilización, esto se debe a que los procesos anaerobios no requieren oxígeno, y la mayor parte de la materia orgánica que entra al sistema es degradada para generar metano, mientras que una pequeña parte se convierte en biomasa (lodos) y otra pequeña parte se descarga con el efluente; en comparación con los procesos aerobios el consumo eléctrico y la generación de lodos es menor en estos procesos y, además se genera biogás, el cual puede ser utilizado para producir energía.

Por lo tanto se propone en los escenarios 2, 5 y 8 cubrir las lagunas para recuperar del biogás. El biogás puede ser quemado, disminuyendo así el potencial de las emisiones de metano directas a la atmósfera; o generar energía (electricidad o calor) para ser utilizada en los procesos de la misma planta o subirlos a la red eléctrica, de esta manera se minimiza el consumo eléctrico de fuentes externas. Los procesos anaerobios cuentan con un buen potencial de implementación de proyectos MDL (Nolasco, 2010).

En el caso de los escenarios de lodos activados, la materia orgánica que entra en los sistemas aerobios, se convierte una parte en fuente de

energía para la biomasa, otra parte en biomasa (lodos) y una porción menor se descarga en el agua del efluente; los procesos aerobios requieren grandes cantidades de oxígeno y en la mayoría de los casos se suministra con equipos electromecánicos, los cuales tienen un alto consumo de electricidad.

En los procesos aerobios la propuesta podría ser: desplazar la fuente de energía eléctrica externa, hacer más eficientes los procesos o generar electricidad en la PTAR, u otra opción es cambiar un sistema aerobio por uno anaerobio con recuperación y uso del biogás. Sin embargo, el potencial para proyectos MDL de los procesos aerobios radica principalmente en las emisiones indirectas por el consumo de electricidad (Nolasco, 2010), ya que en estos procesos (bien operados) se puede considerar mínima o nula la emisión de metano directa en la planta.

Escenarios con captura y quema de biogás

Para los escenarios 3, 6 y 9, la recuperación de metano en el UASB evita las emisiones directas a la atmósfera del gas. La cantidad de metano generado por los sistemas, depende de la cantidad de materia orgánica degradada y la eficiencia de los procesos definidos. El metano estimado para estos



escenarios antes de la quema, sin considerar la eficiencia del sistema de captura (90%) y el factor de incertidumbre (89%) son, 13, 67 y 829 tCH₄/año, para el escenario 3, 6 y 9 respectivamente.

El escenario 7 en particular, es un escenario con mejoras técnicas en el tratamiento de lodos, ya que captura el biogás y lo reutiliza para generar energía (calor) y mantener la temperatura en el Biodigestor, el biogás restante en este escenario se quema para minimizar el potencial de calentamiento global del metano, las emisiones de biogás para el escenario 7 son 1,560,494 m³/año, de los cuales 433,583 m³/año son empleadas para mantener la temperatura en el biodigestor, por lo tanto, el biogás restante que se quemaría en la línea base es de 1,126,911 m³/año; de los cuales se considera que la fracción de metano en el biogás es del 65% y la densidad 0.68 kg/m³ (1.013 bar y 15 °C (59 °F)).

Para los escenarios 3, 6, 7 y 9 se propone que el metano generado sea quemado en la línea base, y que en el proyecto, se utilice para generar electricidad, ya sea para consumo interno de la PTAR o se suba a la red eléctrica si fuera el caso.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, los escenarios de lodos activados representan los mayores consumos de electricidad para los tres flujos evaluados; el consumo de energía se debe al requerimiento de grandes cantidades de oxígeno para mantener vivos a los microorganismos en suspensión y así oxidar la materia orgánica; por lo tanto, el tren de tratamiento está diseñado con sistemas de aireación de uso continuo que demandan una gran cantidad de electricidad.

El factor de emisión por la producción eléctrica juega un rol importante al evaluar una tecnología y su factibilidad para aplicar las mejoras de este caso de estudio, ya que se deben ser definidas las mejoras de acuerdo al contexto en el que se encuentre el tomador de decisiones y la planta en cuestión.

Con respecto a los lodos generados en los sistemas, podemos concluir que los escenarios chico y mediano de lodos activados, son los que generan mayores cantidades de lodos para disposición en vertedero. En el escenario de lodos activados flujo grande, los lodos son tratados por medio de un biodigestor reduciendo el impacto de la tecnología, por lo tanto, las lagunas de

estabilización son el escenario con las mayores emisiones.

Los escenarios de lagunas de estabilización resultaron ser los escenarios con una mayor posibilidad de reducción de emisiones a la atmósfera, por lo cual, podrían tener una mayor posibilidad de entrar en proyectos MDL; sin embargo, no refieren el mejor desempeño integral. Mientras que los escenarios de UASB son los que muestran el mejor desempeño en cada una de sus categorías.

Fuentes de consulta

1. IPCC, 2006. Volumen 5: Desechos, Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos. s.l.: Publicado por: IGES, Japón.
2. IPCC, 2006. Volumen 5: Desechos, Capítulo 6: Tratamiento y eliminación de aguas residuales. s.l.: Publicado por: IGES, Japón.
3. IPCC, 2006. Volumen 5: Desechos, Capítulo 3: Eliminación de Desechos Sólidos. Ginebra: Publicado por: IGES, Japón.
4. ONU, 1998. Protocolo de Kyoto de la Convención. Ginebra: Naciones Unidas
5. Nolasco, D. A., 2010. Desarrollo de proyectos MDL en plantas de tratamiento de aguas residuales. s.l.: Banco Interamericano de Desarrollo.
6. UNFCCC, 2011. AMS-III.I.: Avoidance of methane production in wastewater treatment through replacement of anaerobic systems by aerobic systems. [En línea] Available at: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/Z5A2LR9Q7XS906TDS4XDC8MKORZ63R/view.html> [Último acceso: 01 12 2011].
7. UNFCCC, 2011. ASM-III.H.: Methane recovery in wastewater treatment. [En línea] Available at: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4ND00PCGC7WXR3L0LOJTS6SVZP4NSU/view.html> [Último acceso: 01 12 2011].
8. UNFCCC, 2011. CDM Methodology Booklet. Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change.



Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero por el empleo de cimbra para las losas en el Estado de Chiapas.

Moisés Nazar Beutelspacher¹, Gabriel Castañeda Nolasco², Teresa Argüello Méndez².

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chiapas,

² Facultad de Arquitectura. Universidad Autónoma de Chiapas.

Resumen

En este documento se presentan los cálculos de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debidas al uso de la madera de coníferas como cimbra de losas de concreto armado coladas in situ, considerando los efectos de la extracción maderera en los cambios de uso del suelo y por los combustibles empleados en el procesamiento y transporte de la madera. Como comparación se calculan las emisiones de GEI correspondientes al uso de tableros de acero estructural como cimbra para losas.

Para estimar las emisiones de GEI se emplea la metodología del Análisis de Ciclo de Vida, considerando como unidad funcional un metro cuadrado de cimbra de losa de concreto armado de 10 cm de espesor, con altura total de 3.00 m. Con base en el proceso definido se estiman los flujos de materiales y energía y finalmente se calculan las emisiones de GEI. Para la estimación de emisiones de GEI se emplea como parámetro la cantidad de CO₂ equivalente (CO₂e), de acuerdo a su potencial de calentamiento global (GWP₁₀₀) en 100 años por metro cuadrado (m²) empleado en la edificación urbana en el Estado de Chiapas.

Introducción

La edificación urbana empleando losas de concreto armado coladas in situ es una práctica muy común en el estado de Chiapas. El procedimiento constructivo de estos elementos estructurales obliga al empleo de cimbras y moldes, que en la mayor parte de los casos son de madera de coníferas en forma de tablas, duelas, polines y barotes. La alternativa para construir estos elementos es emplear cimbras

de acero estructural compuestas por tableros, vigas, puntales y contravientos con medidas estandarizadas. Para la fabricación de las cimbras existen procesos que van desde la extracción de las

materias primas, su transporte, procesamiento, comercialización, uso, mantenimiento y disposición final. Durante este ciclo de vida de las cimbras se emiten gases de efecto invernadero por la combustión de combustibles fósiles, por procesos químicos y por cambios en el uso de suelo. En este artículo se presentan los cálculos de las emisiones de GEI correspondientes a un metro cuadrado de cimbra de losa para dos casos: cimbra de madera de coníferas y cimbra de acero.

En el análisis de los procesos de la madera de coníferas se incorporan las emisiones que el cambio en el uso del suelo han provocado en el estado de Chiapas, planteando una visión del problema que va más allá del puro análisis de las emisiones de GEI por consumo de combustibles fósiles.

La valoración de las emisiones de GEI se efectúa bajo el procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que se encuentra regulado por las normas ISO 14040. Este análisis tiene diferentes modalidades, siendo las dos modalidades primarias el ACV mediante el análisis de los procesos y el ACV mediante el análisis Input-Output. Derivados de estos procedimientos y con la finalidad de suplir sus deficiencias se han desarrollado versiones híbridas de análisis.

Para llevar a cabo esta comparación de alternativas tecnológicas se emplea el concepto de ACV en su modalidad híbrida conocida como Análisis de Procesos Incrementado¹.

Cimbra de madera de coníferas.

Objetivos

Estimar las emisiones de GEI, atribuibles al uso de la madera aserrada como cimbra en la construcción

¹Bilec M., 2007.



urbana en el Estado de Chiapas, siguiendo la metodología del análisis de ciclo de vida.

Unidad funcional

Un metro cuadrado de cimbra para losa de concreto armado de 10 cm de espesor considerando una altura libre de piso a techo de 3.00 m.
 Parámetro ambiental: Emisiones de gases de efecto invernadero en términos de CO₂ equivalente (CO₂e), de acuerdo a su potencial de calentamiento global (GWP₁₀₀) en 100 años.

Consideraciones

Se considerará al cambio en el uso del suelo, como una de las fuentes de emisiones de CO₂e.

Se tomarán los contenidos de carbono por hectárea calculados por B. de Jong (2001).

Se empleará la matriz de cambios en el uso del suelo 1975-2000 para el Estado de Chiapas desarrollada por Vázquez *et al* (2005).

El inventario de materiales y energía empleados en el proceso se determinan con base en investigación de campo en un aserradero.

El proceso de cálculo es el siguiente:

Estimación de las emisiones de GEI por deforestación:

Se recopila información de los contenidos de carbono por hectárea (tC/ha) para cada tipo de cubierta vegetal.

Con base en la matriz de cambios de uso de suelo 1975-2000 se calcula la pérdida de carbono por cambios en el uso de suelo considerando el cambio de una hectárea de bosque de coníferas a otros tipos de usos de suelo.

Se calcula la cantidad de CO₂e que se emite a la atmósfera por metro cúbico de madera de escuadría obtenida.

Estimación de emisiones de GEI por consumo de combustibles fósiles durante la extracción, procesamiento y transporte de la madera.

Se elabora un diagrama del proceso y con base en datos recabados en campo mediante entrevista al gerente de un aserradero, se elabora un inventario

de equipos y materiales que se emplean en el proceso.

Con base en el inventario recabado se calculan las emisiones de GEI correspondientes.

Estimación de emisiones por fabricación de la cimbra de losa.

Análisis del inventario de materiales empleado por metro cuadrado.

Cálculo de las emisiones correspondientes al inventario.

Estimación de emisiones de GEI por cambio en el uso de suelo.

El área de los bosques de coníferas en el Estado de Chiapas ha variado de 833,697 ha en 1975 a 652,382 ha en el año 2000, ocasionando una disminución neta de 181,315 ha en ese periodo².

De la matriz de cambios en el uso de suelo de Chiapas entre los años 1975 y 2000, se puede observar que esta disminución en el área de los bosques de coníferas se debe a su transformación en otros usos del suelo:

- Vegetación secundaria: 200,087 ha.
- Agricultura de temporal: 75,033 ha.
- Pastizales: 58,359 ha.
- Bosques mesófilos: 8,337 ha.
- Selvas húmedas: 8,837 ha.

Área total transformada de los bosques de coníferas: 350,153 ha.

Por otra parte 169,385 ha de áreas con usos de suelo diferentes a los bosques de coníferas se transformaron a bosques de coníferas en el período analizado.

Con base en los datos de cambios en el uso del suelo en Chiapas, la pérdida de carbono por el cambio en el uso de suelos de bosques de coníferas a otros usos entre los años 1975 y 2000 se estima con las fórmulas siguientes:

$$C_{1975} = A_{BC} * C_{BC} \quad \text{Fórmula No. 1}$$

$$C_{2000} = \sum A_i * C_i \quad \text{Fórmula No. 2}$$

$$\Delta C_{1975-2000} = C_{2000} - C_{1975} \quad \text{Fórmula No. 3}$$

$$\Delta C_{\text{unitario}} = \Delta C_{1975-2000} / A_{\text{CORTADA}} \quad \text{Fórmula No. 4}$$

$$FR = A_{\text{RECUPERADA}} / A_{\text{CORTADA}} \quad \text{Fórmula No. 5}$$

² Vázquez et al (2005)



$$\square C_{\text{unitario neto}} = (1-\text{FR}) * C_{\text{unitario}} \quad \text{Fórmula No. 6}$$

Siendo:

C_{1975} el contenido de carbono, en 1975, en las zonas ocupadas por bosques de coníferas.

C_{2000} el contenido de carbono, en el año 2000, en las zonas que en 1975 eran bosques de coníferas.

A_i el área, en hectáreas, correspondiente al uso de suelo i .

C_i el contenido de carbono por hectárea³.

$\square C_{1975-2000}$ es la variación, al año 2000, del contenido de carbono en las áreas ocupadas por bosques de coníferas en el año 1975.

$\square C_{\text{unitario}}$ es la variación del contenido de carbono por cada hectárea de bosques de coníferas que hubiese sido cortado en el período 1975-2000.

FR es un factor de recuperación, que nos indica que fracción de los bosques cortados se recuperan.

$A_{\text{RECUPERADA}}$ es el área que se transformó en bosques de coníferas en el período 1975-2000.

A_{CORTADA} es el área de bosques de coníferas que fue cortada en el período 1975-2000.

$\square C_{\text{unitario neto}}$ es la variación neta del contenido de carbono por hectárea cortada.

$$C_{1975} = 350,153 \text{ ha} * 318.3 \text{ tC/ha} = 111'453,699.9 \text{ tC}$$

$$\square C_{1975-2000} = 111'453,699.9 \text{ tC} - 69'866,431 \text{ tC} = 41'587,268 \text{ tC}$$

$$\square C_{\text{unitario}} = 41'587,268 \text{ tC}/350,153 \text{ ha} = 118.77 \text{ tC/ha}$$

$$\text{FR} = 169,385/350,153 = 0.4837$$

$$\square C_{\text{unitario neto}} = (1 - 0.4837) * 118.77 \text{ tC/ha} = 61.31 \text{ tC/ha}$$

Emisiones de CO_2 por hectárea de bosque cortada = $44/12 * 61.31 = 224.82 \text{ tCO}_2\text{e/ha}$.

Producción de madera de coníferas por hectárea

La producción de madera depende de la especie de conífera, de su tamaño y de la densidad del bosque en México se han realizado diversas estimaciones⁴,

³ Tomadas de B. de Jong (2001)

⁴ D. Granados-Sánchez *et al* (2007); Pimienta *et al* (2007); Domínguez *et al* (2007).

para los cálculos subsecuentes se toma como rendimiento del bosque $75 \text{ m}^3/\text{ha}$, correspondientes a un bosque de pino sin degradar.

Tabla No. 1: Cantidad de carbono (C_{2000}) en las áreas de bosques de coníferas deforestados

Uso del suelo	A_i	C_i	$A_i * C_i$
Vegetación secundaria	200,087	222.2	44'459,331
Agricultura de temporal	75,033	159.9	11'997,777
Pastizales	58,359	146.7	8'561,265
Bosques mesófilos	8,337	324.6	2'706,190
Selvas húmedas	8,837	242.4	2'141,868
Sumas	350,653		69'866,431

La madera en rollo es aserrada para obtener la madera de escuadría. Un promedio de 57.5% de la madera en rollo se aprovecha como madera de escuadría⁵, por lo que las emisiones de GEI por m^3 de madera de escuadría se estiman de acuerdo a los cálculos siguientes:

Rendimiento en la producción de madera en rollo por hectárea = $75 \text{ m}^3 \text{ mad en rollo/ha}$.

Emisiones de $\text{CO}_2\text{e/ha}$ por cambio de uso del suelo = $224.82 \text{ tCO}_2\text{e/ha}$.

Fracción de madera de escuadría por m^3 de madera en rollo = 0.575

Emisiones de GEI por cambio de uso de suelo por m^3 de madera en secciones de escuadría = $224.82/(75*0.575) = 5.213 \text{ tCO}_2\text{e/m}^3 \text{ mad de escuadría}$.

Emisiones de GEI durante el proceso de producción de la madera de escuadría

Los combustibles fósiles emiten GEI durante su combustión (emisiones directas), pero también durante el proceso de su producción (emisiones indirectas). Los factores de emisión totales (FET) de GEI de la gasolina y el diesel son, de acuerdo con los cálculos efectuados para este documento las siguientes:

$$\text{FET gasolina} = 2.863 \text{ kgCO}_2\text{e/lt}$$

$$\text{FET diesel} = 3.185 \text{ kg CO}_2\text{e/lt}$$

El factor de emisiones del aceite se obtiene aplicando el método Input-Output con base en datos de la economía mexicana del año 2003:

$$\text{FETaceite} = 0.541 \text{ kg CO}_2\text{e/kg aceite no-quemado}$$

⁵ Nájera *et al* (2006).



Durante el proceso de producción de la madera de escuadría se tienen los siguientes consumos semanales:

Emisiones de GEI por el proceso desde la extracción hasta el corte en secciones de escuadría: =1.6 l gasolina*2.863 kgCO₂e/l gasolina + 14.151 l diesel * 3.185 kg CO₂e/l diesel + 0.04214 l aceite * 0.541 kg CO₂e/l aceite = 49.675 kg CO₂e/m³ madera en rollo = 86.391 kg CO₂e/m³ madera de escuadría.

Acarreo de la madera a la maderería. Se considera una distancia de acarreo desde el aserradero hasta la ciudad de Tuxtla Gutiérrez de 37 km. El consumo de diesel por viaje de 12 toneladas se estima en 37 litros, por lo que las emisiones por el transporte de 1 m³ de madera de escuadría serán:

Emisiones de GEI = 1.54 lts diesel/m³ de madera aserrada * 3.185 kg CO₂e/l = 4.90 kg CO₂e/m³ de madera aserrada.

Por cada metro cúbico de madera en rollo procesada se obtienen 0.575 m³ de madera de escuadría y 0.425 m³ de otros subproductos y desperdicios. Por otra parte el precio de la madera de escuadría de tercera clase en el aserradero es de \$ 3,392.00/m³. El monto por m³ de madera en rollo procesada es de 0.575 m³ madera esc/mad * \$ 3,392.00/m³ madera esc = \$1,950.40.

El precio de los subproductos obtenidos de 1 m³ de madera en rollo es de \$200.00, por lo que se

calculan factores de asignación con base en el valor económico de los productos:

Factor de asignación de GEI para la madera de escuadría = 1950.40/2150.40 = FA = 0.907.

Factor de asignación de GEI para los subproductos = 200/2150.40 = 0.093.

Emisiones por consumo de combustibles fósiles totales = 0.907 * 86.391 + 4.90 kg CO₂e/m³ de mad de escuadría.

Emisiones por consumo de combustibles fósiles totales = 83.26 kg CO₂e/m³ de mad de escuadría. Las emisiones totales de GEI son:

Cambio en el uso de suelo: 5,213 kg CO₂e/m³ mad escuadría.
 Extracción y procesamiento: 83 kg CO₂e/m³ de mad de escuadría.
 Suma: 5,299 kg CO₂e/m³ mad escuadría.

Inventario de materiales empleados en la fabricación de un metro cuadrado de cimbra:

Tablas como moldes: 0.020 m³.
 Barrotes como cargadores: 0.010 m³.
 Polines como puntales: 0.030 m³.
 Reglas como contravientos: 0.004 m³.
 Suma de madera de escuadría: 0.154 m³.
 Clavos de acero de 2 1/2": 0.5 kg
 Diesel como desmoldante: 1 litro.

Tabla No. 2: Consumo semanal por extracción de la madera.

Proceso	Equipo	Gasolina (l)	Diesel (l)	Aceite (l)
Extracción de la madera del bosque (200 m ³ de mad en rollo por semana)	Motosierra	20	-	1
	Tractor	-	200	2
	Grúa	200	-	2
	Camioneta	100	-	0.5
	Sumas por semana	320	200	5.5
	Consumo por m ³ de madera en rollo	1.6	1	0.0275
Transporte de la madera en rollo al aserradero (10 m ³ mad en rollo/viaje)	Camión de 12 toneladas	0	110	0.11
	Sumas por viaje	0	110	0
	Consumo por m ³ de madera en rollo	0	11	0.011
Corte de la madera en secciones de escuadría (producción de 55 m ³ de madera en rollo/día)	Generador de energía eléctrica de 145 HP para proveer energía a los equipos de corte.	-	118	0.2000
	Consumo por m ³ de madera en rollo	-	2.151	0.00364
SUMA TOTAL:		1.6	14.151	0.04214



Emisiones de GEI por metro cuadrado de cimbra de madera:
 Tabla No. 3: Emisiones de GEI por metro cuadrado de cimbra de madera.

Concepto	Cantidad	Unidad	Número de usos	Factor de emisión (kg CO ₂ e/unidad)	Emisiones de GEI (kg CO ₂ e)
Madera de escuadría	0.154	m ³	4	5299	204.01
Clavos de acero	0.5	kg	1	3.15	1.58
Diesel	1.0	l	1	0.541	0.54

Suma: 206.13 kg CO₂e/m²

Emisiones por metro cuadrado de cimbra de acero

Consideraciones: Se calcula el factor de emisiones de GEI por kg de acero con base en los reportes de emisiones y estados contables que algunas empresas acereras han efectuado.

Se considera que la estructura de costos directos e indirectos de las empresas acereras son similares y que las emisiones por cada kilogramo de acero producido son iguales para las distintas empresas. Se calculan las emisiones de GEI por los siguientes rubros:

- Emisiones directas por consumo de combustibles fósiles.
- Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica.
- Emisiones indirectas por depreciación de instalaciones y equipos.
- Transferencia de emisiones por venta de subproductos.
- Emisiones por transporte.
- Para los cálculos por depreciación y transporte se emplea el método Input-Output con la Matriz Inversa de Leontief de la economía mexicana del año 2003.

Emisiones directas

Las emisiones directas de GEI reportadas para el año 2010 por Arcelor Mittal⁶ fueron de 5'799,890 t CO₂e, siendo la producción de acero terminado para ese mismo año estimado en 3,080,088 t, por lo que el Factor de Emisiones Directas (FED) para la

producción nacional de acero se estima en 5'799,890 t CO₂e / 3'080,088 t acero = 1.883027 t CO₂e / t acero.

Tabla No. 4: Los sectores de la economía nacional que corresponden con estos rubros son:

Número del Sector	Nombre del Sector
11	Edificación
29	Fabricación de maquinaria y equipo
32	Fabricación de equipo de transporte
30	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y otros equipos, componentes y accesorios electrónicos.
33	Fabricación de muebles y productos relacionados

Cálculo de las emisiones indirectas por el consumo de energía eléctrica

El Factor de Emisión Eléctrico para el año 2010 fue estimado por el programa GEI México en 0.4946 kg CO₂e/kWh, considerando una metodología en las que se estiman únicamente las emisiones directas por la quema de combustibles fósiles.

De acuerdo con cálculos propios en los que se consideran las emisiones indirectas

⁶ www.geimexico.org



correspondientes al consumo propio de energía eléctrica del sector eléctrico, las emisiones correspondientes a las pérdidas

técnicas en la red de distribución y las emisiones por actividades de mantenimiento, reparación, reconstrucción y/o sustitución de equipos e instalaciones, el factor de emisión eléctrico en la red nacional alcanza el valor de 0.591291 kg CO₂e/kWh.

Se calculan las emisiones que se generan para producir un kilogramo de acero de refuerzo, atribuibles al consumo de energía eléctrica, a partir de las emisiones reportadas por Arcelor Mittal para el año 2010:

$$\text{Emisiones}_{\text{Consumo eléctrico}} = \text{Emisiones}_{\text{Reportadas}} * \frac{\text{FEE}_{\text{PROPIO}}}{\text{FEE}_{\text{GEIMEXICO}}}$$

$$\text{Emisiones}_{\text{Consumo eléctrico}} = 1'453,120 \text{ t CO}_2\text{e} * \frac{0.591291}{0.4946}$$

$$\text{Emisiones}_{\text{Consumo eléctrico}} = 1'737,195 \text{ t CO}_2\text{e}$$

La producción de acero de Arcelor Mittal en 2010 fue de 3'948,831 t, por lo que las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica y por kg de acero producido serían:

$$\text{FIE}_{\text{consumo eléctrico}} = \frac{1'737,195 \text{ t CO}_2\text{e}}{3'080,088 \text{ t acero}} = 0.564008 \text{ t CO}_2\text{e} / \text{ t acero.}$$

$\text{FIE}_{\text{consumo eléctrico}}$ = Factor indirecto de emisiones por consumo eléctrico

Cálculo del factor de emisiones indirectas por depreciación de equipos e instalaciones

Para estimar las emisiones de GEI atribuibles a los trabajos de mantenimiento, reparación, reconstrucción y/o sustitución (MRR&S) de equipos e instalaciones que se requieren para la producción del acero, se tomará como premisa que los costos de depreciación de los equipos e instalaciones reflejan de manera exacta los costos de MRR&S.

Con base en estos costos se calcularán las emisiones de GEI empleando para ello el método Input-Output aplicado a la economía mexicana con base en la matriz de Insumo-Producto más actual (2003).

La producción total de acero líquido del año 2006 de la empresa AHMSA fue de 3.4 millones de

toneladas, produciendo 2.946 millones de toneladas de productos de acero terminado.

Por otra parte los costos de depreciación de equipos e instalaciones para el año 2006 fueron aproximadamente de 2,040 millones de pesos⁷ (valor del peso mexicano a diciembre de 2006).

La participación al capital de los diversos elementos que se deprecian en esta empresa es la siguiente:

- Edificios: \$13,317'000,000.00
- Maquinaria y equipo: \$59,265'000,000.00
- Equipo de transporte: \$344'000,000.00
- Equipo de transporte aéreo: \$618'000,000.00
- Equipo de cómputo: \$607'000,000.00
- Muebles y enseres: \$477'000,000.00
- TOTAL: \$74,628'000,000.00

Las tasas de depreciación para cada rubro son las siguientes:

- Edificios: 2%
- Maquinaria y equipo: 3%
- Equipo de transporte: 16%
- Equipo de transporte aéreo: 16%
- Equipo de cómputo: 13%
- Muebles y enseres: 7%

Los costos de depreciación anual (en pesos 2003⁸) se estiman en:

- Edificios: \$230'611,946.53
- Maquinaria y equipo: \$1,539'447,737.26
- Equipo de transporte: \$133'272,474.32
- Equipo de cómputo: \$68'324,655.33
- Muebles y enseres: \$28'910,914.22
- TOTAL: \$2,000'567,727.68

Aplicando el método Input-Output se obtiene que las emisiones de GEI por la depreciación de maquinaria, instalaciones y equipos de la empresa AHMSA en el año 2006 fueron de

137.7749 Gg CO₂e. El Factor de emisiones indirectas por MRR&S ($\text{FEI}_{\text{MRR\&S}}$) es:

⁷ Reporte Anual 2006. AHMSA. Disponible en http://www.gan.com.mx/acero/Empresa/Empresa_Financiera.htm

⁸ INPC 2003 = 104.7815; INPC diciembre 2006 = 121.015.



$FEI_{MRR\&S} = 137.774904 * 10^9 \text{ g CO}_2\text{e}/2.946 * 10^{12} \text{ g}$ de acero terminado.

$FEI_{MRR\&S} = 0.04676677 \text{ kg CO}_2\text{e}/ \text{ kg}$ acero terminado.

Cálculo del Factor de Emisiones Transferidas por la venta de subproductos

La empresa Arcelor Mittal reportó para el 2010 una transferencia de emisiones de CO₂e de 359,390 t CO₂e.

Esta transferencia de emisiones es debida a la venta de subproductos (alquitrán, benzol y escorias) por lo que el factor de emisiones por la transferencia de estas emisiones es igual a:

$FE_{TRANSFERENCIA} = - 359,390'000,000 \text{ t CO}_2\text{e} / 2.946 * 10^{12} \text{ g}$ de acero terminado

$FE_{TRANSFERENCIA} = - 0.121992 \text{ kg CO}_2\text{e}/ \text{ kg}$ acero terminado.

Cálculo del Factor de Emisiones Totales

El factor de emisiones totales (FET) será la suma de los factores de emisiones de GEI directo e indirectos menos las emisiones transferidas:

$FET = 1.883027 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{ kg}$ acero + 0.564008 kg CO₂e / kg acero + 0.046767 kg CO₂e / kg acero - 0.121992 kg CO₂e/ kg acero = 2.37181 kg CO₂e/ kg acero terminado.

Cálculo de las emisiones por el transporte del acero a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Se emplea un factor por transporte⁹ de 0.114 kgCO₂e/t-km correspondiente al transporte de mercancías en camiones pesados. Los camiones que usualmente circulan por nuestras carreteras tienen una capacidad máxima de 50 t, por lo que considerando una carga promedio de 25 t (considerando el viaje vacío de regreso) se tendría un factor de 2.85 kg CO₂e/km.

Las distancias de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a las siderúrgicas principales del país, así

como los costos de cuotas en casetas¹⁰ se presentan en la tabla siguiente:

Las emisiones de GEI por el transporte de las varillas a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas es en promedio:

$FIE_{TRANSPORTE} = 1256 \text{ km} * 2 * 2.85 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{km} /50,000 \text{ kg}$ acero terminado

$FIE_{TRANSPORTE} = 0.143184 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{kg}$ acero terminado.

Por otra parte el costo de casetas refleja el gasto que se invierte en la construcción y conservación de carreteras.

Estas actividades implican emisiones que se pueden estimar aplicando el método Input-Output con base en la Matriz Insumo-Producto de la economía mexicana del año 2003. Los resultados son los siguientes:

Tabla No. 5: Distancias y costos de casetas de siderúrgicas a Tuxtla Gutiérrez, Chiapas:

Siderúrgica	Distancia a Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (km)	Costo de casetas (pesos)
Ternium (Siderúrgica de Monterrey)	1772	4941
Ternium (Siderúrgica de Puebla)	716	2442
Arcelor Mittal (Siderúrgica de Michoacán)	1446	5572
DeAcero (Siderúrgica de Guanajuato)	1090	4415
PROMEDIOS	1256	4342.5

Gasto en casetas a precios del 2003:\$3,008.84

Aplicando el Método Input-Output se obtiene que las emisiones de GEI correspondiente a ese monto gastado en el rubro de construcción y conservación de carreteras son de 200.34 kg CO₂e,por lo que el factor de emisiones de GEI correspondiente será:

$FE_{C\&C \text{ de Carreteras}} = 200.34 \text{ kg CO}_2\text{e}/50,000 \text{ kg}$ acero terminado.

⁹ North America's Railroad (consultado en <http://www.cn.ca/en/greenhouse-gas-calculator-emission-factors.htm>, el 11 de febrero de 2012)

¹⁰ SCT http://aplicaciones4.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControlerUI?action=cmdSolRutas



$FE_{C\&C \text{ de Carreteras}} = 0.0040068 \text{ kg CO}_2\text{e} / \text{kg acero terminado.}$

El factor de emisiones totales por transporte del acero a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas será:
 $F_{IET_{TRANSPORTE}} = 0.143184 + 0.0040068 = 0.147191 \text{ kg CO}_2\text{e/kg acero terminado.}$

Factor de emisiones totales (FET) por la producción y transporte del acero a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

La suma de las emisiones totales por fabricación del acero más las emisiones por el transporte del acero a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas nos da como resultado el factor de emisiones atribuible al acero de refuerzo que se emplea en las construcciones que emplean concreto reforzado en esta ciudad.

Este factor es el siguiente:

$FET_{ACERO} = 2.37181 + 0.14719 = 2.519 \text{ kg CO}_2\text{e/kg acero terminado.}$

Inventario de materiales empleados en la fabricación de 1 m² de cimbra de acero

Las cimbras metálicas para muros pueden ser de muy diversas formas, para efectos de este cálculo se emplearán las características de una cimbra de acero común cuyos elementos son:

- Formaletas de acero estructural.

- Vigas de acero que cargan directamente a las formaletas.
- Puntales ajustables de tubo de acero.
- Gatos de ajuste en la base de los puntales ajustables.
- Contravientos de tubo de acero.

Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por materiales

De acuerdo al inventario de materiales, para fabricar la cimbra metálica necesaria para un metro cuadrado de muro de concreto por ambas caras es la siguiente:

Emisiones totales de gases de efecto invernadero por cimbras de acero.

La suma de las emisiones de GEI por materiales y equipos empleados en el cimbrado de losas, por metro cuadrado de las mismas, y considerando el número de usos de estos elementos es de 2.56 kg CO₂e/m².

Tabla No. 7: Equipo a emplear en la fabricación de la cimbra de acero.

Equipo	Unidad	Cantidad por m ²
Soldadora Lincoln K1277	H	0.2783

Tabla No. 6: Materiales a emplear en la cimbra de acero por metro cuadrado.

Materiales	Unidad	Peso (kg)/unidad	Área que cubre (m ²)	Peso (kg/m ²)
Formaleta de 1.20 m x 0.5 m de acero	Pza	36.65	0.60	61.08
Viga IPR 150 x 100 de acero	m	13.392	1.20	11.16
Puntal de tubo de 2" cédula 40 de 3 m	pza	19.15	3.60	5.32
Contravientos de tubo de ¾" cédula estándar	m	21.38	3.60	5.94
Soldadura E6011	kg	0.835	1.00	0.835
Pintura anticorrosiva	l	1.284	1	1.284



Tabla No. 8: Emisiones de GEI por materiales empleados en la fabricación de la cimbra de acero.

Concepto	Cantidad	Unidad	Número de usos	Factor de emisión (kg CO ₂ e/unidad)	Emisiones de GEI (kg CO ₂ e)
Acero estructural	kg	83.50	100	2.519	2.103
Electrodos E6011	kg	0.835	100	4.182	0.035
Pintura anticorrosiva	l	1.284	20	5.652	0.363
Suma: 2.501 kg CO₂e/m²					

Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero por equipos

Tabla No. 9: Emisiones por el uso del equipo empleado en la fabricación de la cimbra de acero.

Concepto	Cantidad	Unidad	Número de usos	Factor de emisión (kg CO ₂ e/unidad)	Emisiones de GEI (kg CO ₂ e)
Soldadora Lincoln K1277	h	0.2783	100	21.492	0.0598

Conclusiones y recomendaciones

El empleo de cimbras de madera de coníferas en el estado de Chiapas como cimbras de losas conlleva emisiones de GEI mucho mayores (206.13 kg CO₂e/m²) que la alternativa de emplear cimbras de acero (2.56 kg CO₂e/m²).

Esto es atribuible a la falta de implementación de producción sustentable de la madera de coníferas, así como a la falta de control de las talas ilegales. Si se descuentan de las emisiones de GEI las debidas al cambio en el uso del suelo, las emisiones resultantes son comparables a las debidas al empleo de cimbras de acero.

Por otra parte las cimbras de madera son más versátiles en cuanto a dimensiones que las cimbras de acero, lo que permite su aplicación irrestricta, teniendo con ello una ventaja relevante respecto a las cimbras tradicionales de acero que por sus medidas son más aplicables a medidas estandarizadas de losas. Otra ventaja de las cimbras de madera sobre las de acero radica en el costo de adquisición de las mismas, ya que resulta mucho menos caro adquirir madera de escuadría que comprar cimbras de acero.

Con base en lo anterior y con la finalidad de mitigar las emisiones de GEI por concepto de cimbrado de

losas sería recomendable enfocar los esfuerzos de la sociedad en los siguientes puntos:

- Implementar estrategias de producción sustentable de madera.
- Controlar la tala ilegal y la comercialización de sus productos mediante mecanismos como la certificación de la madera.
- Propiciar medidas normativas que favorezcan el empleo de las cimbras de acero, por ejemplo, la estandarización de
- medidas en los espacios arquitectónicos a cubrir con losas de concreto coladas in situ.
- Propiciar el empleo de elementos prefabricados de concreto reforzado.
- Desarrollar alternativas de sistemas de entepiso y techumbre menos impactantes con el medio ambiente.
- Desarrollar tecnologías de cimbrado con elementos de acero que permitan flexibilizar las dimensiones y formas a cubrir.



Fuentes de consulta

1. Bilec M. 2007. A Hybrid life cycle assessment model for construction process. Tesis Doctoral. Universidad de Pittsburgh.
2. B.H.J. de Jong. 2001. Cambios de uso de suelo y flujos de carbono en los Altos de Chiapas, México. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales del 18 al 21 de octubre de 2001 en Valdivia, Chile.
3. Granados-Sánchez D., López-Ríos G. F., Hernández-García M. A. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13(1): 67-83, 2007.
4. Domínguez C. G., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y H. Villalón M. 2007. Evaluación del contenido de carbono en bosques del Sur de Nuevo León. En preparación.
5. Nájera, J. A., Rodríguez, I., Méndez, J., Graciano, J., Rosas, F., Hernández, F. J. 2006. Evaluación de tres sistemas de asierre en *Quercus sideroxyla* Humb & Bompl. De El Salto, Durango. Ra Ximhai, mayo-agosto, año 2006/Vol.2, Número 2. Universidad Autónoma Indígena de México Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 497-513.
6. Pimienta D., Domínguez G., Aguirre O., Hernández F., Jiménez J. 2007. Estimación de biomasa y contenido de carbono de pinus cooperi blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. Madera y Bosques, primavera 2007/Vol. 13 No. 001. Instituto de Ecología A.C. Xalapa México. pp:35-46.
7. Vásquez Sánchez M.A. (editor). 2005. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial. ECOSUR

- Análisis y desarrollo de normatividad de construcción que contribuya a abatir las emisiones de GEI.

ANEXO ÚNICO. Temas de interés a desarrollar.

- Matriz Inversa de Leontief de la economía mexicana con datos actuales, una mayor número de rubros productivos y el vector correspondiente de emisiones de GEI para cada rubro de la industria.
- Tecnologías de cimbrado menos impactantes con el medio ambiente.
- Tecnologías de techumbres y entrepisos que satisfagan los requerimientos reales de la sociedad e impacten menos al ambiente.





DISEÑO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA PASIVO CHIMENEA HIDRO-SOLAR EN PROTOTIPOS DE LABORATORIO.

Haydee Pérez Castro¹, Jorge Flores González², Aida López Cervantes³ y Luis Manuel Pérez Sánchez⁴

¹ Universidad Juárez Autónoma de Durango dearqayd@gmail.com

² Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura jorge.flores@ujat.mx

³ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, arqalo@hotmail.com

⁴ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura, luisperez.daia@hotmail.com.

Resumen

La renovación del aire interior en la vivienda por aire exterior, favorece el enfriamiento por convección de las superficies interiores de la envolvente, siempre más calientes por efecto de la radiación solar. Este trabajo planteó una propuesta experimental sobre ventilación inducida denominado Chimenea Hidro-Solar, la que derivó de los sistemas pasivos empleados en arquitectura. Consistió en mejorar el desempeño por convección, empleando tubería de cobre y agua como elementos captadores de energía calorífica.

La propuesta se llevó a cabo en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

El trabajo consistió en el diseño, construcción y evaluación del prototipo. El recinto de estudio se proyectó bajo las dimensiones establecidas por el Reglamento de Construcción. Se construyeron dos Modelos, uno que integró la Chimenea Hidro-Solar y otro como elemento de Referencia. La evaluación se realizó tomando datos de temperatura y ventilación simultáneamente. Resultando diferencias en sus comportamientos.

Introducción

La climatización y los electrodomésticos en general ocupan en el promedio nacional el 3er lugar. Las viviendas del norte de México, cuyo clima es cálido-seco, y las de las costas, con clima cálido-húmedo, demandan mayor energía para la climatización y, por lo tanto, en estas zonas el uso de energía para climatización ocupa el segundo lugar de consumo. Ante la falta de información oficial y con base en entrevistas a los desarrolladores de vivienda y experiencia de los investigadores, se asume que en el norte y el sureste, el uso de aire acondicionado es

muy alto y rebasa a los demás equipos (CONAFOVI 2006).

Debido al creciente interés de la problemática energética a nivel mundial, en el campo de la arquitectura se ha retornado a incluir dentro del diseño de edificios el aprovechamiento al máximo de las características medioambientales proporcionadas por el lugar de sitio. Por lo que la tendencia es la implementación de las técnicas pasivas de climatización.

La climatización pasiva consiste en la utilización de procedimientos constructivos para el control del ambiente interno, reduciendo con ello el uso de los equipos mecánicos y aumentando consecuentemente la eficiencia energética de la edificación.

El término pasivo se refiere a que en todos los casos la energía transferida para y desde el edificio, se da por medio de un proceso natural, por conducción, convección y radiación, donde intervienen los componentes del edificio, tratando de que la intervención de sistemas mecánicos externos sea mínima. Y de esta manera lograr que en el interior del edificio se den las condiciones de comodidad térmica para los habitantes del mismo (Sámano, et. al. 1997).

A raíz de estos acontecimientos y como usuario de edificaciones emplazadas en el clima antes mencionado, resulta prioritario continuar en esta línea y aportar soluciones alternativas. Tal es el caso de este trabajo que busca diseñar y evaluar un sistema experimental de tipo pasivo que permita la inducción de ventilación mediante el manejo de la radiación solar.



Cada región presenta características específicas ambientales, por lo que la tipología de los edificios debe responder a soluciones particulares y únicas. Es por esto que la arquitectura tradicional ha manifestado a lo largo de historia, características arquitectónicas regionales. Adecuadamente la arquitectura bioclimática busca precisamente implementar modelos que respondan a las condiciones geográficas y climáticas, por lo que no puede generar un prototipo que sea repetitivo.

El clima cálido húmedo, que presenta la región de estudio es de los más difíciles de tratar. De toda la gama de estrategias pasivas sólo dos resuelven esta dificultad: ventilación y sombreado (Tudela, 1982).

La mayoría de las viviendas ubicadas en clima cálido húmedo presentan problemas de incomodidad térmica, tal es el caso de Tabasco debido a los altos índices de temperatura y humedad la mayor parte del año, por lo que es fácil alcanzar en promedio 36°C en la época calurosa, con máximas de hasta 42°C, el rango de humedad relativa promedio es del 55% al 65%, de acuerdo con estos datos se establece que las edificaciones requieren de enfriamiento (Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua, 2011).

Generalmente, la mitigación de este problema se resuelve mediante la utilización de equipo de acondicionamiento eléctrico lo que repercute en el gasto energético y en la economía de sus ocupantes. El enfriamiento más efectivo en el ser humano, se produce en la superficie de la piel, por lo tanto el movimiento del aire tiene un papel muy importante dentro del proceso de enfriamiento.

En este lugar existen muy pocas elevaciones, por lo que se podría decir que es llano. El viento se mueve a velocidades bajas, manteniéndose en dos direcciones predominantes, Noreste y Sureste (García, 1995).

Para mitigar la problemática se hace uso de equipo de acondicionamiento eléctrico lo que repercute en el gasto energético y en la economía de los ocupantes. Plantear

El planteamiento consistió en diseñar y evaluar el prototipo "Chimenea Hidro-Solar" para optimizar la ventilación inducida al interior de un recinto en condiciones cálido-húmedas, aprovechando el recurso solar.

Materiales y métodos

El sistema propuesto fue basado en el sistema Chimenea Solar originalmente está formado por un elemento captador (vidrio y/o metal pintado de negro mate) y en ocasiones un elemento acumulador (muros o techo) de energía calorífica. En general sobresale por encima de la techumbre, dentro del cual se calienta una masa de aire que asciende y después es desfogada a la atmósfera, efecto que es provocado debido a las diferencias de temperatura entre masas de aire. Ambos sistemas tiene como fin generar en el interior del espacio habitable, corrientes de aire a través del efecto convectivo.

La propuesta de Chimenea Hidro-Solar (Ver Figura 1) consta de una entrada de aire fresco del exterior, que ingresa al recinto habitable, y de una cámara de aire. El aire contenido en la habitación penetra dentro de la cámara, mediante vanos en la parte inferior y superior del muro al que se adosa. En cuanto el aire entra en la cámara se calienta, comienza a ascender y fluye al exterior.

Este flujo produce una succión que absorbe el aire más fresco del ambiente interior a través de los vanos. Este ciclo de movimiento natural del aire se denomina convectivo.

La cámara es construida con lámina metálica pintada de negro mate y cerrada en una de sus caras con vidrio, se instala en la parte exterior del muro con mayor asoleamiento. Para una mejor eficiencia del sistema se adosa al muro una parrilla formada por ductos de cobre, los cuales contendrán agua.

La función de este último elemento es el de mantener por mayor tiempo la temperatura alta y por consiguiente el efecto convectivo. Este planteamiento, para evitar el incremento de la temperatura en el interior del espacio, considera un material aislante entre la Chimenea y el muro al cual fue adosado. El techo es considerado plano, debido a que la mayoría de las viviendas en el Estado presentan este tipo.

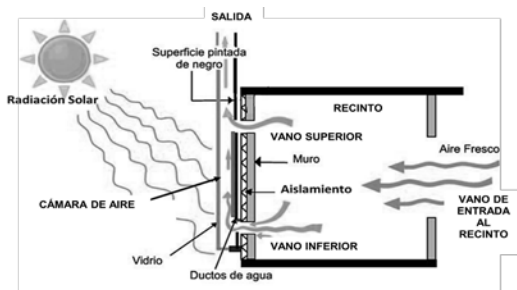
El estudio se realizará en las instalaciones de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, ubicada en la ciudad de Cunduacán, Tabasco. Latitud 18°4' Norte y longitud 93°10' Oeste. Consta de dos etapas:



La primera consistió en la revisión bibliográfica acerca de las características y funcionamiento del sistema Chimenea Solar.

Se indagó sobre las aplicaciones que ha tenido, los factores climáticos que intervienen, el material, las causas y efectos que produce, el beneficio térmico que se pueda obtener en función de las corrientes de aire provocadas y los cálculos que atañen este sistema.

Figura 1. Sistema propuesto Chimenea Hidro-Solar.



El análisis de la información recopilada dio la perspectiva para el diseño de un nuevo sistema denominado Chimenea Hidro-Solar.

En la segunda etapa se construyó y evaluó la propuesta a través de modelos a escala. Se fabricaron dos Módulos, uno que implicó el sistema Chimenea Hidro-Solar y otro que fungió como elemento Referente implicando el Sistema Original de la Chimenea Solar, lo que permitió visualizar los aciertos y desaciertos de la propuesta.

La evaluación del sistema implicó la instalación de equipo para el levantamiento de datos de temperatura (°C) y velocidad de viento (m/s).

Los materiales empleados en la construcción de los Modelos fueron: madera, vidrio, lámina metálica pintada de negro mate y tubería de cobre (Ver Figura 2).

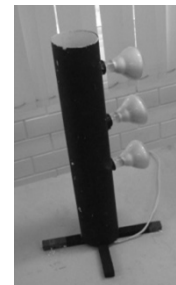
Las proporciones se establecieron con base en las dimensiones mínimas de una recámara dispuestas por el Reglamento de Construcción, 3mX3m. Habitación seleccionada de la vivienda, en la que mayor tiempo pasan los usuarios.

La escala de dimensionamiento empleada fue 1:6. Para poder simular la energía calorífica que incidirá sobre la Chimenea, se construye también dos portalámparas que permiten calentar de manera uniforme la superficie expuesta (Ver Figura 3).

Figura 2. Modelo a escala del sistema Chimenea Hidro-Solar.



Figura 3. Lámparas que simulan la energía calorífica.



El procedimiento del levantamiento de datos se realizó con los siguientes instrumentos: Adquisidores de temperatura Data Logger Hobo U12 (unidad de medida en °C), y anemómetro KANOMAX ANEMOMASTER Modelo A004 (unidad de medida m/s). Los ciclos de registro se realizaron cada quince minutos. Para el registro se empleó el software HOBOWare Pro 2.3.1.

El registro del comportamiento se efectuó paralelamente en ambos Modelos, en dos momentos diferentes (Ver Figuras 4, 5, 6 y 7), debido a que solo se contaban con dos anemómetros:

En un Primer Momento fueron colocados en el Vano Inferior y en un Segundo Momento en el Vano Superior de la Chimenea. A fin de monitorear los sucesos en el interior del recinto, se instalaron para ambos momentos, sensores de temperatura en el Vano de Entrada al Recinto, en los Vanos Inferior,



Superior y Salida de la Chimenea, así como en el exterior. La visualización de la trayectoria del aire se obtuvo empleando plumas de humo (Smoke-Pen).

Figura 4. Croquis de Planta, Modelo de Referencia

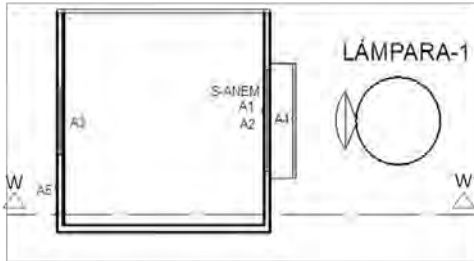


Figura 5. Croquis de Planta, Modelo Chimenea solar.

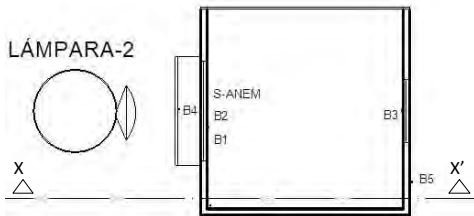


Figura 6. Alzado de la ubicación de los sensores en los Modelos de Referencia y Chimenea Solar (de izquierda a derecha), Primer Momento.

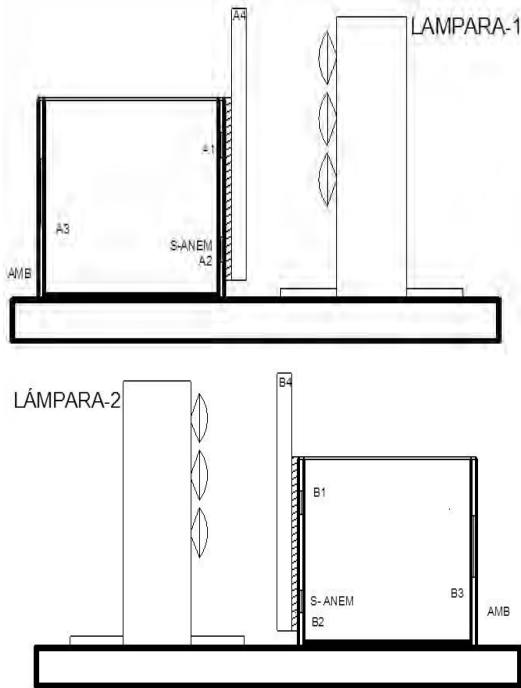
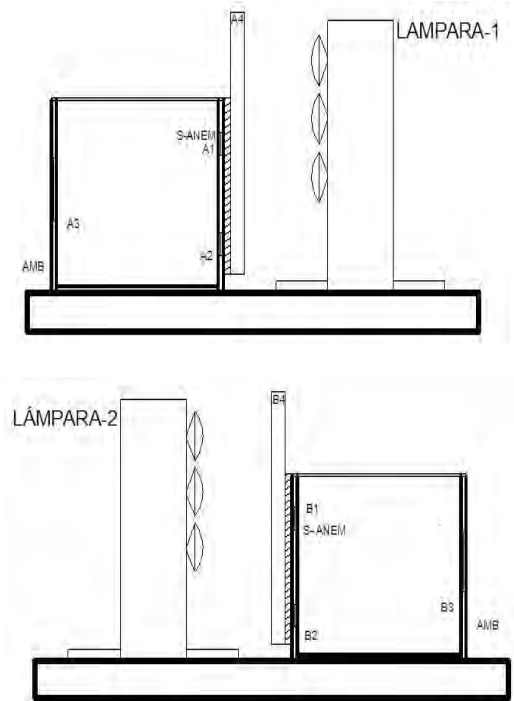


Figura 7. Alzado de la ubicación de los sensores en los Modelos de Referencia y Chimenea Solar (de izquierda a derecha), Segundo Momento.



A continuación se señala la ubicación del equipo en las plantas para el Primer y Segundo Momentos. En seguida se observan los alzados para el Primer Momento. Acto continuo se exponen los alzados para el Segundo Momento.

Resultados

Mediante los trazadores de humo se pudo distinguir claramente la trayectoria del aire y la fuerza de succión en los vanos de la Chimenea (Ver Figura 8 y 9), verificándose con esto su funcionamiento.

En ambos módulos, el recorrido del humo se presentó de manera constante hacia el Vano Superior, logrando acceso a la Cámara de Aire, y posteriormente ser expulsado por la Salida de la Chimenea. Los valores concernientes a la velocidad del viento en los Vanos Inferior y Superior de los Modelos, se advierten en los siguientes gráficos (Ver Figura 10, 11 y 12).



Figura 8. Trayectoria de la succión del aire, Vano Superior.

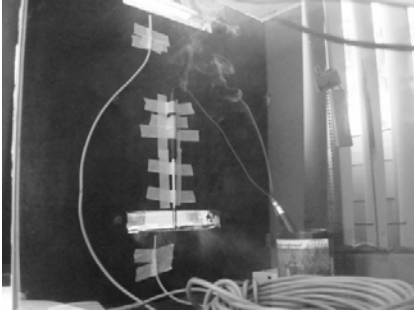


Figura 9. Salida del aire por la Chimenea.

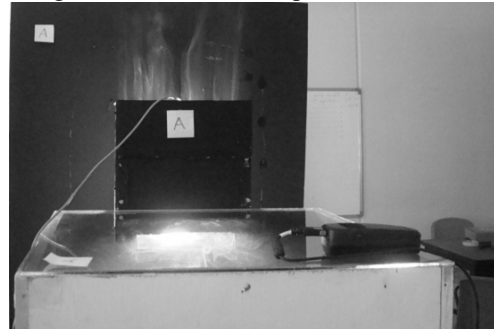
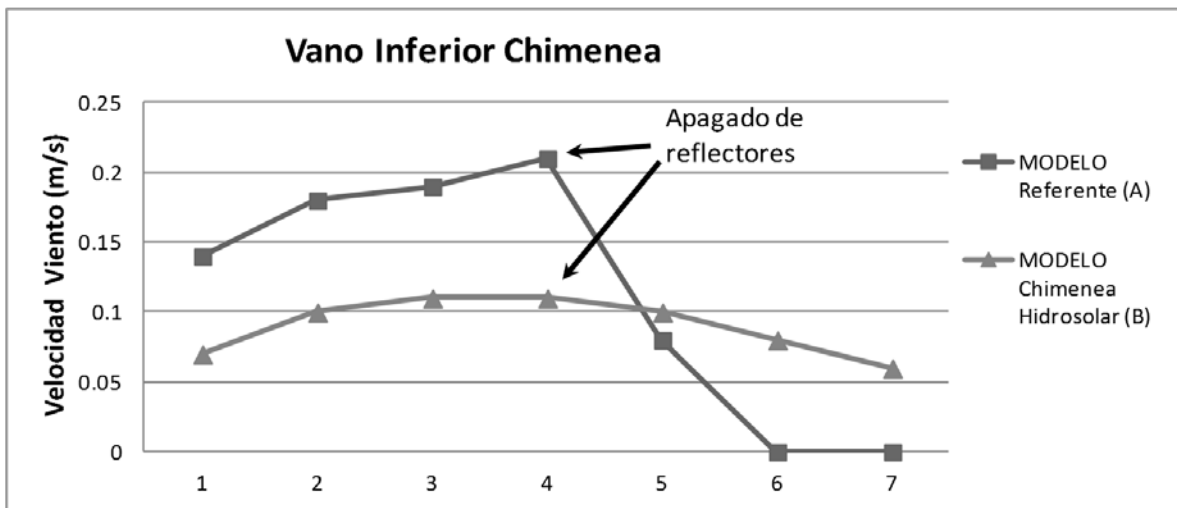


Figura 10. Gráfico Primer Momento (sensor ubicado en el Vano Inferior de la Chimenea).

De acuerdo con los registros, la velocidad más alta se muestra en el Modelo Referente, sin embargo los datos en la Chimenea Hido-Solar fueron más uniformes y se mantuvieron por un periodo más largo.



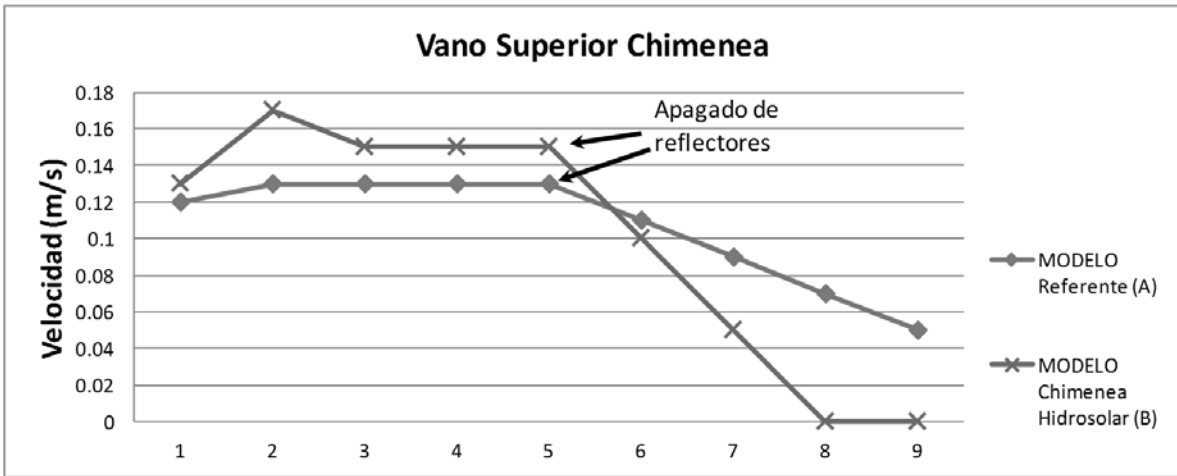
Aquí la situación se invirtió, los valores más altos se manifestaron en el Modelo Chimenea Hidro-Solar, en el otro Modelo el comportamiento fue homogéneo y se prolongó el tiempo de trabajo.

El desempeño de succión del aire manifestado por el Vano Inferior es notable. Hipotéticamente la sensación podría ser percibida por el usuario de manera inmediata, inclusive después de apagarse la fuente de energía calorífica.

Cabe mencionar que el Vano Inferior se encuentra a 0.50m por encima del piso, lo que coincide con la altura de un usuario sentado. El vano superior respecto del inferior tuvo variaciones muy marcadas, las velocidades de ambos después de llegar a su estabilización máxima fueron entre 0.04 y 0.05m/s, no obstante después de apagar los reflectores, el Vano Superior llega a 0m/s después de 45 minutos, mientras que el Inferior continúa trabajando. Modelo Referente:



Figura 11. Gráfico concerniente al Segundo Momento (sensor ubicado en el Vano Superior de la Chimenea).



El desempeño de succión del aire manifestado por el Vano Inferior tuvo las velocidades más altas, con respecto a ambos Modelos, sin embargo su trayectoria mostró desvaríos, el descenso a 0m/s se

presentó más tempranamente que en cualquiera de los otros vanos, 30 minutos.

Figura 12. Gráfico comparativo de ambos Momentos.
Apreciaciones del desempeño en los Modelos Chimenea Hidro-Solar y Referente (Ver Figura 12):
Modelo Chimenea Hidro-Solar:

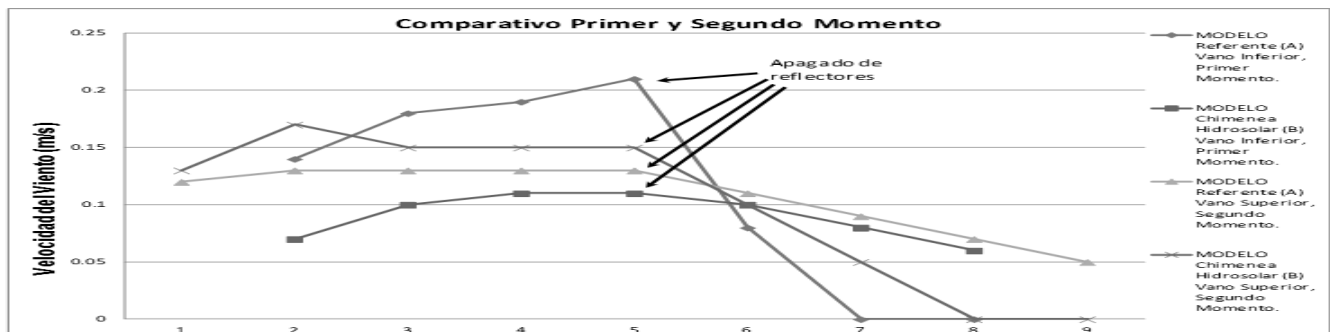




Figura 13. Gráfico de temperaturas, Modelo Chimenea Hidro-Solar.

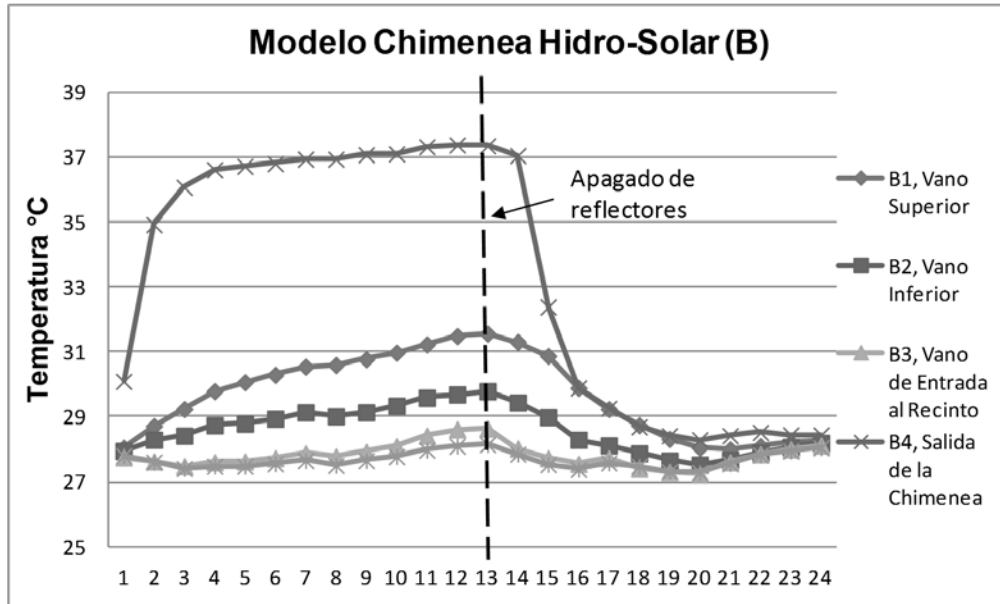


Figura 14. Gráfico de temperaturas, Modelo Referente.

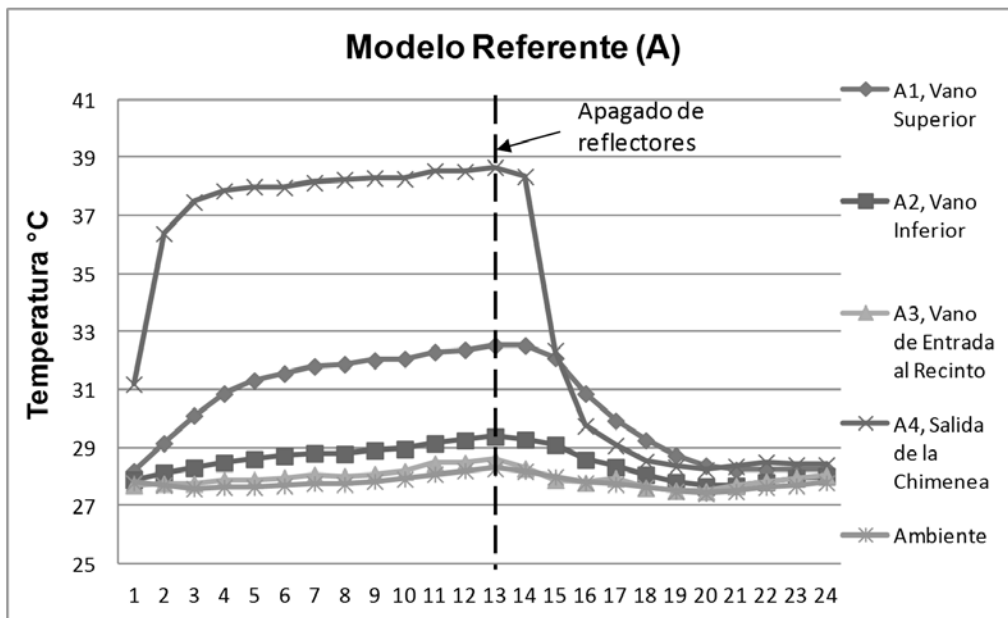
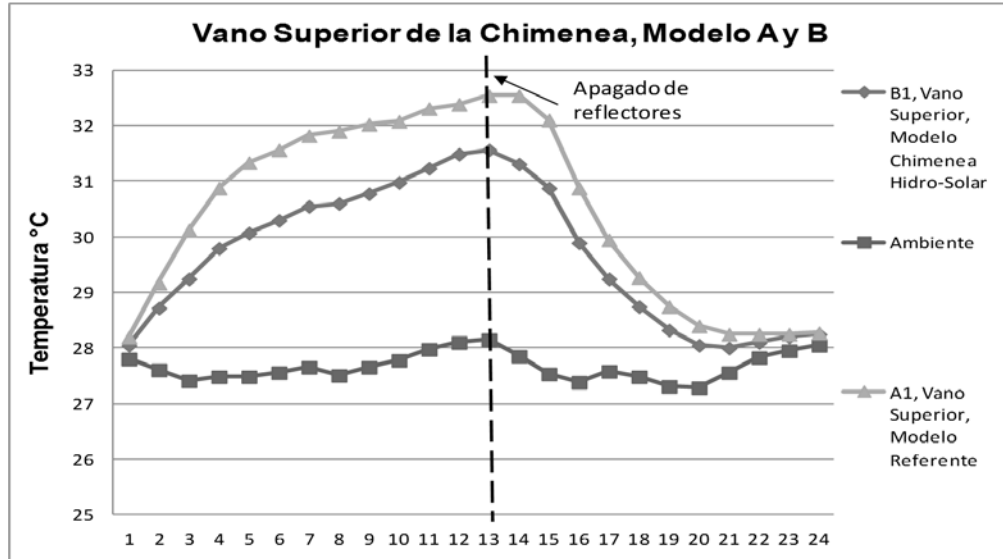




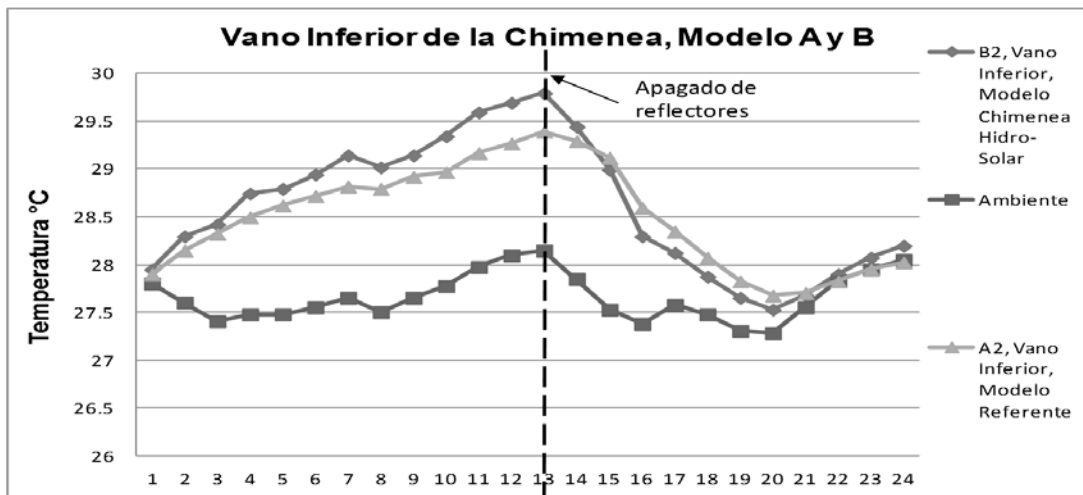
Figura 15. Gráfico de temperaturas, Vano Superior.



Las temperaturas presentadas en el Vano Superior superan en 3.5°C (Modelo Chimenea Hidro-Solar) y 4.5°C (Modelo Referente) la temperatura ambiente. En general, al alcanzar la estabilización de la

temperatura los sensores marcan una diferencia de aproximadamente 1°C entre ambos Modelos. Al apagar los focos reflectores la caída de los datos es similar.

Figura 16. Gráfico de temperaturas, Vano Inferior.

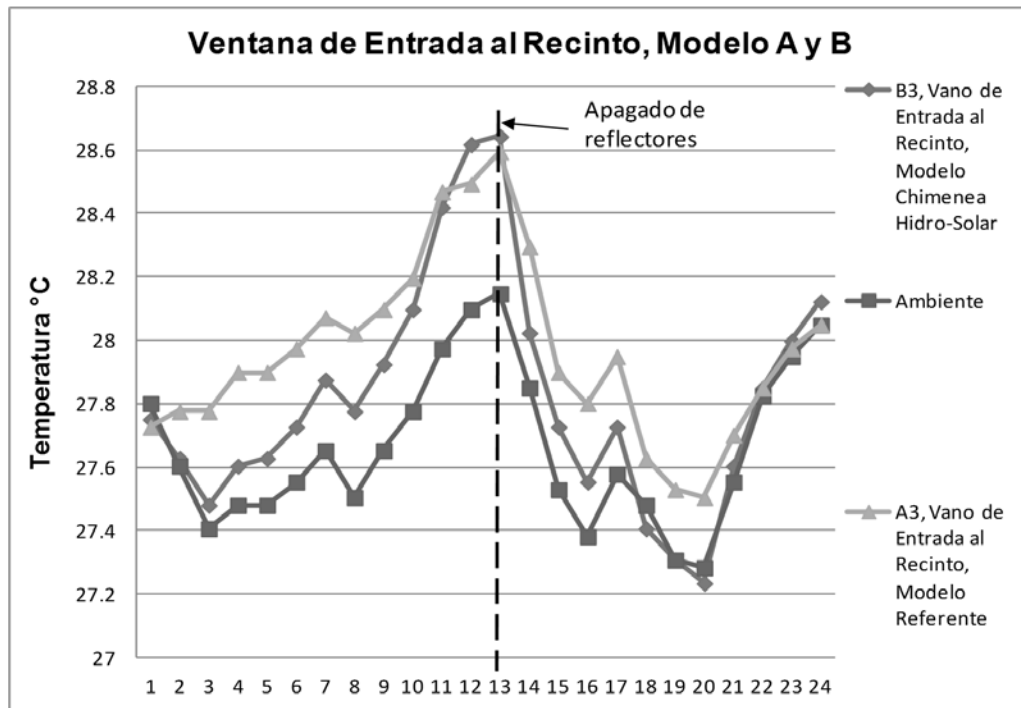


Hasta antes de apagarse la fuente de calor, los valores para los dos Modelos son análogos, pero

posteriormente las lecturas de la Chimenea Hidro-Solar caen ligeramente más rápido.



Figura 17. Gráfico de temperaturas, Vano de Entrada al Recinto.



Se puede distinguir que en el Modelo Chimenea Hidro-Solar las cifras se encuentran sutilmente por debajo del otro Modelo, además alcanza la temperatura ambiente en menor tiempo.

Conclusiones

En nuestro país, la cultura del ahorro de energía se inició hace más de una década, pero los beneficios aún no son palpables. La sociedad mexicana, requiere de nuevos diseños de viviendas que se adapten a sus necesidades y que además modifiquen las tecnologías actuales, altamente consumidoras de energía, tratando de afectar de manera mínima el valor adquisitivo de la vivienda.

De manera global, el desarrollo de la presente investigación representa una contribución favorable al cuidado del medio ambiente, en el entendido que las acciones que conllevan a la transferencia de tecnología utilizando las fuentes de energía alternativas, tienen un reflejo directo en los procesos de sustentabilidad. Se concluye que este sistema logró el efecto convectivo dentro del sistema debido

a las variaciones de temperatura en su interior. No obstante es necesario seguir trabajando en determinar el aporte debido al agua contenida en los tubos de cobre y en el diseño de la entrada de aire fresco y la salida de la Chimenea.

Particularmente ésta propuesta puede ser combinada con otros sistemas pasivos, tal como el techo escudo. Los sistemas pasivos deben ser sujetos de reingeniería para hacerlos más eficientes o bien validarlos en el contexto establecido.

También resultó indicativo que las reproducciones de Módulos a escala para simular situaciones reales, son de mucha ayuda en cuanto a la inversión de recursos económicos; mientras mayor sea la semejanza del Módulo con la realidad, habrá una mayor certeza en los resultados.

Esta investigación no pretende dar una receta, pues las condiciones climáticas de los distintos lugares y la orientación de las diferentes edificaciones son características no uniformes. Lo que se quiere



plasmarse, es que sí es posible plantear alternativas de solución para enfriamiento en climas cálidos-húmedos, diferente a las habituales y aplicarlas, aunque su rendimiento no sea cien por ciento efectiva en comparación a cualquier equipo de acondicionamiento ordinario, sin embargo la suma de esfuerzos se verá reflejada a favor del medioambiente.

Temáticas derivadas:

La ventilación por inducción a través de bóvedas y cúpulas.

El modelado a escala y

Fuentes de consulta

1. CONAFOVI, (2006). *Guía para el uso eficiente de la energía en la vivienda*. México: Comisión Nacional del Fomento a la Vivienda.
2. García, J.R. (1995), *Viento y Arquitectura*, México: Editorial Trillas.
3. Sámano, D., Morales, J. y Morillón, D., (1997), “Aspectos Bioclimáticos en el Diseño de Edificios Confortables de Máxima Eficiencia Energética”, Notas del Curso de Actualización de Energía Solar. Temixco, Morelos: UNAM.
4. Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua, (2011), México, recuperado de http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=107%3Atemperatura-maxima-por-entidad-federativa&catid=1&Itemid=112.
5. Tudela, F. (1982), *Ecodiseño*, México: Universidad Autónoma Metropolitana.



Los residuos sólidos urbanos y El Cambio Climático Antropogénico, Una aproximación en Yucatán.

Rubi Elina Ruiz y Sabido
Adrian Contreras Manzanilla

Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Resumen

En la actualidad el manejo de residuos sólidos urbanos se encuentra enfrentado a dos realidades generalizadas: el de alta tecnología que caracteriza a los países industrializados y el de baja tecnología que caracteriza a los países en vías de desarrollo. Según la División Estadística de las Naciones Unidas se estimó que para el año 2007 se generaron 1.25 billones de toneladas de residuos a nivel mundial, sin tomar en cuenta los residuos industriales ni comerciales.

Lo anterior, muestra que la pauta mundial predominante, es hacia el constante incremento de la generación de residuos sólidos cuyos plazos de descomposición material se miden en décadas o incluso siglos. De igual forma en otro reporte, las Naciones Unidas sugiere que los desechos provenientes de humanos, utiliza mucha energía para procesarse y que este uso de la energía está contribuyendo al cambio climático y a la producción de gases de efecto invernadero.

Ante este panorama, en Yucatán se están implementando formas efectivas de reciclar los desechos transformándolos en abono orgánico, que además posibiliten no solo un desarrollo sustentable en el espacio urbano y arquitectónico, sino también un aprendizaje político, social, cultural pero sobre todo una educación ambiental que garantice una retroalimentación continua que haga que la evolución del sistema tecnológico y económico se adapte a las necesidades del presente y no amenace la viabilidad ecológica ante las amenazas antropogénicas y extremas.

Introducción

Desde el surgimiento de la humanidad, la supervivencia de las personas las ha obligado a agruparse y concentrarse en lugares estratégicos

por sus recursos naturales, a medida que las agrupaciones humanas crecen y se transforman de pequeñas aldeas a grandes ciudades, el medio natural se deteriora y los recursos otrora abundantes, escasean.

Por si fuera poco, esas conglomerados humanos derivan en la creación de esquemas urbanos, donde el uso del espacio tiende a la segregación, lo que implica problemáticas de tipo social, de seguridad, salud, educación, vivienda; consumo, materia prima, transformación, elaboración de productos, transportación, distribución, uso y como consecuencia disposición final de los residuos, que aumentan considerablemente el grado de degradación del medio natural y la calidad de vida de la gente, creándose círculos viciosos entre las necesidades, consumo, producción, deterioro ambiental y calidad de vida.

Esta influencia antropogénica, es decir, estos cambios ocasionados por las actividades humanas, desde distintas posturas de expertos, consideran que están impactando el clima de la tierra.

“El clima de la Tierra está claramente fuera de balance y se está calentando. Muchos de los componentes del sistema climático, incluyendo la T° de la atmósfera, la tierra y el océano, la extensión del hielo marino y los glaciares de montaña, el nivel del mar, la distribución de las precipitaciones y la duración de las estaciones-están ahora cambiando a tasas y patrones no naturales y se explican mejor por el aumento de las abundancias atmosféricas de gases de efecto invernadero y los aerosoles generados por la actividad humana durante el s. XX”¹.

¹American Geophysical Unión (AGU) 2003, reafirmado en el 2007.



A través de las siguientes líneas pretendemos crear un espacio de reflexión sobre la influencia que toda actividad humana tiene sobre el medio ambiente y el cambio climático, así como la importancia de implementar estrategias de educación ambiental, con miras a modificar conductas y hábitos en personas, comunidades y otros escenarios.

La complejidad actual de los espacios urbanos

Las personas habitamos en agrupaciones de viviendas que van desde pequeñas villas y pueblos a grandes ciudades. Históricamente, la ubicación de los asentamientos humanos ha estado estrechamente ligada al medio.

Se situaban cerca de manantiales y de otros recursos naturales, buscando que fueran adecuados para sus necesidades económicas, sociales y de defensa; hoy en día la presencia de la industria y el comercio son también factores decisivos en la localización de los asentamientos humanos.

En correspondencia con la cultura de la sociedad que la habita, cada ciudad tiene su propio carácter, una mezcla de valores e ideales cosmológicos que se reflejan en la arquitectura, el paisaje, el urbanismo, la economía, y su relación con el medio. Así como por la manera en la que responde a la necesidad humana de desarrollar diversas capacidades como trabajar, aprender, descansar, gozar de la naturaleza, encontrarse, jugar, desarrollarse y expresar su creatividad.²

Al mismo tiempo, las ciudades se caracterizan por la gran densidad de población, resultado de diversos factores, entre los que sobresalen el aumento del crecimiento demográfico -una mayor tasa de nacimientos en contraposición con la reducción de la mortandad-, el constante flujo migratorio de los habitantes del campo a la ciudad, quienes buscan oportunidades para mejorar su nivel de vida, ya que las zonas rurales no pueden satisfacer sus necesidades y la transformación del uso del suelo rural en urbano.³

²(Anon., 2003)

³Ibidem. La superpoblación puede comportar conductas agresivas, crimen, malas condiciones sanitarias y trastornos psicológicos.

En este sentido, es alarmante como se ha incrementado el índice de crecimiento demográfico, la duplicación de los primeros mil millones de habitantes ocurrió en un siglo, de 1840 a 1930, mientras que la segunda tuvo lugar en sólo 40 años, de 1930 a 1970⁴, y la mayoría de esos habitantes está en las ciudades, por ejemplo, en Yucatán dos de cada tres pobladores vive en zonas urbanas.

A la par con el incremento global de riqueza que se percibe hoy día, la pobreza empeora y sigue creciendo, lo que provoca una peligrosa inestabilidad social, asociada al inevitable declive medioambiental.

Las ciudades están destinadas albergar una proporción cada vez mayor de esta población pobre, quienes generalmente viven en los entornos más sórdidos, expuestos al límite de las condiciones de habitabilidad, en una total falta de igualdad, sufriendo una acusadora erosión social y acentuando la precariedad ambiental, factores que van entrelazados.⁵

Una vez emigrado a la ciudad, es difícil que la población vuelva a su lugar de origen, especialmente cuando ya se han perdido los vínculos con la tierra. La planificación del desarrollo a largo plazo, como por ejemplo el incremento de puestos de trabajo en zonas rurales, se hace necesaria a medida que cambian los sistemas de uso de la tierra.

Residuos sólidos en el espacio urbano

La ciudad entonces, significa el impacto continuo más grande de la población sobre la naturaleza, y el lugar donde más se ha alterado el medio, el alto consumo de materia y energía, y donde además, se generan grandes cantidades de residuos.

Y es que el origen de los residuos sólidos urbanos (RSU), que proviene principalmente de las ciudades, resulta de las actividades domésticas en los domicilios particulares, en los edificios públicos, y en mercados, calles, etc.

Algunos de los residuos sólidos que producen las industrias son similares a los urbanos, pero otros

⁴(Salas Espíndola, 1997, p. 42)

⁵ibidem.



son más peligrosos, puesto que pueden contener sustancias inflamables, radiactivas o tóxicas. Se calcula que se producen más de doscientas mil toneladas de residuos industriales por día, por lo que la mezcla de los residuos industriales con la basura en general, redimensionan esta problemática. Lamentablemente, la mayoría de las actividades que el ser humano desempeña son generadoras de basura, pero el problema principal consiste en la cantidad de desechos producidos, y que en la mayoría de las ocasiones ni siquiera se cuenta con los espacios suficientes para recibirlos. Según la División Estadística de las Naciones Unidas estimo que para el año 2007 se generaron 1.25 billones de toneladas de residuos a nivel mundial, sin tomar en cuenta los residuos industriales ni comerciales. Lo anterior, muestra que la pauta mundial predominante, es hacia el constante incremento de la generación de residuos sólidos cuyos plazos de descomposición material se miden en décadas o incluso siglos.

Es evidente que esas grandes cantidades de basura afectan el medio ambiente, ya sea en la calidad del aire cuando llegan a él gases provenientes de la descomposición de la basura; del suelo cuando los desechos se incorporan a él, o del agua si los residuos se vierten en ella o simplemente si son arrastrados por las lluvias. Siendo de crucial importancia en esta discusión, el que la descomposición de los residuos orgánicos llegue a desprender gases de efecto invernadero.

Pues los gases de tipo invernadero contribuyen a atrapar el calor generado por los rayos solares en la atmósfera, en un proceso conocido como efecto invernadero. Ese fenómeno contribuye a los cambios climáticos que se presentan actualmente y pueden ser más drásticos que los ocurridos en los últimos cien años. En realidad, estos gases de tipo invernadero son componentes naturales de la atmósfera, pero el problema reside en la elevada concentración de los mismos que hace imposible removerlos de la atmósfera de forma natural.

Los científicos dedicados a estudiar los cambios climáticos del planeta han encontrado que en los últimos años la temperatura se ha incrementado de 0,5° a 1,0° C y se estima que en los próximos cincuenta años, la temperatura puede elevarse de

1,5 a 5,5° C, si no se controla la presencia de gases de invernadero en la atmósfera.

El problema radica en que la basura y los desechos materiales orgánicos e inorgánicos que se arrojan en la naturaleza, ocasionan emisiones de gases invernadero, modifican sus condiciones y provocan cambios que pueden ir desde la erosión hasta la extinción de especies.

El manejo de la basura se resume a un ciclo que comienza con su generación y acumulación temporal, continuando con su recolección, transporte-transferencia y termina con la acumulación final de la misma.

Es a partir de esta acumulación cuando comienzan los verdaderos problemas ecológicos, ya que los basureros se convierten en focos permanentes de contaminación. Los depósitos de basura a cielo abierto, no sólo acaban con el hábitat natural de los organismos, sino que interrumpen los ciclos biogeoquímicos, o acaban con los integrantes de las cadenas alimentarias.

En comparación con los procesos naturales, donde se producen sustancias químicas complejas en que el impacto es mínimo, los procesos son cíclicos y se llevan a cabo con ayuda de catalizadores muy eficientes; la industria, en cambio, gasta gran cantidad de energía y agua, sus procesos son lineales y producen muchos desechos.

Con el tiempo, alguna parte de ellos se irá descomponiendo y darán lugar a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio, que provocan que el suelo pierda muchas de sus propiedades originales, como su friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, intercambio catiónico, concentración de macro y micronutrientes. Los nuevos componentes del suelo serán principalmente los biogás y los lixiviados⁶.

⁶Los lixiviados se definen como líquidos que al filtrar por las capas del suelo u otro material sólido permeable, que van disolviéndolo en su totalidad o a algunos de sus componentes. Los lixiviados pueden presentar un movimiento horizontal, se desplazarán a lo largo del terreno, contaminando y dañando así el suelo y vegetación tanto del terreno como de zonas aledañas.



En la elaboración de biogás intervienen hongos y bacterias aeróbicas cuyos subproductos finales son el bióxido de carbono, el amoníaco y el agua.

Como consecuencia, el ser humano tendrá menos recursos para alimentarse, al buscar nuevas tierras que explotar dañará aún más las condiciones del planeta y además podrá contraer numerosas enfermedades ocasionadas por arrojar basura en el medio natural.

Por otra parte, los habitantes de las ciudades también suelen generar más residuos por que tienen un consumo per capita más alto que las poblaciones rurales. En muchos casos estos residuos no son biodegradables, como los plásticos. Además los sistemas ecológicos que descomponen los residuos orgánicos en las áreas urbanas son menos eficientes por la falta de micro organismos en el suelo.⁷

La urbanización ha estado estrechamente ligada a la industrialización. Los problemas de vivienda de abastecimiento de agua, de vertido de residuos, de trabajo de aguas residuales, no cesan. Eso significa condiciones de vida de contaminación y superpoblación para muchas personas que emigran a las ciudades y la capacidad de desarrollo está íntimamente ligada al deterioro del medio ambiente.

La anterior ha ocasionado que exista una situación de desastre en el medio ambiente y una de las partes más críticas del problema es la contaminación en el sistema de vida vigente que está basado en un consumo irracional de energía y destrucción de los recursos naturales.⁸

Con el impacto que ha tenido este crecimiento demográfico de una forma exponencial hemos contaminado el aire, agua, los ríos, lagos manantiales; es posible que no tengamos una respuesta y aún no sabemos qué alteraciones e implicaciones tengan para la vida estos niveles de

contaminación que destruyen y afectan nuestra salud irreversiblemente.⁹

Los residuos sólidos urbanos y el cambio climático antropogénico.

Desde nuestra perspectiva, dentro del espacio urbano podemos constatar que la intensa actividad del ser humano sobre el medio ambiente está relacionada con un cambio climático antropogénico; el cual por un lado tiene sus causas en la actividad humana a través de los modelos energéticos, de transportes; producción-consumo; urbanismo; estilos de vida, entre muchos factores y por otro lado, el cambio climático produce un impacto importante en las sociedades, como las olas de calor; inundaciones; episodios climatológicos extremos, etc., y también indirectamente a través del cambio en el medio biogeofísico, es decir, en la disponibilidad de agua, en los cultivos, en la conflictividad social, etc.

Es en este sentido, que compartimos la opinión de que el cambio climático es, sobre todo, un hecho social, por sus causas y consecuencias sociales.

En esta misma dirección, el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), desde enero del 2001 planteó dentro de sus observaciones que la mayoría del calentamiento en los últimos 50 años se atribuye a las actividades humanas, a las emisiones humanas de gases tipo invernadero.

En 2007, la Academia Europea de Ciencias Y Artes registró de manera formal una declaración sobre cambio climático llamada *Seamos Honestos*, en la que se ponía de manifiesto que muy posiblemente, la actividad humana es responsable del calentamiento climático y que los cambios climáticos documentados de largo término incluye cambios en T° árticas y en el hielo, amplios cambios en cantidad de precipitaciones, salinidad oceánica, patrones ventosos, tiempo extremo incluyendo sequías pesadas precipitaciones, ondas de calor e intensidad de ciclones tropicales. Y todo este desarrollo potencial tiene dramáticas consecuencias para el futuro de la humanidad.

⁷ (Salas Espindola, 1997). El crecimiento demográfico y el aumento de nivel de educación formal, la migración del campo a la ciudad.

⁸(Lopez Portillo y Ramos, 1982) p.42

⁹Ibidem p.42



De igual forma en 2001, treinta y dos Academias Nacionales de Ciencias emitieron de manera conjunta declaraciones reafirmando el calentamiento global antropogénico, solicitando, de manera urgente a las naciones reducir sus emisiones de gases invernadero.¹⁰

El hecho es que los residuos sólidos urbanos (RSU) provienen principalmente de los asentamientos humanos, de las ciudades, que resultan de las actividades que se realizan en las distintas edificaciones, desde las viviendas hasta complejos arquitectónicos como hospitales o construcciones similares.

Actualmente en México, tal como afirman Quiroz, Cantú y Álzate, (2008) los residuos generados por actividades humanas alcanzan un promedio de un kilogramo por habitante al día, pero estos dependen de igual forma de las costumbres y nivel socioeconómico de la población, ya que a mayores ingresos económicos, poseen mayores oportunidades de consumo y por consiguiente sus desechos son mayores.

En el caso de México, para el año 2004, la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) fue de 94,800 toneladas diarias, equivalentes a 34.6 millones de toneladas anuales y se proyectó que para 2010 la generación anual fue de 39.1 millones de toneladas. Se recolecta alrededor del 90% de los residuos sólidos urbanos generados, por lo que un 10% queda depositado en solares, vías públicas, etc. Siendo varios los motivos por lo que quedan residuos sin recogerse.

Este escenario, aunado al crecimiento de las manchas urbanas y al aumento de la población, han ocasionado un manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos, trayendo consigo contaminación del agua, suelo, aire, así como enfermedades.

¹⁰Los signatarios de esas afirmaciones han sido las Academias de Ciencias de Australia, Bélgica, Brasil, Camerún, Canadá, Caribe, China, Francia, Ghana, Alemania, Indonesia, Irlanda, Italia, Japón, Kenia, Madagascar, Malasia, México, Nigeria, Nueva Zelanda, Rusia, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Suecia, Tanzania, Uganda, Reino Unido, EE. UU., Zambia, Zimbabue.

Lo anterior, no significa que el problema de los RSU no constituya una preocupación importante para México, por el contrario de manera constante se han desarrollado iniciativas, programas, etc. Dentro de estas intencionalidades podemos incluir la aprobación de la Ley General de Cambio Climático el 19 de abril del 2012.

El senado aprobó; la Ley General de Cambio Climático, el Fondo para el Cambio Climático y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Esto, significa además, que en el contexto de la legislación, México asume como propósito, reducir en un 30% para 2020 sus emisiones de gases de invernadero, y reducirlas en un 50% en 2050, tomando como punto de comparación las emitidas en el año 2000.

Es así que en abril de 2012, México hace su aparición en una de las revistas más reconocidas en el ámbito científico; en las noticias de la revista *Nature*. Sin embargo, no se trató de una noticia científica la que puso el nombre del país en alto, sino una acción política.

Aún así, la publicación de la noticia sobre la Ley de Cambio Climático que se aprobó en nuestro congreso, se une a la Gran Bretaña en la empresa de disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero con el objetivo de modificar la tendencia actual en el cambio climático.¹¹

En el Estado de Yucatán, de los 106 municipios, solo la ciudad de Mérida tiene un alto grado de urbanización, otros tienen cierto grado de urbanización, por contar con una localidad de 15 mil o más pobladores, pero estos aun conservan muchas características rurales.

Los 93 municipios restantes son preponderantemente rurales. La población rural de Yucatán es principalmente de origen maya y representa más de la mitad (52%) de los habitantes del estado. En 14 municipios de los 106 del estado, que se encuentran en la región de "Influencia Metropolitana", se concentra más de la mitad (57%)

¹¹México es el décimo primer país en emisión de gases de efecto invernadero, al igual que el lugar que ocupa en aspectos económicos, en cuanto a la distribución de la riqueza y el bienestar de la sociedad.



de la población total y casi 60% de la población urbana de Yucatán.

Y a pesar de que se han realizado estudios de los residuos en varios municipios por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) y se implementó un “Programa Especial para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, la realidad es que el problema sigue presente, ya que en más de un 90% de los municipios no se ha podido solucionar el manejo de los RSU, debido a la incapacidad de los gobiernos municipales y a la falta de equipamiento en las poblaciones, siendo esto más severo en los municipios que se encuentran en la región poniente y los de “Influencia metropolitana” del Estado, debido a que generan el mayor volumen de residuos, después del municipio de Mérida.

La perspectiva de la educación ambiental en la Universidad Autónoma de Yucatán.

No obstante, Yucatán tiene particularidades culturales y socioeconómicas y ecológicas en el que las soluciones de la problemáticas ambientales como el caso de los RSU, depende en gran manera de la implementación de acciones en distintos sentidos y sobre todo de la participación consciente de sus actores. Desde nuestra perspectiva, una vía altamente posible es la Educación Ambiental¹²; corriente de pensamiento y acción, que trascendió internacionalmente, adquiriendo una relevancia substancial desde la década de los setentas, justamente cuando se adquiere conciencia de que la destrucción de los hábitats naturales y la degradación de la calidad ambiental son también problemas sociales.

Por lo que, asumiendo que desde esa temporalidad surgen una importante cantidad de propuestas tecnológicas y aún con los logros alcanzados con el reconocimiento oficial de la Educación Ambiental y con las contribuciones de los programas de gobierno no solo en Yucatán, sino también en otras esferas, consideramos importante aunarnos a estas intencionalidades para trascender otros niveles a través de procesos continuos y permanentes.

¹²Se acepta comúnmente que el reconocimiento oficial de su existencia y de su importancia se produce en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972).

Es así, que en esta ocasión nuestra preocupación se dirige a determinados ámbitos del sistema educativo formal, retomando uno de los principios que compartimos con la Política Nacional de Cambio Climático como una alternativa viable; la participación ciudadana.

Lo anterior, de manera particular constituye un marco altamente pertinente para incluir la participación de instituciones académicas, como la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), la cual ha venido mostrando su interés y compromiso como institución pública en el desarrollo sustentable y de manera más precisa en la transferencia de las propuestas tecnológicas.

En este sentido, a través de la generación de conocimiento y el apoyo de la investigación aplicada se está desarrollando un proyecto de investigación llamado “El Impacto del Reciclamiento de Desechos Orgánicos en la Protección y Educación Ambiental de Entornos Académicos”.

En el cual, considerando que la basura orgánica puede ser reciclada, la estamos retomando dentro de nuestra propuesta, como un instrumento necesario para concientizar y sensibilizar a la población y entre ella a la comunidad académica, con el fin de que reconozca que dicha basura puede tener diversas utilidades antes de desecharse completamente.

Por otra parte, estudios de protección y educación ambiental en entornos académicos que además se vinculen con la utilización de tecnologías alternativas en el reciclamiento de desechos orgánicos en el Estado de Yucatán son aún incipientes.

El proyecto plantea realizar un trabajo que permita conocer y evaluar las nociones de protección y educación ambiental de los actores que conforman el entorno académico de distintas instituciones a través de la transferencia tecnológica de un sistema de reciclamiento de desechos orgánicos, que se implementa como una estrategia de aprendizaje tecnológico y social que promueve la sensibilización y concientización no solo de aspectos económicamente sustentables, sino también la vinculación con otras instancias académicas.



FIG. 1 Facultad de Arquitectura de la UADY. Actores del entorno académico



Plantea la necesidad de un aprendizaje político, social, cultural pero sobre todo de una educación ambiental que garantice una retroalimentación continúa que haga que la evolución del sistema tecnológico y económico que se adapte a las necesidades del presente y no amenace la viabilidad ecológica.

De esta manera, sin renunciar por completo a la intervención techno-científica (algo impensable e irrealizable), se favorecería una cultura y en los que pudieran coexistir dominios tecnocientíficos junto con dominios sociotécnicos de otro tipo, en los que se podría preservar un entorno ante las amenazas antropogénicas y extremas, y también las diversidades culturales y formas de vida social que posibiliten el desarrollo sustentable.

Conclusiones

Desde nuestra opinión, la realización de este proyecto permitirá fortalecer redes de trabajo e investigación con otras facultades de la UADY y también con otras instituciones de investigación y educación contribuyendo con el fortalecimiento del trabajo colegiado y colaborativo.

Y si bien reconocemos que aún queda mucho por hacer en todas las facetas de la educación ambiental, al incrementar la conciencia ambientalista, la productividad y competitividad, desarrollar más investigación y sobre todo, aplicar metodologías apropiadas y tecnológicamente sustentables, dentro del sistema educativo formal, en el que por supuesto, se creen escenarios de

sensibilización, difusión y participación con vías concretas de acción, posibilitaran a sus actores a incidir de manera corresponsable en su entorno ambiental.

Logramos identificar que las carencias afectan de modo diferente al medio urbano y al medio rural y que requieren una reorientación de los programas educativos que los vincule a la gestión, el conocimiento y la sensibilización sobre los problemas ambientales.

Los ciudadanos podríamos exigir y realizar acciones que realmente produzcan un efecto importante en la tendencia el cambio climático antropogénico, al que nos enfrentamos. Y consideramos que la arquitectura y la planificación urbana pueden evolucionar para aportar herramientas imprescindibles encaminadas a salvaguardar nuestro futuro, creando ciudades que produzcan entornos sostenibles.

Fuentes de consulta

1. Anon., (2003). Conocimientos básico en educación ambiental: bases de datos para la elaboración de actividades y programas. Barcelona: GRAO.
2. Bennett, S. The Conceptual History of Garbage. Disponible en http://stevendbennett.wordpress.com/essays/the-conceptual-history-of-garbage/#_ednref8. Accedido: 02/15/2012.
3. Bernache Pérez, G. (2006). Cuando la basura nos alcance: el impacto de la degradación ambiental. 1a ed., México, D. F., Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
4. Borrador del Programa Especial para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos: 2009-2012.
5. Ibarra, V., S. Puente y M. Schteingart, 1(984) "La ciudad y el medio ambiente" en Demografía y Economía, vol. XVIII. Num. 57.
6. INEGI, Generación de residuos sólidos municipales por entidad federativa, 1999-2002, México.
7. La recolección y disposición de los residuos sólidos municipales. Secretaría de Desarrollo Social. Disponible en <http://sedesol2006.sedesol.gob.mx/subsecre>



- tarias/desarrollourbano/sancho/recolecciony disposicion.htm. Accedido: 02/15/2012.
8. Leff, E. et. al. (1990). Recursos Naturales, técnica y cultura: Estudios y experiencias para un desarrollo alternativo. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México.
 9. Lopez P. y Ramos, M. (1982). *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas*. México: FCE.
 10. Medina, M. (1999). Reciclaje de desechos sólidos en América Latina. *Frontera Norte* 11 (21): 7-31.
 11. Mena, J. (1987). "Tecnología alternativa, transformación de desechos y desarrollo urbano." *Estudios Demográficos y Urbanos* 2 (6): 545-555. Disponible en http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/923KHYSMYEHKC7LCB4KPTQKL59NVMB.pdf. Accedido: 02/15/2012.
 12. Moreno, J. (2012). "El cambio climático antropogénico es un asunto de ayer, no de mañana: La acción no puede esperar". Universidad de Castilla La mancha. <http://www.rac.es/ficheros/doc/00400.pdf> Accedido: 02/15/2012
 13. Quiroz, J., Cantu, C., &Alzate, L. (2008). De lo desechable a lo reciclable. Manejo y aprovechamiento comunitario de residuos generados por actividades humanas. Mérida, México: CICY.
 14. Rogers, R. G., (1997). *Ciudades para un pequeño planeta*. Barcelona: G.G.
 15. Salas, H., (1997). *El impacto del ser humano en el planeta*. México: Edamex.
 16. Secretaria de Desarrollo Urbano, Programa especial para la prevención y gestión integral de los residuos Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán 2009-2012



Evolución de la restructuración de un Sistema de Vialidad

Liliana Eneida Sánchez Platas y Pavel Makagonov

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

Resumen

El cambio climático es atribuido directa e indirectamente a la actividad humana, las emisiones de los sistemas de vialidad tradicionales son unas de las principales fuentes de su transformación. Los métodos para la restructuración de la vialidad de una ciudad deben aprovechar los avances en la ciencia y la tecnología para obtener resultados más eficientes y puntuales. Un sistema de vialidad debe potencializar las fortalezas de una comunidad y modelar sus debilidades. Una base de datos de la movilidad de la comunidad es una herramienta que potencializa cualquier tipo de decisión urbana.

El diseño de una estrategia permitirá resolver el problema de la ejecución de acciones obstaculizadas por el aspecto cultural, sin embargo la sociedad tiene que participar en la toma de decisiones reflexionando sobre los escenarios tendenciales para asumir responsabilidades y compromisos. La utilización de tecnologías de la información permite vincular de una forma rápida y eficaz a la administración urbana y la comunidad receptora. Los modelos matemáticos y la simulación de sistemas son una herramienta de amplio alcance, guiada por especialistas. La administración urbana es la instancia ejecutora del proyecto y la cual tiene la obligación de diseñar las herramientas necesarias para hacerlo cumplir sin coerción.

Las experiencias de éxito a nivel mundial son una fuente de información para plantear acciones que integren un plan maestro. Sin embargo nada es absoluto, cada proyecto se comportará en virtud de la sociedad que lo ejecute, las adecuaciones al proyecto serán responsabilidad y compromiso de todos.

Introducción

En la actualidad existen algunos aspectos los cuales no se consideran en los procesos metodológicos para la restructuración de las vialidades de las ciudades pequeñas y de tamaño medio.

- La participación ciudadana en el proceso de planificación.
- Tecnología social.
- La educación 'suave' a través de la tecnología.

A continuación se analizarán desde una perspectiva teórica práctica algunos aspectos que se considera importante considerar aprovechando los avances en la ciencia y la tecnología en los procesos de restructuración de sistemas de vialidad urbana.

La comunidad evaluada a través de un análisis FODA

A nivel comunidad es pertinente realizar un análisis FODA, esta metodología de estudio nos permite conocer las principales características internas (Debilidades y Fortalezas) y sus externalidades (Amenazas y Oportunidades) de la comunidad en la cual se va a desarrollar la restructuración de un sistema de vialidad, para conocer su situación real y planificar una estrategia de futuro.

- Será importante identificar y aprovechar las fortalezas de la comunidad con el fin de utilizarlas para obtener mejores resultados en la restructuración de un sistema de vialidad. Por ejemplo: las fortalezas como solidaridad, unidad, identidad, honestidad, etcétera, permitirán integrar grupos de trabajo confiables que generen resultado efectivos en las diferentes fases del proyecto, la identidad y solidaridad permitirá mejorar algunas zonas, expropiando a favor de la ciudad lotes obsoletos con una ubicación estratégica a cambio de un lote equivalente a su costo en colonias de la periferia u organizar estacionamientos en los lotes obsoletos ubicados en el centro de la ciudad, proponiendo a los propietarios dispensarles el pago de impuestos por cierto número de años a cambio de acondicionar sus predios.
- La identificación de las oportunidades que la unidad de la comunidad puede potencializar permitirá llevar a buen término las acciones planteadas en la fase de ejecución del



proyecto. Por ejemplo: La actividad del 'tequio' en comunidad permite desarrollar acciones rápidamente a comparación del largo proceso que en algunas ocasiones implica la solicitud de recursos económicos del presupuesto municipal, cuando el gasto sustancial es de mano de obra y no de materiales.

- Este tipo de análisis permitirá establecer estrategias para contrarrestar las debilidades de la comunidad, como aquellas relacionadas con el aspecto cultural. Ver apartado 'El aspecto cultural como un obstáculo para la restructuración de un sistema de vialidad urbano'.
- Evaluar la posibilidad de amenazas provenientes de la comunidad a corto y mediano plazo, incluso como producto de las acciones de la restructuración del sistema de vialidad.

Base de datos de la movilidad de la comunidad.

La integración de una base de datos de la movilidad urbana se constituye por una serie de datos organizados y relacionados entre sí, los cuales podrán ser provistos por la administración y la comunidad, evaluados por una instancia competente y acceso concurrente por múltiples usuarios, dentro de sus principales características debe de contar con una independencia lógica y física de los datos, redundancia mínima, integridad de los datos, consultas complejas optimizadas, seguridad de acceso y auditoría, respaldo y recuperación y acceso a través de lenguajes de programación estándar.

Una base de datos de la movilidad urbana se integrará principalmente por los cotidianos desplazamientos peatonales y vehiculares así como los estacionamientos en el ámbito urbano, en consecuencia la movilización del transporte público, privado y de carga así como todo aquello que le afecte, como el crecimiento urbano, la calidad ambiental, la congestión vehicular, etc.

Permitirá ofrecer alternativas para una mejor circulación peatonal, priorizar el transporte público y establecer vías alternas para el transporte privado, por estricto orden de prevalencia.

A una escala mayor la generación de una base de datos urbana muestra la distribución espacio-temporal de los parámetros de transporte y población.

El aspecto cultural como un obstáculo para la restructuración de un sistema de vialidad urbano

El estilo de vida de las comunidades rurales es típico de las comunidades de ciudades pequeñas en las cuales se mantiene las tradiciones, sin embargo algunas <<costumbres>> son obstáculos del desarrollo de las ciudades de tamaño pequeño (45,000) en transición a una ciudad mediana (50,000 habitantes).

Las comunidades de ciudades pequeñas las cuales se forman por la integración de pueblos vecinos – conurbación urbana- tienen el peligro de retardar su desarrollo como un solo asentamiento.

La vida en la ciudad favorece el desarrollo mutuo de principios públicos e individuales, así como el desarrollo de la conciencia de lo que es ser ciudadano. Del ritmo de dominación de la cultura urbana depende la tasa de desarrollo de la democracia urbana que es un factor principal de participación de la población en mejora de su calidad de vida.

Para el rediseño de un sistema de vialidad urbano es útil identificar que costumbres se convierten en obstáculos sociales para que la ciudad se integre de ciudadanos reales.

Muchas deficiencias se pueden superar a lo largo del tiempo, pero algunas no es posible resolverlas radicalmente en un lapso de tiempo comparado con el ciclo de vida de una generación de ciudadanos.

Si no se implementan algunas costumbres por todos los ciudadanos la ciudad no puede ser 'un organismo' con un alto nivel de cultura que tenga la habilidad de formar modelos valiosos de actividad física y espiritual.

Las tradiciones locales se pueden aceptar para toda la ciudad si hay analogías en zonas diferentes. No se trata de rechazar la peculiaridad u originalidad local pero si de revelar los rasgos que estimulan los procesos de integración y contribuyen a consolidar la unidad de la ciudad como un organismo único.

La ciudad ofrece la posibilidad de vivir con decoro. Por eso muchas personas ambicionan el vivir en la ciudad. Pero esto debe ser una opción y no el resultado de la conurbación urbana.

La zonificación de la ciudad impone obstáculos para la generación de espacios urbanos. Para esta situación es útil desarrollar centros de gravedad en medio de los barrios periféricos y el centro común.



Esto puede favorecer la creación de lugares de trabajo más cerca de los lugares de vivienda y resolver los problemas de transporte y vialidad.

La situación se torna cada vez más grave con las costumbres de los automovilistas, quienes tienen dos tipos de conductas:

Los que todavía piensan que están en un asentamiento rural y circulan solos en las calles y, Los que conocen los derechos de los peatones y automovilistas de ciudades grandes y medianas y procuran hacer cumplir estos derechos en ciertas situaciones.

Un proceso de educación sutil a través de tecnologías de la información (ejemplo foros temáticos, redes sociales, etc), puede ser una opción y responsabilidad de la administración municipal, que tendrá como objetivo inculcar el sentido de responsabilidad social para hacer de la ciudad un mejor lugar para vivir.

Es fundamental involucrar a la sociedad en la toma de decisiones con el fin de asumir responsabilidades y compromisos en el ámbito urbano.

Las tecnologías de la información son un medio excepcional para llegar a la comunidad y plantear escenarios tendenciales de los problemas urbanos, en el proceso de transición será necesario utilizar medios tradicionales para llegar a todos los grupos de destino.

Un plan de desarrollo municipal debe de ser estructurado por la administración urbana y la comunidad con la intención de responsabilizar a todos los involucrados hacia donde se dirige el desarrollo de la ciudad.

Todo proyecto de adecuación vial debe de ser parte del plan de desarrollo municipal.

Las redes sociales como tecnología social.

La Tecnología Social es el conjunto de actividades relacionadas a los estudios, planeación, enseñanza, investigación, extensión y desarrollo de productos, técnicas o metodologías replicables, que representen soluciones para el desarrollo social y la mejoría de las condiciones de vida de la población.

La Tecnología Social tiene como objeto, fomentar el desarrollo y aplicación de conocimientos y tecnologías con fines netamente sociales, buscando establecer una nueva escala de valores sociales basada en la comprensión y la equidad,

administrada en forma directa por instituciones sin representaciones partidarias, políticas o religiosas de ninguna índole.

En la actualidad ha surgido una nueva forma de interactuar que se conoce, en forma general, como red social. Algunos los consideran como un nuevo paradigma de organización social donde no solo hay un intercambio sino también un análisis o reforzamiento de tópicos comunes. Así las redes sociales no solo permiten conocer a los miembros de una comunidad y difundir lo que hacen, si no también organizar grupos, eventos y ofrecer servicios.

Las redes sociales permiten conocer personas que en forma personal sería difícil hacerlo permitiendo tener contactos profesionales entre administradores de ciudades que puedan ayudar a la gestión urbana y crear vínculos o incluso grupos de trabajo entre sus miembros, permitiendo difundir y aprovechar experiencias de éxito entre sus integrantes.

Los modelos matemáticos y simulación de sistemas de tráfico.

Los modelos matemáticos son modelos científicos que emplean formulismos matemáticos para expresar relaciones, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables, buscando estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad.

Los modelos permiten representar proceso o fenómenos complejos de una forma simple. Los modelos simplifican la realidad. La modelación de la demanda de transporte busca poder pronosticar situaciones futuras:

- La cantidad de viajes que se dirigen o se producen en una zona.
- Cómo se distribuyen los viajes.
- En qué medios de transporte viajan
- Los volúmenes de pasajeros en las líneas de transporte público

Para poder llevar a cabo estos pronósticos se requiere la aplicación de una sucesión de algoritmos matemáticos. Las expresiones matemáticas se determinan a partir de modelos que correlacionan variables.

Los modelos de transporte, además pueden ser utilizados en la evaluación de situaciones hipotéticas futuras, bajo ciertas circunstancias controladas.



Los simuladores de sistemas de tráfico es una herramienta que sirve para comprobar estrategias que buscan mejorar el tráfico de una ciudad.

Diseño de herramientas para hacer cumplir a la comunidad sin coerción.

Los usos del suelo deben estar regidos por un Plan de Desarrollo Municipal el cual permita zonificar áreas comerciales, residenciales, de reserva ecológica, etc. Se requerirá señalar algunas zonas de 'conservación' prohibiendo cualquier tipo de construcción y declarándolas área de interés por parte del ayuntamiento que permitan en un futuro ampliar el tejido vial.

La administración urbana tiene los fundamentos para elaborar políticas, propuestas técnicas y un plan de desarrollo del sistema de transporte urbano así como la descentralización de servicios del transporte foráneo; trasladar empresas grandes fuera del centro de las ciudades; mejorar el flujo vehicular en la zona del centro y potencializar las zonas peatonales.

Las ciudades pequeñas en transición a ciudades medianas se re usan a aceptar las recomendaciones de las casos exitosos que resolvieron sus problemas de transporte y vialidad, aceptando parcialmente las metas pero sin asumir ningún compromiso con las responsabilidades.

Un ejemplo son las zonas peatonales las cuales se pueden organizar por etapas con medidas de inducción (en las primeras etapas) y sanción (en las últimas etapas):

- Se necesita determinar los límites de la zona peatonal y las características del transporte en esta zona.
- La primera etapa consiste en restringir la velocidad en esta zona a menos de 20 km/h, posteriormente sería útil restringir el acceso del transporte comercial accediendo a la zona peatonal únicamente en un horario de las 23hrs a las 7hrs. Se pueden dar ciertas concesiones al transporte colectivo al acceder a la zona peatonal para permitir descender a los viajeros abandonando inmediatamente la zona. Se puede permitir el acceso a la zona peatonal a los automóviles privados mediante un pago anual o mensual, así como a personas que viven en esta zona. No se debe presentar ninguna restricción al transporte municipal ó ambulancias, bomberos, camionetas de valores, etc.

- Para implementar las medidas anteriores es necesario calcular el estacionamiento requerido entorno a la zona peatonal, en función de la cantidad de automóviles que se encuentran estacionados en la futura zona peatonal.
- Es conveniente realizar una serie de cambios al uso de suelo de la zona peatonal y sus alrededores. Impuesto extra a los predios con funciones que no se consideran como preferentes. Los usos del suelo que permitan la socialización como cafeterías, restaurantes, etc, son óptimos con respecto de los que generan fauna nociva.
- En el circuito de la zona peatonal el transporte público deberá cobrar más que los viajes que llevan al centro.
- Se necesita prohibir el estacionamiento en el circuito de las calles que son propiedad de la ciudad, etc.
- Se requiere un estricto control del tráfico en los alrededores del circuito peatonal, es decir controlar la entrada y salida del circuito.
- Se requiere recaudar recursos para implementar la zona peatonal. Esto podría ser posible mediante el cambio de impuestos para los lotes y las actividades que se desarrollen en esta zona; Esta zona podría generar más ganancias comparándola con otras zonas.
- Los locatarios que no estén de acuerdo con estas medidas podrán cambiarse a territorios más atractivo.
- Ventajas de la generación de la zona peatonal:
- Atracción del centro de la Ciudad para ciudadanos y turistas debido a la limpieza y cambio en el uso del suelo.
- Menos contaminación del aire, disminuirá la fauna nociva.
- Más lugares de trabajo en la ciudad con mejores salarios (estacionamientos, servicios turísticos y artesanías).
- Más espacio para que las familias puedan divertirse y más probabilidades de encuentros sociales entre adultos.
- La seguridad en el centro mejora ya que los automóviles se encuentran en los estacionamientos.
- Dificultades en la implementación de la zona peatonal:
- Intereses privados de una minoría contradicen a la mayoría de los ciudadanos; Entre ellos se encuentran los dueños de viviendas y lotes obsoletos.



- Problemas para el ayuntamiento por las actividades adicionales propias de la generación de esta zona peatonal.

Conclusiones

La ciudad necesita un nuevo paradigma de desarrollo. Este paradigma se integra de tres componentes:

- Nuevas tecnologías desarrolladas por la ciencia.
- Nuevos recursos humanos con capacidades nuevas y recursos humanos que no sean nuevos pero que responden a las nuevas demandas de producción de la innovación tecnológica.
- Y finalmente que la comunidad (población y especialistas) acepten este nuevo paradigma como directriz.

Para este tercer componente el grupo creativo debe elaborar y aceptar de los académicos las recomendaciones de las tecnologías humanísticas que permitan persuadir a los ciudadanos a aceptar las innovaciones tecnológicas. Las tecnologías humanísticas no se reducen a la capacitación de la población, su actividad es reorganizar a la comunidad, crear nuevas estructuras sociales que puedan actuar para cumplir las nuevas demandas del supersistema y producir valores adicionales.

Fuentes de Consulta

1. Pavel Makagonov, Liliana Sánchez Platas, Rodolfo M. Valdés Dorado, Celia B. Reyes Espinoza. Aspectos sociales y culturales de la Mixteca como medida de tecnología social. Temas de Ciencia y Tecnología. Universidad Tecnológica de la Mixteca. mayo-agosto 2011. Vol. 15, Núm. 44 ISSN 2007-0977
2. Pavel Makagonov. Problemas de costumbres de vida rústica (campestre) en las ciudades pequeñas. Seminarios
3. de Investigación 2011. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
4. Pavel Makagonov, Liliana Eneida Sánchez Platas. Problemas en la transición de ciudades pequeñas a medianas. II Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Madrid, 24 de Marzo de 2011. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. ISBN 978-84380-0448-7

5. Liliana Eneida Sánchez Platas, Pavel Makagonov. Metodología integral para el ordenamiento del territorio y el desarrollo urbano. II Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Madrid, 24 de Marzo de 2011. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. ISBN 978-84380-0448-7
6. Pavel Makagonov, Liliana Eneida Sánchez Platas. Modernización de la ciudad: Desarrollo urbano con enfoque sistémico y modelos matemáticos 2012. UTM
7. Valdés, Damián. ¿Qué son las bases de datos? Maestros del web <http://www.maestrosdelweb.com/principiantes/%C2%BFque-son-las-bases-de-datos/> Septiembre, 2012
8. RACC Automóvil Club Fundación <http://www.racc.es/externos/fundacion/Public.pdf> Septiembre, 2012

Temas que pudieran ser objetos de ser investigados en el contexto de cambio climático

1. Propuesta metodología para la restructuración de un sistema de vialidad urbano buscando reducir el consumo energético
2. Metodología para la restructuración urbana de una ciudad de tamaño medio (50,000 habitantes)
3. Medidas para mejorar el flujo vial en una ciudad de tamaño medio (50,000 habitantes)

Sección IV

Temas transversales



Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN)

Alcérreca-Corte, I., Balbontín-Durón, P., Hernández-Ávila, P., Hernández-Granillo, N., Mendoza-Barrón, L., Parra-Hernández, H. y Villaseñor-Franco, E.

ICLEI - Gobiernos Locales por la Sustentabilidad. Oficina México iclei.mexico@iclei.org

Resumen

El presente artículo muestra la iniciativa que, en materia de cambio climático a nivel de local, se promueve a través del Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN), el cual es un programa impulsado en México por ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad con el respaldo técnico e institucional del Instituto Nacional de Ecología (INE) y financiado por la Embajada Británica en México en el periodo del 2011-2013.

El PACMUN busca orientar las políticas públicas municipales en materia de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático. Adicionalmente, se fomenta la creación de capacidades de los diversos actores de los municipios, se busca conocer el grado de vulnerabilidad local producto de cambios en el clima, así como encontrar soluciones innovadoras y efectivas a los problemas de gestión ambiental para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Se ha desarrollado una guía para la elaboración e implementación del PACMUN, la cual es un punto de partida para difundir el conocimiento básico de la problemática del cambio climático a nivel municipal, que facilite el trabajo de identificación y planeación de las acciones como medidas de solución en materia de cambio climático.

La presente iniciativa tiene como meta involucrar a más de 200 municipios para marzo de 2013, a través del desarrollo de alianzas estratégicas con gobiernos estatales y diversas dependencias del gobierno federal para lograr la difusión y asegurar continuidad al Programa en los tres niveles de gobierno.

Introducción

Dentro la Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático (CMNUCC), México realiza esfuerzos, a pesar de no tener

compromisos de reducción de emisiones de GEI dentro del protocolo de Kioto siendo país “no-Anexo 1”, teniendo prioridad en las siguientes acciones:

Comunicaciones Nacionales, cuenta con cuatro Comunicaciones Nacionales y en octubre del presente año será su quinta publicación; Realización del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, cuenta con cuatro Inventarios Nacionales y en octubre del presente año se publicará el quinto inventario cubriendo el periodo 1990 al 2010; Promover y apoyar el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan las emisiones antropógenas de GEI en todos los sectores pertinentes, entre ellos la energía, el transporte, la industria, la agricultura, la silvicultura y la gestión de desechos.

Para coordinar las acciones de cambio climático, México creó en 2005 la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), la cual elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) en 2007, a través de la cual se publicó el Programa Especial de Cambio Climático 2008 – 2012 (PECC). En el mismo año se iniciaron esfuerzos de las diferentes Entidades Federativas a través de los Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC).

Particularmente ICLEI México trabajó las iniciativas “Ciudades por la Protección Climática (Por sus siglas en inglés, CCP)” y “Registro Climático de las Ciudades Carbonn”, herramientas valiosas que dan inicio a los esfuerzos de acciones de mitigación y adaptación con gobiernos locales; y es en 2011 cuando inician los Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN), como programa impulsado en México por ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, con el respaldo técnico del Instituto Nacional de Ecología (INE) y financiado por la Embajada Británica en México en el periodo del 2011-2013.



El PACMUN busca orientar las políticas públicas municipales en materia de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático; adicionalmente se fomenta la creación de capacidades de los diversos actores de los municipios, se busca conocer el grado de vulnerabilidad local producto de cambios en el clima, así como encontrar soluciones innovadoras y efectivas a los problemas de gestión ambiental para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

A continuación se muestran diversas características de los municipios que son tomadas en cuenta para el desarrollo del plan: El municipio presenta un periodo corto de administración (3 a 4 años), por lo que cuenta con un cronograma intensivo para realizar el PACMUN. No todos los municipios cuentan con un área o departamento relacionado a ecología y medio ambiente, y de existir, cuentan con poco personal de perfil multidisciplinario. Poco conocimiento en materia de cambio climático. La mayoría de los municipios se han visto afectados por algún fenómeno hidrometeorológico al cuál se han visto vulnerables. Poca participación ciudadana e institucional relacionado a temas ambientales.

Metodologías

El desarrollo de la guía para la elaboración e implementación del PACMUN (ver Figura 1) es un punto de partida para difundir el conocimiento básico de la problemática del cambio climático a nivel municipal que facilite el trabajo de planeación de las acciones en materia de cambio climático.

Las diferentes metodologías que se describen en la guía fueron sintetizadas y adaptadas a las características municipales a partir de documentos y experiencias de diversos organismos internacionales como el Panel Intergubernamental ante el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), ICLEI Canadá, Planes Estatales de Acción Climática (PEACC), entre otros. Teniendo como principal objetivo elaborar formatos más simples y estandarizados que permitan al gobierno local elaborar su PACMUN de forma ágil para así contribuir con acciones municipales para enfrentar el cambio climático.

Inventarios

El inventario de emisiones de GEI forma parte del diagnóstico para la elaboración adecuada de un

PACMUN, debido al objetivo de reducir y limitar los niveles de concentración de GEI en la atmósfera.

Los inventarios se realizan con una adaptación de la metodología del IPCC de 1996 así como en la guía de las buenas prácticas a partir de tomar en cuenta las experiencias de los planes estatales de acción ante el cambio climático que se realizan con el apoyo técnico del INE.

El desarrollo de inventarios es una empresa intensiva en recursos humanos y financieros por lo que es necesario asegurar indicadores de calidad recomendados por las guías de las buenas prácticas del IPCC, con la siguiente adaptación a gobiernos locales:

Transparencia:

Significa que las hipótesis y metodologías utilizadas se explican con claridad para facilitar al municipio la reproducción y evaluación futura de los inventarios.

Exhaustividad:

Busca la consulta de todas las fuentes de información disponibles para la elaboración del inventario.

Exactitud:

Busca los datos de actividad tratando de evitar, en medida de lo posible, que la incertidumbre asociada aumente, por lo tanto las fuentes de información tienen que ser oficiales y sean confiables, de no ser posible al menos que exista una responsabilidad de la dependencia o persona que da la información.

Consistencia:

Se busca que los inventarios municipales tengan el mismo año base para todas las categorías así como para todos los inventarios municipales contenidos en el proyecto, sin embargo, las características de acceso a la información es muy variada, teniendo como principal reto la información, por lo que se ha adoptado utilizar estimaciones.

Comparabilidad:

Las estimaciones y absorciones informadas en sus inventarios municipales deben ser comparables entre sí, por lo que debe de existir una uniformidad en los datos reportados.

Para el adecuado manejo de la información y buscando la consistencia con la metodología utilizada a nivel nacional, y estatal es que las



categorías, identificadas para elaborar el inventario de emisiones de GEI al igual que las propuestas por el IPCC son:

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la guía PACMUN.



Energía:

Contempla las emisiones de todos los gases de efecto invernadero resultantes de la energía, entre otras actividades por la combustión estacionaria y móvil, de combustibles fósiles. Esta categoría se calcula con las modificaciones pertinentes a las características del municipio por lo que el cálculo de las emisiones es tanto por el método de referencia como por el sectorial. Incluyen las emisiones de CO_2 , CH_4 , N_2O

Procesos Industriales:

Se refiere a las emisiones de gases de efecto invernadero como subproducto de la fabricación de algún material o producto final sobre todo se hace la diferenciación de que estas emisiones no están directamente relacionadas con la quema de combustibles fósiles ya que estas se contabilizan en

la categoría de energía. Incluye las emisiones de CO_2 , CH_4 , N_2O CVD, SO_2 , CO_2 , CO , NO_x , CH_4 .

Solventes:

No aplica en la elaboración de los inventarios municipales, debido a la falta de información tanto de factores de emisión como los datos de actividad.

Agropecuario:

Contempla las emisiones antropogénicas de las actividades agrícolas y pecuarias, excepto la quema de combustible y las emisiones de aguas residuales, que se tratan en la categoría de energía y de desechos, respectivamente. En esta categoría se incluyen emisiones de CO_2 , N_2O y CH_4 para las diversas subcategorías.

El primer paso para hacer el cálculo de esta categoría es la búsqueda o gestión de la información; dentro de las fuentes más comunes son:

Censo Agropecuario 2007 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA)
Guías para la asistencia agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Una vez que se cuenta con los insumos de información que son: cabezas de ganado, padrón de cultivos, superficie y producción de cada cultivo, así como la superficie de fertilizante nitrogenado aplicado por cultivo se procede hacer los cálculos con los factores de emisión establecidos por el IPCC (1996).

Cambio de uso de suelo, uso de suelo, y silvicultura:

Emisiones y absorciones en los bosques y las actividades de uso de la tierra, principalmente se contabiliza CO_2 .

Desechos: Las emisiones de GEI que derivan de las actividades de gestión de residuos incluye la disposición en suelo de residuos sólidos (RS), aguas residuales municipales (AR), aguas residuales industriales así como la emisión indirecta de N_2O por las excretas humanas.



Dichas categorías se calculan utilizando un esquema de trabajo en dos fases:

Planeación:

Se propone una subdivisión en 4 actividades de planeación la cual contempla la identificación del equipo de trabajo, el cronograma de actividades así como lo que se refiere a la identificación de las actividades antropogénicas predominantes en el municipio, así como las fuentes de información, siendo este punto el principal reto para los gobiernos locales, pues a nivel nacional se tienen fuertes barreras para la gestión y recolección de los datos.

Elaboración del inventario de emisiones de GEI: Se propone una subdivisión en 6 actividades, de las cuales por su importancia prevalece las tareas que se refieren al manejo y utilización de los datos de actividad, así como la elaboración de los cálculos utilizando los factores de emisión por defecto. Cabe resaltar que para cada categoría se tienen características muy específicas de acuerdo a cada área, las cuales se adaptaron y modificaron respetando lo propuesto a las directrices del IPCC (1996).

Para finalizar el proceso de los inventarios municipales de GEI, es necesaria la identificación de las fuentes clave de emisión de gases de efecto invernadero lo cual permite diseñar y enfocar las políticas e iniciativas gubernamentales hacia estas fuentes, siendo más eficiente el empleo de los recursos humanos y materiales.

Mitigación

La metodología para abordar las medidas de mitigación en el PACMUN está orientada a identificar, analizar, evaluar y priorizar las medidas de mitigación para los municipios, sin importar las características que estos presenten; ya que cada municipio será responsable de realizar aquellas medidas que se adapten a sus propias circunstancias y posibilidades.

Se realiza un diagnóstico inicial de medidas de mitigación a partir de la identificación de las fuentes clave del inventario de emisiones de GEI del municipio. Los sectores que se trabajan en el área de Mitigación son: Energía, Transporte, Industria, Residencial Comercial, Agrícola, Ganadero, Forestal y Desechos.

En primera instancia se demuestra con base en propuestas, los beneficios directos e indirectos que el municipio pudiera obtener al aplicar las medidas de mitigación. Dichas propuestas se reportan en formatos simplificados para el plan donde se incluyen sus respectivas justificaciones.

Posteriormente, en un taller ó mesa de trabajo conformados por un panel de expertos incluyendo a los tomadores de decisiones y sectores clave del municipio, se evalúan y jerarquizan las mejores opciones de mitigación para el municipio; al final, la evaluación servirá como un punto de partida para la implementación de las medidas de mitigación¹.

Vulnerabilidad y Adaptación

En el desarrollo del PACMUN se evalúa la vulnerabilidad actual² de los municipios e identifican medidas de adaptación que lleven a la reducción de dicha vulnerabilidad; se sigue una metodología adecuada a las necesidades y posibilidades de los municipios mexicanos y consta de dos partes: La primera consiste en la construcción de indicadores socioeconómicos del municipio como son: salud, educación, vivienda, empleo e ingreso, población, entre otros; con dichos indicadores se construye un índice a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB) que permite una primera aproximación al grado de vulnerabilidad de la población con base a sus condiciones sociales y económicas, que a su vez podrá arrojar un parámetro para medir las posibilidades de capacidad de adaptación y resiliencia municipal. Los datos que se utilizan son tomados con base en el Censo de Población y

¹ Se recomienda realizar estudios de factibilidad y costo beneficio para su adecuada implementación.

² Es de importancia aclarar que la evaluación de los impactos del cambio climático, debe estudiarse con la referencia de la climatología histórica y la interpretación de escenarios de cambio climático, por lo que en la presente metodología sólo intenta evaluar la vulnerabilidad actual, es sólo una aproximación cualitativa de la línea base de la vulnerabilidad, y los resultados dependen de la percepción de los actores en este proceso, así como de la posible disponibilidad de información sobre estudios en materia de cada municipio.



Vivienda INEGI 2010, o bien de ser el caso del Atlas de Riesgo del Municipio.

La segunda parte trata de una metodología con un enfoque social (aplicada en localidades de diversos países como Canadá, E.U.A.), la cual consiste en trabajar directamente con los actores clave de cada sector socioeconómico del municipio para conocer su percepción ante los cambios del clima.

Se inicia con la identificación de los sectores productivos de relevancia para el municipio, así como las principales amenazas e impactos hidrometeorológicos que afectan de manera directa o indirecta a cada uno de estos sectores.

Cada sector realiza la estimación de vulnerabilidad a través de la valoración de la funcionalidad y capacidad de adaptación de cada sector ante la afectación de los distintos fenómenos, para que, posteriormente, esto permita estimar y priorizar el riesgo a cambios en el clima.

Una vez priorizado el riesgo como resultado de ambas metodologías se proponen medidas de adaptación a nivel local que permitan reducir su vulnerabilidad o incrementar su resiliencia ante los efectos tanto de la variabilidad climática como del cambio climático.

Es de relevancia rescatar las medidas que aportarán beneficios independientemente del cambio climático, esto es, aunque el cambio climático no fuera tan severo, su aplicación es positiva en este momento y prepara para un clima futuro incierto.

Resultados

Las características de los municipios son heterogéneas y reflejan la realidad de los gobiernos locales mexicanos, por lo que el grupo de trabajo ha tenido que desarrollar diversos mecanismos para superar estas barreras y que los municipios alcancen en medida de lo posible los objetivos del programa.

En la Tabla 1 se muestra por grupos el listado de municipios integrados al Plan de Acción Climática Municipal y en la Figura 2 se indica su localización geográfica.

El grupo A inició actividades en enero de 2012 y se muestra en color rojo, el B en abril del mismo año y se muestra en color mostaza, y el grupo C se integró a partir julio y se indica en color azul.

Los municipios participantes adquieren conocimientos sobre las causas del cambio climático, creando así la capacidad de realizar, metodológicamente, un diagnóstico de los gases de efecto invernadero (inventario de emisiones GEI) que por las diversas actividades antropogénicas se emiten en sus municipios tomando en cuenta el potencial de mitigación de las emisiones en la localidad.

Asimismo, comprenden los impactos en los diferentes sectores productivos, para que logren identificar medidas de adaptación a nivel local, las cuales puedan contribuir a la reducción de la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático.

De manera particular, los inventarios muestran una dificultad considerable en cuanto al acceso a la información y en la búsqueda de la misma, lo cual no ha permitido que los municipios establezcan un diagnóstico de sus emisiones para un periodo de años por lo cual presentan la información de un sólo año.

Lo más valioso, ha sido observar la capacidad de los distintos municipios para gestionar éste tipo de información.

La rapidez en la respuesta es consecuencia de la capacidad creada en las personas involucradas.

De manera general el área de mitigación reporta que los municipios pretenden disminuir en un intervalo del 5 y el 10% del total de sus emisiones generadas, con medidas propuestas como la eficiencia energética, el calentamiento solar de agua, las diferentes medidas sustentables en el sector transporte, la recuperación de gas en los rellenos sanitarios, la cogeneración en la industria, y las diferentes medidas en el sector residuos tienen un buen potencial de mitigación de emisiones de GEI, los cuales a su vez mantienen beneficios directos e indirectos y ocasiona buenas prácticas para el municipio.



Tabla 1. Listado de municipios integrantes del Plan de Acción Climática Municipal.

Municipios PACMUN				
Grupo A: 9 municipios	Grupo B: 31 municipios		Grupo C: Más de 60 municipios	
Aguascalientes: Aguascalientes*	Campeche: Calkiní Champotón Ciudad del Carmen Palizada	Morelos: Temixco***	Aguascalientes: El Llano San José de Gracia Más Los restantes	Veracruz: Atzacapan La Perla Orizaba Fortín Córdoba Nogales Camerino Z.
Chiapas: Cintalapa***	Estado de México: Naucalpan*** Tlalnepantla***	Oaxaca: Oaxaca de Juárez**	Campeche: Campeche	Mendoza
Quintana Roo: Cozumel*	Guanajuato: Celaya*** San Luis de la Paz*** Abasolo*** Irapuato**	Quintana Roo: Bacalar Benito Juárez (Cancún)	Estado de México: Toluca Más Los restantes	Baja California: Tecate Rosarito Ensenada Tijuana Mexicali
Sinaloa: Culiacán*	Hidalgo: Tlaxcoapan*** Tula de Allende*** Atitalaquia** Atotonilco* Tepeji del Río* Tepetitlán* Tezontepec*** Tlahuelilpan***	Sinaloa: Concordia***	Guanajuato: Doctor Mora San José de Iturbide Romita	Tamaulipas: Matamoros
Jalisco: Guadalajara* Zapopan*		Veracruz: La Antigua Poza Rica*** Tecolutla*** Tlilapan** Teocelo	Hidalgo: Huejutla Tulancingo Pachuca	Chihuahua: El Parral
Puebla: Puebla**		Aguascalientes: Calvillo*** Cosío*** Rincón de Romos*** San Francisco de los Romo**	Quintana Roo: Othón P. Blanco Solidaridad	Durango: Durango
Nuevo León: San Nicolás de los Garza***		Yucatán: Mérida	Sinaloa: Mazatlán Guasave Navolato El Fuerte Sinaloa Salvador Alvarado Escuinapa Rosario Angostura San Ignacio	Chiapas: Tuxtla Gutiérrez
Veracruz: Xalapa*				

Avances en su documento PACMUN:

Municipio* >60%

40% < Municipio** > 80%

Municipio*** < 40%

Los municipios que aparecen sin asterisco son aquellos que están iniciando o cuyo proceso se encuentra detenido por cambio de presidente.



Figura 2. Localización geográfica de los municipios integrantes del Planes de Acción Climática Municipal.



En las áreas de vulnerabilidad y adaptación se encontró que, al integrar a los diversos sectores de la población, de acuerdo a la metodología propuesta, actualmente se dificulta planear sus cosechas, procurar a su ganado, atender a todos los ciudadanos afectados por un desastre de índole hidrometeorológico; lo cual habla de la necesidad de acciones a nivel local que los lleve a reducir su vulnerabilidad ante los efectos de los cambios o la variabilidad en el clima, por lo que las medidas de adaptación se enfocan a disminuir la vulnerabilidad en los siguientes sectores: Agrícola, Biodiversidad, Comunicaciones y Transportes, Energético, Forestal, Ganadero, Hídrico, Minero, Pesca, Salud, Turismo y Urbano (vivienda y equipamiento); con medidas tales como: programas de educación ambiental, de concientización del desarrollo sustentable, mejora de prácticas agrícolas, impulso a infraestructuras sustentables entre otras.

Conclusiones

La asesoría por parte de los expertos y la simplificación de la metodología en cada área durante la capacitación, con ejemplos resueltos, vence la barrera de capacidades técnicas que presentan los representantes municipales para elaborar los cálculos y aplicar la metodología propuesta.

El seguimiento puntual y sistematizado a cada municipio por parte del grupo de asesores de ICLEI

es un factor de éxito porque se propicia la mejor comunicación entre los involucrados y por lo tanto la pronta intervención para el reconocimiento de los tipos de errores y su rápida solución.

Se ha observado que la voluntad política a nivel local es uno de los elementos fundamentales que supera los periodos cortos de administración, la ausencia del perfil técnico y/o poco conocimiento en materia de cambio climático.

Ante una realidad heterogénea, la creación de capacidades a nivel local ha sido un reto continuo. El enfoque social y la percepción de la sociedad, que hasta el momento ha sido ignorada, es la principal observadora y testigo de los cambios en los patrones del clima ocurren por variabilidad climática o el cambio en el clima.

El involucramiento de las diversas áreas de los ayuntamientos, la sociedad civil, academia y sectores productivos como resultado de la aplicación de la metodología es un impulso positivo que fomenta la vinculación transversal a nivel local.

Las medidas de mitigación y adaptación propuestas por los municipios se obtuvieron de acuerdo a sus capacidades y consenso entre los sectores en su municipio. Los municipios presentan una realidad bastante heterogénea y debido a esto es importante que cada municipio gestione a través de su cabildo,



la mejor opción tomando en cuenta la parte económica, social y ambiental local.

La implementación y ejecución de las posibles medidas de mitigación y adaptación con los municipios resalta la importancia de realizar un análisis para cada una de las medidas, como lo son: estudios de factibilidad y análisis de costo-beneficio, tomando en cuenta las principales barreras encontradas a nivel local.

El PACMUN impulsa la creación de políticas públicas mediante un marco jurídico robusto, donde el ayuntamiento propicie a través de su cabildo y su presidente municipal la gestión de recursos e implementación de las mejores opciones de mitigación y adaptación en el municipio. Desde un enfoque “bottom-up” el PACMUN se alinea a las políticas públicas en los tres niveles de gobierno coadyuvando a los compromisos que México tiene a nivel internacional.

Agradecimientos

A la Embajada Británica en México por el financiamiento, al Instituto Nacional de Ecología por el apoyo técnico a lo largo del proyecto, a los municipios integrantes por su dedicación y compromiso al desarrollo de su PACMUN, y a todas las instituciones que nos han facilitado información y difusión.

Fuentes de Consulta

1. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. 1992. Consultado el 15 febrero del 2012 en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convp.pdf>
2. ICLEI – Gobiernos Locales por la Sustentabilidad. 2012. Guía de Planes de Acción Climática Municipal. Consultado el 7 de septiembre de 2012 en www.pacmun.org.mx
3. ICLEI - Local Governments for Sustainability Canada Office. 2009. Changing Climate, Changing Communities: Guide and Workbook for Municipal Climate Adaptation. Consultado el 10 de septiembre de 2012 en <http://www.iclei.org/index.php?id=11710>.
4. Instituto Nacional de Ecología (INE). 2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México D.F., 274 págs.

5. Panel Intergubernamental: Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
6. Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). 1996. Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. 5 Volúmenes. Consultado el 15 de febrero de 2012 en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html
7. Programa Especial de Cambio Climático (PECC). 2009-2012. Consultado en www.semarnat.gob.mx/programas/semarnat/Paginas/PECC.aspx
8. www.iclei.org.mx
9. www.ine.gob.mx
10. www.pacmun.org.mx

Anexo

1. Creación de índices de vulnerabilidad física y social a nivel local para municipios mexicanos.
2. Desarrollo de estudios de cambio de uso del suelo con escalas de 1:10,000
3. Factores de emisión específicos para México o de ser posible para regiones de México.
4. Desarrollo de software específico para el cálculo de las emisiones de GEI de una forma automática y amigable, donde sólo se metan datos de actividad.
5. Sistematización de información de planes de acción climática a nivel local y estatal.



Diagnóstico de la cobertura de la COP16 en noticiarios mexicanos 2010: Un enfoque desde el periodismo de ciencia

Isela Alvarado-Cruz, Javier Crúz-Mena

Unidad de Periodismo de Ciencia
Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM

Resumen

La televisión es el medio de comunicación con más alta penetración en México. Aunque hay pocos espacios de ciencia en los noticiarios de televisión mexicanos, sus responsables aseguran incluir noticias de ciencia con una frecuencia determinada por temas y eventos de coyuntura. La Décimo Sexta Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático (COP16), organizada en México del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010, fue un evento que ofreció información relevante sobre políticas climáticas con potencial para colocarse en los primeros lugares de la agenda mediática nacional.

Se analizó la cobertura informativa en tres noticiarios mexicanos (*Noticieros Televisa*, *Hechos*, y *Noticias 22*) durante cuatro semanas, aplicando el *Protocolo de Análisis Televisivo sobre Cambio Climático* y el modelo de la *Funcionalidad del Periodismo* para evaluar el contenido.

El análisis mostró que la cobertura televisiva se caracterizó por contener notas cortas, ausencia de fuentes científicas y pocas imágenes. De ahí que la escasez de información científica dificulte a los ciudadanos definir una postura y poder decidir respecto a la relevancia de la Cumbre, los acuerdos logrados, los impactos causados por el cambio climático, la posibilidad de mitigar o revertir el fenómeno, y qué exigir a los tomadores de decisiones sobre adaptación y mitigación.

Palabras clave: periodismo de ciencia, COP16, análisis, televisión, cambio climático

Introducción

De acuerdo a un estudio realizado por IBOPE sobre medición de audiencias, realizado en 2008, la televisión es el medio de comunicación con más

penetración en México (98%)¹, esto la convierte en la principal fuente de información para los ciudadanos, y por lo tanto el más recurrente para acercarse a noticias científicas y tecnológicas, aunque el tiempo de transmisión que los noticiarios le dedican sea mínimo (2.79%)², según estimaciones del Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

A partir de este contexto, es interesante conocer qué información ofrecen las televisoras para que el público entienda el tema y tome una postura frente a él, mediante la evaluación del contenido de las piezas de los noticiarios, a fin de identificar el grado de argumentación científica presente en su discurso.

Desde nuestra óptica, el propósito del periodismo de ciencia va más allá de proveer información sobre avances científicos o tecnológicos; parte importante consiste en que el periodista sea capaz de dotar a sus productos periodísticos de conocimientos básicos sobre el tema para facilitar su entendimiento.

A pesar de la expansión de la investigación en comunicación de la ciencia, la carencia de herramientas para realizar análisis de contenidos de televisión en México es real. Por esta razón, se propuso aplicar dos metodologías que ayudarán a conocer cuáles son las características de la cobertura de temas de ciencia en los noticieros televisivos específicamente en dos aspectos: qué tanta ciencia incluyen en los productos periodísticos y cómo realizan la cobertura. Se evaluaron las piezas informativas sobre la COP16 transmitidas en

¹ <https://www.ibopegb.com.mx/biblioteca/resultados.php>. Consultado el 3 de julio de 2012

² Laclette, Juan Pedro La ciencia, la tecnología y la innovación: los retos de la comunicación pública (Presentación) Acapulco, Guerrero, 22 mayo, 2009



tres noticiarios, aplicando el Protocolo de Análisis Televisivo sobre Cambio Climático y el Modelo de la Funcionalidad del Periodismo.

Se eligió la Décimo Sexta Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático (COP16) como objeto de estudio al cumplir con las características para convertirse en un disparador noticioso (oportunidad, importancia, conflicto, interés humano, proximidad, inusual, interés visual)³ y ser parte de la cobertura mediática nacional.

Además de ser un primer acercamiento para consolidar una metodología de análisis de contenidos de televisión en México, este estudio también es parte de un proyecto amplio que busca comparar las coberturas de noticias de ciencia en diferentes países iberoamericanos con el fin de identificar los vacíos que existen en este quehacer.

Metodología

En primera instancia, consideramos indispensable delimitar los criterios para seleccionar la información de la cobertura:

Tema: al ser parte de un evento internacional realizado en México y cumplir con los valores noticiosos, la COP16 ofreció un disparador noticioso evidente para que los medios de comunicación lo cubrieran.

Rango: se consideraron cuatro semanas de análisis que abarcan una semana previa S1 (22nov10-26nov10), el periodo del evento: S2 (29nov10-3dic10) y S3 (6dic10-10dic10), y una posterior S4 (13dic10-17dic10); con la finalidad de obtener una recopilación completa y evitar la omisión de alguna pieza. No se contaron fines de semana debido a que los noticiarios sólo se transmiten de lunes a viernes.

Noticiarios: para fines de este trabajo elegimos tres noticiarios de televisión transmitidos en señal abierta y en horarios *prime time*⁴: un público y dos privados. *Noticias 22* del canal veintidós (N22), transmitido de 19:00 a 20:00 horas. Conductor: Laura Barrera. *Noticieros Televisa* del canal dos (NT), transmitido de 22:30 a 23:00 horas. Conductor: Joaquín López-

Dóriga. *Hechos* del canal trece (H), transmitido de 22:30 a 23:30 horas. Conductor: Javier Alatorre.

Piezas⁵: la selección de piezas respondió a la mención específica del evento de la COP16⁶ y, en algunos casos, a imágenes que correspondían al tema; no obstante, para esta investigación se descartaron piezas de opinión.

La primera etapa consistió en la recopilación del material audiovisual: para *Televisa* y *TV Azteca*, los noticiarios se grabaron en tiempo real y para el *Canal 22* se solicitó el material al área correspondiente. El objetivo era obtener 20 videos por noticiario (5 días durante 4 semanas, cada uno); ante la falta de uno se redujo a 59⁷ el total de ediciones.

Una vez establecidos los criterios de selección, se eligió una metodología que permitiera obtener un panorama del ciclo informativo durante las cuatro semanas de transmisión; para ello, utilizamos el *Protocolo de Análisis Televisivo sobre Cambio Climático*⁸, el cual se compone de seis dimensiones que identifican las particularidades del material audiovisual (características generales, relevancia, tema, tratamiento, actores y localización geográfica).

En esta etapa se clasificaron y registraron las piezas en cuanto a su contenido y de acuerdo a los rubros

⁵ En esta investigación se utilizaron las palabras notas, pieza, noticias y unidades de análisis como sinónimo, sin importar el género periodístico.

⁶ Aunque la palabra clave que predominó en el diagnóstico fue COP16, seleccionamos aquellas piezas que se refirieran al evento sin importar la palabra clave: Cumbre de Cancún, Cumbre de las Naciones Unidas sobre cambio Climático, COP16 o Conferencia de las Partes, Acuerdos Cancún.

⁷ Cada archivo equivale a la duración del noticiario. En total, los videos debían ser 60, 20 por cada noticiario, en el caso del Canal 22 faltó la edición del día 10 de diciembre debido a un extravío en la videoteca de la televisora.

⁸ Elaborado por la Red Iberoamericana de Monitoreo y capacitación en Periodismo Científico, la cual es coordinada por el Núcleo de Estudios de Divulgación Científica del Museo de la Vida (Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz-Brasil). En ella participan grupos de investigadores de 10 países Iberoamericanos (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, España, México, Portugal y Venezuela)

³ Bienvenido, León Science related information in European television: a study of prime-time news. Public Understanding of Science, 2008, p.449

⁴ Los noticieros con máxima audiencia.



que incluye el protocolo para comparar el contenido de los tres noticiarios. Para lograrlo, se vio cada video y se identificaron las piezas que hablaban sobre la COP; una vez seleccionadas, se registraron las características que cada dimensión del protocolo indicaba (ver figura 1).

Para conocer el grado de argumentación científica existente en los contenidos, se retomó el *Modelo de Funcionalidad del Periodismo*, aplicado en la Unidad de Periodismo de Ciencia de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, el cual consiste en ofrecer a los ciudadanos la información elemental de ciencia para entender el tema y tomar una postura frente a él.

El modelo se basa en la *Tabla de decisiones ciudadanas*, una herramienta derivada de la idea de satisfacer las necesidades informativas del público, partiendo de qué información hubiera querido recibir los ciudadanos para tomar una postura ante el tema. Esto le permite al periodista decidir qué buscar y determinar, con cierta facilidad, la organización de la cobertura y jerarquizar su información. (Ver Tabla 1) En la primera columna se exponen las **decisiones** que posiblemente querría tomar un ciudadano frente al tema y en la segunda, se colocan los **puntos de información** o las posibles respuestas informativas que ayudarán a tomar la decisión del primer bloque.

En la segunda etapa se buscaron los *puntos informativos* dentro del discurso de cada pieza televisiva con el objetivo de apreciar la ciencia que los noticiarios reportaron en la cobertura. El procedimiento consistió, primero, en transcribir el contenido de cada una de las piezas y luego identificar, dentro del corpus de cada nota, aquella información que contestará o hiciera referencia a cada uno de los 16 *puntos de información* de la tabla; se añadió una tercera columna para registrar los resultados encontrados.

Resultados: protocolo

La aplicación del *Protocolo de análisis de Televisión* arrojó los siguientes resultados:

En los tres noticiarios se localizó un total de 54 notas transmitidas. Al graficar los datos destacó que la tercera semana –la que corresponde a la COP– del análisis presentó la mayor cobertura por parte de los medios, pues de las 54 notas totales 34 se

emitaron durante dicha semana, es decir el 61% del total de las notas.⁹ (Figura 2)

El 67% de las piezas aparecieron en la apertura del noticiario y 30 de las 54 piezas totales fueron presentadas en el primer bloque, lo que podría indicar que el evento se consideró relevante dentro de la agenda mediática.

Figura 1 Jerarquía del Protocolo de Análisis sobre Cambio Climático

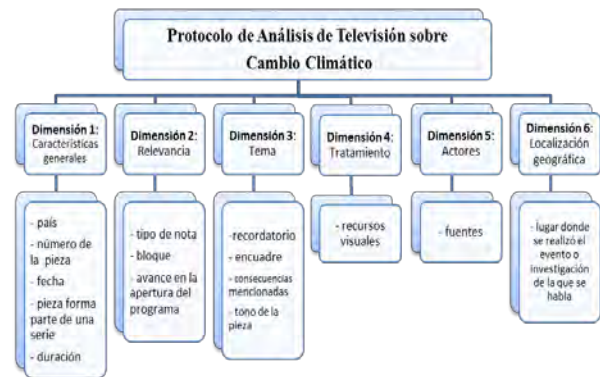
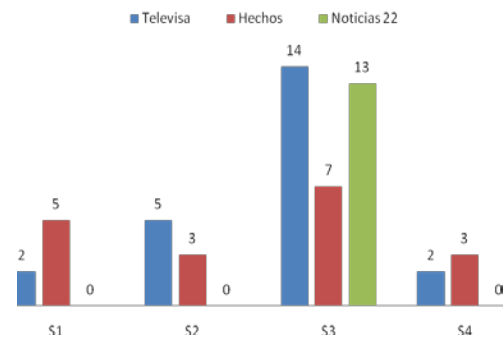


Figura 2 Distribución de las notas de la cobertura durante las cuatro semanas



⁹ Acatando los criterios antes establecidos se descartaron dos notas de opinión: una d Noticieros Televisa (el autor de la opinión fue Iván Restrepo el 24 de noviembre) y otra de la sección Jaque Mate (de Sergio sarmiento en Hechos, 2 de diciembre de 2010)



Tabla 1. Tabla de decisiones ciudadanas

DECISIONES	PUNTOS DE INFORMACIÓN
1. ¿Se conocen los impactos asociados con el cambio de la temperatura global?	1. Evidencias en el sector: alimenticio, acuífero, ecosistemas y salud
2. ¿Qué tan relevante fue la Cumbre de Cancún?	2. Propósito 3. Objetivos específicos
3. ¿Cuáles fueron los acuerdos logrados en la COP16?	4. Mitigación 5. Adaptación 6. Financiamiento 7. Transferencia de tecnología 8. Otros
4. ¿Con estas propuestas se podrá revertir o mitigar el cambio climático?	9. mantener la temperatura global promedio por debajo de 2°C 10. escenarios por encima de 2°C 11. aplicación del financiamiento 12. intercambio de tecnología con otros países
5. ¿Qué acciones específicas debo exigir a los gobernantes respecto a la adaptación y mitigación contra el cambio climático?	13. Cumplir con los acuerdos de la cumbre 14. Cumplir con lo establecido por el gobierno y en la Estrategia Nacional de CC 15. Cumplir con las recomendaciones del AR4 16. Recomendaciones de expertos

Figura 3 Distribución de las piezas de acuerdo a su duración

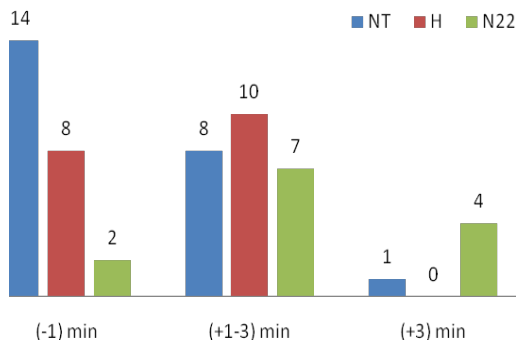
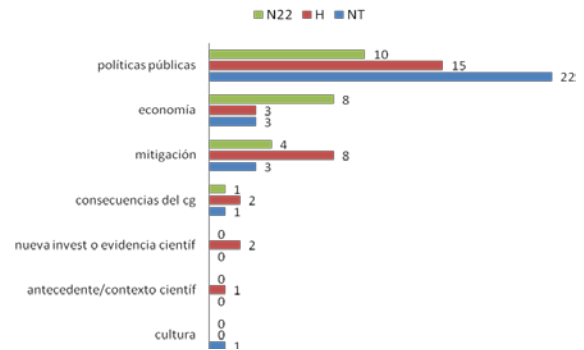


Figura 4 Gráfica que detalla los encuadres identificados en cada pieza





Se observó que la mayoría de las notas duraron **menos de tres minutos** (49 piezas); de las cuales, 25 duraron **de uno a tres minutos**; en la categoría **menos de un minuto** se ubicaron 24 piezas; y solamente 5 piezas duraron más de **3 minutos**, 4 de ellas son del Canal 22. Un dato notable es que la mayoría de las notas de Televisa duran menos de un minuto. (Figura 3)

En este análisis se observó que las tres televisoras se inclinaron, esencialmente, por un encuadre de políticas públicas en 47 de las 54 piezas (87%); también se contemplaron 15 piezas con un encuadre de mitigación y 14 corresponden al económico. (Figura 4)

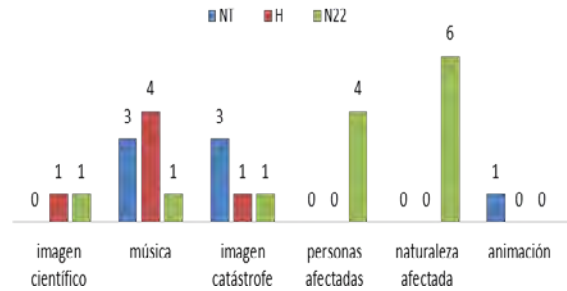
Las herramientas audiovisuales que se emplearon en la cobertura fueron las siguientes: 1 **animación**¹⁰, 2 imágenes de **científico**¹¹, 5 imágenes de **catástrofes**, 4 de **personas afectadas**, 6 de **naturaleza afectada** y el recurso más utilizado fue **música** con 8 participaciones, en cuyas notas se presentaron imágenes no relacionadas con el tema. La gráfica distingue, claramente, que el Canal 22 es el que empleó recursos visuales con mayor frecuencia y variedad; fue el único en mostrar imágenes de personas y naturaleza afectadas y, aunque con poca participación, también exhibió una imagen de científico, de catástrofe y una pieza con música. En total se registraron 18 imágenes que hacían referencia al fenómeno del cambio climático en toda la cobertura, de las cuales sólo 4 coinciden con el contenido que se presenta en la pieza televisiva. (Figura 5)

Conviene mencionar que la clasificación de fuentes estuvo determinada por cómo los medios las presentaron en los noticieros. SE observó que las fuentes estuvieron estrechamente vinculadas con los encuadres; por ejemplo, si el encuadre que predominó fue políticas públicas, las fuentes correspondieron a miembros de gobierno, así se distinguieron 31 fuentes en esta categoría.

¹⁰ El recurso visual de animación se refiere a los dibujos animados de la sección Terapia intensiva que tramite Noticieros Televisa

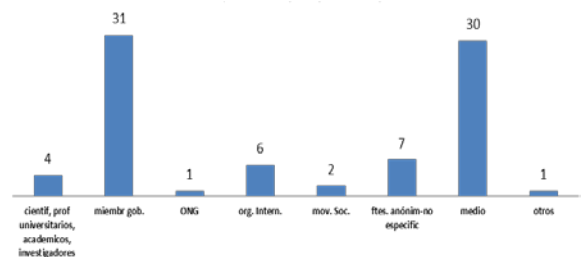
¹¹ Hechos y Noticias 22 mostraron imágenes del científica (ambas presentan a Mario Molina) en una ponencia durante la Cumbre de Cancún el 19 de noviembre y el 7 de diciembre, respetivamente

Figura 5 Recursos visuales utilizados en cada noticiero



También se reconoció al propio medio (noticiero) como fuente, debido a que la información que se ofreció a los televidentes en 30 piezas fue presentada por el conductor o por reporteros sin mencionar su origen, es decir ellos aparecían como los emisores directos. En cuanto a las fuentes científicas, se encontraron dos que fueron del mismo investigador (Mario Molina); y dos fuentes académicas: Américo Saldivar, de la Facultad de Economía de la UNAM, y Shagun Merhotra, de la Universidad de Columbia. (Figura 6)

Figura 6 Registro de todas las fuentes identificadas en las piezas de los noticieros



Resultados: Tabla de decisiones ciudadanas

Información obtenida a partir del análisis con la Tabla de decisiones:

El aspecto más sobresaliente fue que N22 hizo referencia a más puntos de información (10 de 16) respecto a los demás medios, como lo muestra la figura 7.

Los televidentes que vieron N22 se enteraron de los impactos que está causando el fenómeno climático en diversos sectores: a) afecta de 15 a 20 puntos del PIB nacional; b) a la ciudad de México, el plan de acción climática le cuesta en un sexenio 60 mil



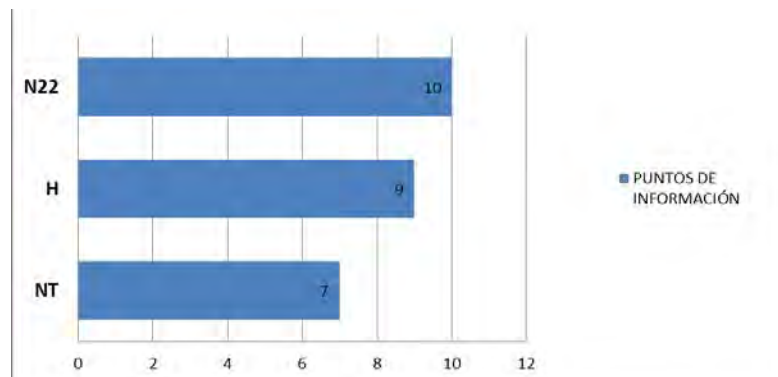
millones de pesos; c) serios problemas de desertificación y hambruna en México y otros países; d) se está poniendo en riesgo a poblaciones y a comunidades completas que dependen del medioambiente para su subsistencia; e) la desaparición de la capa de hielo. Por su parte, la información de Hechos sobre los impactos fue pobre al mencionar sólo 2 impactos climáticos (costos por desastres y el aumento del nivel del mar), y en el caso de Televisa se omitió completamente.

Si bien todas las decisiones de la Tabla fueron relevantes, la pregunta ¿Cuáles fueron los acuerdos logrados? Fue una de las fundamentales al contener los resultados del evento. El Canal 22 fue el único en brindar datos sobre todos los acuerdos, aunque sin profundizar ni analizar cada uno. Hechos, por su parte, cubrió la mayoría de los puntos (excepto

adaptación) y Televisa sólo tocó dos acuerdos: el financiamiento y la ampliación para un segundo periodo del Protocolo de Kioto.

Si los ciudadanos hubieran querido decidir si la COP16 fue una reunión de alto rendimiento era fundamental aclarar si los acuerdos logrados en la Cumbre revertirían, mitigarían o en cierta medida estabilizarían al fenómeno. Sobre esta decisión, los puntos de información más mencionados fueron: escenarios por encima de 2°C, la aplicación del financiamiento y mantener la temperatura global promedio por debajo de 2°C. Sin embargo, la ausencia de datos duros, el tratamiento débil en el contenido y la falta de explicación científica podrían ser insuficientes para responder la cuarta decisión de la tabla.

Figura 7 Registro de todas las fuentes identificadas en las piezas de los noticieros



Para ser un público activo deberíamos estar informados para exigir al gobierno acciones relacionadas sobre la adaptación y la mitigación en nuestro país. El único punto que se abordó respecto a la última decisión fue recurrir a las recomendaciones de expertos de diversos sectores (políticos, ONGs, expertos y académicos), del cual N22 mencionó 9 de las 10 recomendaciones, Televisa una; Hechos, ninguna.

Conclusiones

La aplicación del Protocolo de Análisis de Televisión y del Modelo de Funcionalidad del Periodismo permitió comprobar la falta de información científica

en la cobertura de la COP16.

En los tres noticieros se identificó la ausencia de fuentes científicas para elaborar y argumentar el contenido de las piezas televisivas. Aún cuando el enfoque de las notas es aparentemente científico, se observó preferencia por fuentes de índole política.

Los noticieros sustentaron el discurso de la cumbre climática con elementos políticos (fuentes, imágenes, encuadres) sin intención de ofrecer un panorama científico que ayudase a explicar el tema.



Aunque los ciudadanos hubieran visto los tres noticieros, por las características que ofreció cobertura de la COP16 (notas cortas, ausencia de fuentes y de explicaciones científicas, pocas imágenes) no podrían estar en posición de tomar alguna decisión informada en materia de mitigación o adaptación del fenómeno climático.

Se constató la escasez de información científica en el contenido de la cobertura televisiva de noticias relacionadas con el cambio climático, que no había sido registrado anteriormente. Saberlo ahora da pauta para que los periodistas de ciencia consideren alternativas para mejorar sus productos periodísticos sobre este tema.

Fuentes de consulta

1. Bonfil, Martín; Cruz Mena, Javier. Diagnóstico de contenidos del periodismo de ciencia en la prensa escrita. XV Encuentro Nacional de Investigadores de la Comunicación. Puebla, México, del 5 al 7 de junio del 2003.
2. Cruz Mena Javier, La ciencia del periodismo de ciencia. En Tonda, Juan; Sánchez, A.M y Chávez, N. Antología de la divulgación de la ciencia en México. México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, 2002. 378pp.
3. Cruz Mena, Javier. Cómo elegir (y comprender) las fuentes en el periodismo de ciencia. En Massarani, Luisa (coord). Jornalismo e ciência: uma perspectiva ibero-americana. Río de Janeiro, Fiocruz, 2010. 109 pp.
4. Delgado, Gian C., Gay, C., Imaz, M., Martínez, A. México frente al cambio climático. Retos y oportunidades. El mundo actual, México, 2010. 240pp.
5. Duhne Backhauss, Martha, La divulgación de la ciencia a través de la televisión. Reflexiones sobre la producción en México. En Tonda, Juan; Sánchez, A.M y Chávez, N. Antología de la divulgación de la ciencia en México. México, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, 2002. 378pp.
6. Elías Carlos. La ciencia a través del periodismo. Madrid. Nivola Libros y Ediciones, 2003. 285pp.
7. León, Bienvenido. Science related information in European television: a study of prime time news. Public Understanding of Science, Vol 17, 2008, 427-458pp.
8. Massarani, L. y Bruno, B. La ciencia en la prensa de América Latina: Un estudio en 9 países. X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (RED-POP - UNESCO), San José, Costa Rica, 9 al 11 de mayo de 2007.
9. IPCC. Cuarto Informe de Evaluación. Resumen para responsables de políticas, 2007.
10. Ramalho, M.; Polino C. ; Cevallos M.; Cruz P.; Intriago M.; Terán A.; Chiappe D.; Neffa G.; Castelfranchi y Massarani L. La ciencia en los telediarios de Brasil y Ecuador. XII Reunión Bienal de la Red Pop, Campinas, Brasil (2011). Disponible en http://www.mc.unicamp.br/redpop2011/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=61&lang=es
11. Rosen, Cecilia. Análisis de la cobertura periodística del cambio climático en 2001 desde un modelo de funcionalidad. El periodismo de ciencia en la prensa escrita nacional y extranjera. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Comunicación. FCPyS-UNAM, 2008. 191pp.

Temas a investigar en el contexto del cambio climático:

Diagnóstico sobre el mismo tema en los otros medios de comunicación (prensa y radio) para analizar la cobertura y comparar la ciencia incluida en las notas de cada medio.

Refinar la aplicación del protocolo de televisión, evaluando diversos contenidos científicos en los diferentes noticieros mexicanos.

Evaluar el ejercicio periodístico de un reportero, usando el modelo funcional del periodismo y comparar sus productos con otros.



Ordenamiento territorial y cambio climático

Ayala A. M.E., Arteaga A. M. A., Isaac M. R.¹

Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU)
de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.

Email: maeayala@yahoo.com.mx

Resumen

Se reconoce que el cambio climático modificara las dinámicas territoriales y generará impactos significativos en las poblaciones costeras y sus ecosistemas. Entre los impactos están: aumento en el nivel del mar, incremento en la frecuencia de los eventos de tormentas, incremento en la severidad de estos, y cambios en los patrones de precipitaciones dependiendo de la región, que en suma traerán consecuencias económicas, sociales y ecológicas. Ante este panorama, el ordenamiento territorial es un instrumento de la política ambiental estratégico, ya que permite proponer formas racionales y diversificadas para utilizar el territorio y sus recursos naturales y será de particular importancia para salvaguardar el territorio frente al cambio climático.

El Plan Nacional de Desarrollo, los Programas sectoriales, los programas estatales y el marco jurídico y normativo en materia ambiental han empezado a incorporar al ordenamiento territorial como un eje estratégico para el desarrollo nacional. El estado de Campeche ha logrado importantes avances en materia de ordenamiento territorial, no obstante aún perviven serios obstáculos para su implementación que no dejan elaborar una visión integradora en el uso de los recursos del territorio y sobre todo integrar estrategias de mitigación frente al Cambio Climático. Se han elaborado los programas de ordenamiento ecológico del estado y los 11 municipios que lo componen; de ellos 10 se encuentra en proceso de ser decretados. No obstante, la implementación de los programas municipales de ordenamiento han sufrido cierto retraso. Adicionalmente el marco legal estatal, no cuenta hasta el momento con una ley general que articule temas ambientales como el cambio climático, ordenamiento territorial, planeación y

desarrollo urbano, aspectos dispersos en diversas leyes estatales. El presente documento hace referencia a la labor del Laboratorio de Análisis

Territorial y del cuerpo académico de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable del Territorio perteneciente al Centro de estudios en Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre, en relación a la experiencia adquirida en la elaboración de lo programas de ordenamiento municipales y de la propuesta de la Ley de Planeación, Gestión Territorial y Urbana del Estado de Campeche.

Introducción

Desde hace varios años la política en México ha incorporado el aspecto ambiental dentro de sus objetivos a través de la aplicación de distintos instrumentos forjados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en la fracción XXIII del artículo 3° define al Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET) como *“el instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades del aprovechamiento de los mismos”* (LGEEPA, 1997).

Hasta ahora constituye el mejor instrumento dentro de la política ambiental en México que permite proponer formas racionales y diversificadas para utilizar el territorio y sus recursos naturales, planificar el desarrollo sustentable de sus costas y tal vez la única plataforma desde la perspectiva territorial para adaptarse a los efectos del cambio climático (Espejel I., Delgado-González G. et al, 2010). De acuerdo a las conclusiones del Panel



Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) existe una alta probabilidad de que en México haya un aumento de sucesos meteorológicos extremos, tales como olas de calor, mayores precipitaciones que dan lugar a inundaciones, temperaturas mínimas más altas y menos días fríos. También es probable que haya un aumento en algunas zonas en las intensidades de viento máximo y precipitación de los ciclones tropicales. Este panorama impactará de manera importante las zonas costeras de la nación. Actualmente se reconoce que el litoral de Campeche presentará la elevación del nivel del mar en un rango de 0.60 a 1.0 metros como consecuencia del Cambio Climático, ésta elevación afectará de manera drástica a la infraestructura urbana, comunicaciones, tendidos eléctricos, carreteras, de las dos ciudades más importantes del estado, San Francisco de Campeche, la capital y Ciudad del Carmen, centro operativo de la actividad petrolera de la Sonda de Campeche.

En este contexto el Gobierno del Estado de Campeche acata la política ambiental desde el año 2000 para llevar a cabo el proceso de ordenamiento territorial de Campeche. No obstante, para que éste instrumento sea implementado se requiere de la interrelación de una serie de elementos fundamentales como la política, las bases jurídicas, los aspectos institucionales y los instrumentos administrativos (SEMARNAT, 2006). Otro de los aspectos que se consideraron urgentes de actualizar ha sido el marco normativo en materia ambiental del estado Campeche, particularmente para generar una propuesta de ley general que incluya el ordenamiento territorial y el cambio climático.

Campeche y la ordenación de su territorio

El proceso de ordenación del territorio surge en el año 2000 como iniciativa del Gobierno Federal para que los estados elaboraran sus respectivos Programas Estatales de Ordenamiento Territorial (PEOT) y el general del territorio nacional. En Campeche esta iniciativa detona la sinergia de dos dependencias estatales: la Secretaría de Obras Públicas (SEOPC) y la Secretaría de Ecología (SECOL), para que en una primera etapa se realizara el ordenamiento territorial de todo el estado. Entre el periodo de 2001 a 2003 se realiza en Diagnóstico Integrado y Escenarios del Sistema Territorial. En 2004 se firma el Convenio de

Colaboración entre la Federación y el Estado donde se formaliza la generación y aplicación de este instrumento para tratar de prevenir y revertir los desequilibrios ecológicos e impulsar acciones que propicien la utilización del territorio y sus ecosistemas. De la misma forma, se instala el subcomité especial de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable en el seno de la Comisión de Planeación del Desarrollo (COPLADE) del estado de Campeche (Arteaga, 2012).

A partir de ese año y hasta 2008 se realizan los programas de Ordenamiento Ecológico Territorial en los 8 de los 11 municipios del estado de Campeche¹. En 2008 se empieza a trabajar con comunidades de Campeche para elaborar su programa de Ordenamiento Territorial Comunitario como un mecanismo para incorporar criterios sustentables para el uso de los recursos naturales en las comunidades rurales.

El marco normativo de Campeche y su pertinencia frente al Cambio Climático

El marco legal que regula el aspecto ambiental del estado de Campeche se encuentra sustentado en su Carta Magna, la Constitución Política del estado de Campeche, la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la cual contiene los lineamientos generales que se deben seguir en la temática ambiental, tanto para el ordenamiento territorial estatal como para la protección de los recursos naturales; así como 33 leyes sectoriales que regulan el desarrollo urbano y asentamientos humanos, el turismo, la vida silvestre, el desarrollo forestal, las quemadas, la actividad ganadera y apícola, la educación, el transporte y la vialidad, entre otras. Cabe señalar que este marco legal está desactualizado y presenta vacíos temáticos, particularmente en lo relativo a los temas actuales de relevancia ambiental como cambio climático, vulnerabilidad, gobernanza, agua; así como duplicidades y contradicciones. Siendo Campeche un estado ubicado en una región que sufrirá de los embates del cambio climático, requiere que el marco legal contenga estos temas en su articulado y permita la conformación de un marco legal integral. Este marco legal se encuentra alejado de la visión

¹ Actualmente 10 de los 11 municipios están en proceso de tener decretado su Programa de Ordenamiento Territorial Municipal.



integral que apoya la planeación y gestión sustentable del territorio (Ferreira, 2004), ya que las disposiciones aun conservan el esquema vertical y la falta de coordinación entre instituciones.

En este sentido, es que surge una demanda específica del Gobierno del estado sustentado en el Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015, para la convocatoria 2009 del Fondo Mixto-CONACyT, para proponer una nueva ley que aborde y regule de manera integral los aspectos de planeación, gestión territorial y urbana del estado.

Logros en materia de ordenación territorial, legislación y cambio climático.

Desde el año 2000 a la fecha el personal del Laboratorio de Análisis Territorial y del Cuerpo Académico de Gestión Ambiental y Desarrollo Sustentable del Territorio pertenecientes al Centro de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU) de la Universidad Autónoma de Campeche han elaborado el Programa de Ordenamiento Territorial del estado de Campeche y ocho Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial de los Municipios de Candelaria, Campeche, Escárcega, Champotón, Tenabo, Calkini, Hecelchakán y Hopelchén. Asimismo se ha empezado a participar en la elaboración de los programas de Ordenamiento Territorial Comunitario. Las distintas escalas de investigación que el cuerpo académico ha gestado en estos doce años de trabajo ha permitido consolidar una línea de investigación en el ámbito que regulan el desarrollo urbano, para que la planeación urbana se integre a la planeación y ordenamiento del territorio, particularmente ante los

territorial de Campeche, un acervo informático de bases de datos, imágenes de satélite, cartografía y fotografías aéreas. Este conocimiento del territorio y de su ordenamiento representa información estratégica que debe incorporarse en los respectivos Planes de Desarrollo Estatal y en la Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

Otra de las líneas de trabajo del grupo académico se ha centrado en materia de legislación ambiental del estado de Campeche, para proponer una nueva ley que aborde y regule de manera integral los aspectos de planeación, gestión territorial y urbana del estado. Para ello se ha conformado un grupo colegiado de profesionistas del área legal y ambiental, que diseñó el contenido temático de la propuesta de ley, dando el énfasis requerido en una ley vinculante e incorporando el aspecto ambiental. Este mecanismo de trabajo aportó una visión equilibrada entre ambas esferas, lo que no es un mecanismo frecuente que se emplee al proponer nuevas leyes, ya que esta labor es realizada solamente por los profesionistas del Derecho.

La propuesta de ley reconoce la necesidad de integrar temas ambientales prioritarios: cambio climático, vulnerabilidad, ordenamiento territorial para dar pertinencia a la ley; asimismo aportar mecanismos para resolver los conflictos entre los usos de suelo y la tenencia de la tierra. Para ello se requiere de la vinculación que existe entre las distintas instituciones, particularmente entre las escenarios de Cambio climático para el estado. La propuesta de ley tiene el siguiente contenido que aparece en la Tabla 1

LEY PARA LA PLANEACIÓN, GESTIÓN TERRITORIAL Y URBANA DEL ESTADO DE CAMPECHE	
TITULO PRIMERO	CAPITULO I.- DISPOSICIONES GENERALES
TITULO SEGUNDO	CAPITULO I.- DE LAS AUTORIDADES
DE LAS AUTORIDADES Y SUS ATRIBUCIONES	CAPITULO II.- DE LAS ATRIBUCIONES
TITULO TERCERO	CAPÍTULO I.- DE LOS PROGRAMAS PARA EL DESARROLLO URBANO
DE LOS PLANES O PROGRAMAS PARA EL DESARROLLO URBANO Y EL ORDENAMIENTO	CAPITULO II.- DEL PROGRAMA ESTATAL DE DESARROLLO URBANO
	CAPITULO III.- PROGRAMAS DE ORDENACIÓN DE ZONAS CON-



TERRITORIAL	URBANAS INTERESTATALES E INTERMUNICIPALES CAPITULO IV.- DE LOS PROGRAMAS MUNICIPALES DE DESARROLLO URBANO CAPITULO V.- DE LOS PROGRAMAS DIRECTORES URBANOS CAPITULO VI.- DE LOS PROGRAMAS REGIONALES CAPITULO VII.- DE LOS PROGRAMAS PARCIALES CAPITULO VIII.- DE LOS PROGRAMAS SECTORIALES CAPITULO IX.- DE LAS CONURBACIONES CAPITULO X.- DE LOS PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLOGICO TERRITORIAL CAPÍTULO XI.- DE LA RELACIÓN ENTRE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y ORDENAMIENTO ECOLÓGICO CAPÍTULO XII.- DE LA RELACIÓN ENTRE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
TITULO CUARTO DEL PROCEDIMIENTO DE APROBACIÓN, VIGENCIA Y MODIFICACION DE LOS PROGRAMAS	CAPITULO I.- DE LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO CAPITULO II.- DE LOS PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO CAPITULO III.- DE LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA CAPITULO IV.- DEL DERECHO A LA INFORMACIÓN
TITULO QUINTO DE LAS PREVISIONES PARA LA ADAPTACION Y MITIGACION AL CAMBIO CLIMATICO	
TITULO SEXTO DE LA DENUNCIA, VIGILANCIA, INFRACCIONES, MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SANCIONES	CAPITULO I.- DE LA DENUNCIA CAPITULO II.- DE LA VIGILANCIA CAPITULO III.- DE LAS INFRACCIONES CAPITULO IV.- DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD CAPITULO V.- DE LAS SANCIONES
TITULO SÉPTIMO DEL PROCEDIMIENTO Y LOS RECURSOS	
TRANSITORIOS	

Discusión

Pese a los avances logrados en materia de ordenamiento territorial en el estado de Campeche aún perviven vacíos legales importantes que no permiten elaborar una visión integradora en el uso de los recursos del territorio. Asimismo, existen otros elementos que inciden de manera negativa en la implementación de los programas de ordenamiento a nivel municipal, y que se circunscriben a diversos intereses económicos, sectoriales y al costo político de asumir esta responsabilidad, al tiempo de gestión de los

gobiernos municipales, los cuales abarcan un periodo de 3 años, tiempo que no es suficiente para lograr la implementación, además de enfrentarse a la decisión partidista del regidor en turno. Debe existir voluntad política de los tres órdenes de gobierno para que pueda realizarse el OET, ya que el proceso exige la participación activa de las autoridades de acuerdo a sus respectivas funciones y atribuciones. Es importante la participación activa de los sectores productivos que hacen uso del territorio, ya que proporcionan información valiosa sobre sus actividades y participan en un proceso de



toma de decisiones colectivo sobre los usos económicamente viables sin destruir sus recursos naturales. Así como la congruencia del marco normativo y regulatorio del estado.

Existe una problemática en la regulación del uso del suelo particularmente cuando este cambia por el crecimiento urbano sobre áreas rurales. En este sentido, el Ordenamiento Territorial como instrumento de política ambiental, esta desprovisto de efectividad en la regulación amplia del uso del suelo debido a una serie de inconsistencias. Por un lado, el desarrollo urbano de los centros de población queda reglamentado por el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU), mientras que los Programas de Ordenamiento Territorial Municipales (PMOET) regulan el uso del suelo fuera de los centros de población. Este divorcio ocasiona una regulación ineficiente y parcial del uso del suelo. Aunado a esto, los PMOET de los municipios campechanos aun no se publican, otros requieren actualizarse metodológicamente de acuerdo a nuevos criterios establecidos por la autoridad correspondiente, lo que deja un vacío importante para tener un instrumento eficaz y pertinente. Hay que agregar además, que uno de los impedimentos importantes a este proceso es la disparidad entre el tiempo de implementación de las disposiciones emitidas en los ordenamientos, y el tiempo que las autoridades municipales tienen a cargo de la gestión, así como al partido político al que pertenezcan.

Si bien, ambos instrumentos en la práctica, debieran guardar una correspondencia de disposiciones; existen serios desfases en sus objetivos y aplicación. Los PMDU enfatizan el uso del suelo en si es factible de ser urbanizado o no, su aplicación es obligatoria y se actualizan cada tres años al concluir cada gobierno municipal; mientras que los PMOET aportan una visión integral del territorio con criterios ambientales, económicos, sociales, no obstante, aun no son disposiciones obligatorias y su tiempo de actualización se alarga hasta periodos de 10 años. Para Alvarez, Muñoz et al. (2008: 237) *para ordenar el crecimiento en la interfase urbano-rural es necesario fortalecer la integración de los marcos jurídicos y de planeación que regulan el uso del suelo en ese espacio, al tiempo que se atienden los aspectos económicos y sociales intrínsecos a las*

ciudades derivados del crecimiento urbano desordenado.

En la problemática ambiental se reconocen como temas prioritarios que deben observarse en la nueva ley. Los resultados generales del análisis del impacto del cambio climático en Campeche, se dirigen principalmente a ubicar a las áreas urbanas como las que sufrirán un impacto importante por el riesgo y vulnerabilidad a las cuales se expondrá la población y de las afectaciones a la infraestructura urbana y de servicios. Los impactos en los sectores productivos recaen en la pérdida de cosechas por la irregularidad del patrón de lluvias, la salinización del manto acuífero y el descenso de la productividad de los suelos. Asimismo destacan la pérdida de biodiversidad, la cual seguirá siendo afectada por las transformaciones ambientales y antropogénicas.

Aunado a esto existe un desconocimiento acerca del tema del cambio climático y del grado de afectación que tendrá en el estado de Campeche, particularmente en la infraestructura urbana y de servicios de dos de las ciudades más importantes del estado, la capital San Francisco de Campeche, por ser el centro que concentra las funciones e instituciones de gobierno y Ciudad del Carmen, por ser el motor económico estatal a través de la actividad petrolera. La información y educación ambiental hacia la sociedad en su conjunto debe incorporarse como un eje importante de los gobiernos estatal y municipales.

Estas experiencias de trabajo representan un avance importante a favor de la construcción de foros participativos institucionales que permitan gestar la transversalidad que se requiere para planear y realizar la gestión del uso sustentable del territorio.

Conclusiones

El Ordenamiento Territorial como instrumento de la política ambiental se enfrenta a diversos niveles de confrontación que abarca las decisiones sectoriales del desarrollo, los objetivos de las propias instituciones, un marco legal con vacíos e incongruencias; el desconocimiento de los funcionarios de las instituciones de los temas estructurales que inciden en el territorio y de cara al Cambio Climático; la tarea de la gestión ambiental aun adolece de esquemas transversales



integradores que resulten en la planeación y gestión territorial del desarrollo. En este sentido, la construcción de la participación institucional y de los gobiernos municipales, son un aspecto fundamental que debe fomentarse, e integrarse como un mecanismo necesario de evaluación permanente, de los avances y metas planeados para el desarrollo sustentable de Campeche.

La educación de la población es un aspecto fundamental que debe acompañar el proceso de actualización del marco legal y de normas y leyes pertinentes, particularmente debe hacerse énfasis en que la población en general y los gobiernos municipales conozcan los beneficios del Ordenamiento Territorial y las consecuencias que traerá a la dinámica territorial el Cambio Climático. Conjuntamente se debe difundir a la población en general información ambiental y de las leyes que deben observar como ciudadanos. Se debe enfatizar la importancia de incorporar al modelo educativo elementos de educación ambiental y de programas de educación y difusión a la población en su conjunto.

Todo esto requiere actualizar el marco legal y normativo de Campeche, tanto en la aprobación de nuevas leyes y normas técnicas para regular las distintas actividades, como de conformar grupos multidisciplinarios que aporten el análisis y la pertinencia que se requiere, tratando de erradicar las visiones disciplinarias o sectoriales.

Fuentes de consulta

1. Álvarez Icaza, P., C., Muñoz Piña et al. (2008). Instrumentos territoriales y económicos que favorecen la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO, México, pp. 229-258.
2. Arteaga Aguilar; M.A. (2012). Ordenamiento ecológico territorial en México. La primera experiencia en el estado de Campeche. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania 269 pp.
3. Espejel, I., O. Delgado-González, G. et al. (2010). Ordenamiento ecológico territorial y desarrollo costero, p. 533-544. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L.Alpuche Gual y G.J. Villalobos Zapata (eds.). Cambio

Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche CETYS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche.944 p.

4. Ferreira Héctor (2004). Continuidad y cambio de la política regional en México. En: planeación territorial, políticas públicas y desarrollo regional en México. Javier Delgadillo Macías (coordinador) Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. México D.F. 195 pp.
5. Lazcurain Fernández C. (2006). Análisis de la política ambiental, desafíos institucionales. Fundación cooperar por Veracruz A.C, El Colegio de Veracruz, Plaza y Valdez editores, México, 221 pp.
6. SEMARNAT (2006). La gestión ambiental en México. México. 472 pp.

Referencias de internet

7. Plan Estatal de Desarrollo 2003-2009. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CA_MPECHE/PLANES/CAMPLAN02.pdf
8. Ley de Planeación del Estado de Campeche. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CA_MPECHE/LEYES/CAMLEY31.pdf
9. Ley de Desarrollo Social del Estado de Campeche. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CA_MPECHE/LEYES/CAMLEY44.pdf
10. Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Campeche. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CA_MPECHE/LEYES/CAMLEY07.pdf
11. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
12. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>

Temas propuesta para ser investigados en el contexto del Cambio Climático

Percepción de la población acerca del Cambio Climático
Áreas Naturales Protegidas
Flora y Fauna
Carreteras y vías de comunicación
Actividad petrolera



El Cambio Climático en Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en México (OOAPAS)

Héctor David Camacho González y García Salinas Ana Elizabeth

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Resumen

El cambio climático es un fenómeno donde los complejos procesos ambientales que se realizan en la biósfera se han visto alterados por acción del hombre lo que ha generado impactos en los diferentes sectores económicos de la sociedad así como en los mismos ecosistemas modificando los procesos de provisión y existencia de distintos bienes y servicios ambientales. Uno de ellos es el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento donde las entidades encargadas de prestar estos servicios a la población son los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento (OOAPAS).

El tema de cambio climático en estas organizaciones hace cuestionar no únicamente la confiabilidad de las fuentes de abastecimiento en cuanto a cantidad y calidad; también agrega una variable que no es considerada en la planeación de los organismos operadores por falta de información. Esto coloca a los OOAPAS frente a un dilema de cómo desarrollar a corto y largo plazo, planes que consideren efectos del cambio climático ya que los efectos potenciales de éste fenómeno pondrán a prueba tanto la infraestructura existente como la capacidad de organización para tomar decisiones que coadyuven en la adaptación; dichos planes deben basarse en el grado de vulnerabilidad del OOAPA a través del análisis de diversas variables (grado de desarrollo que posea como organización, situación geográfica, fuentes de agua y disponibilidad a largo plazo, habitantes a servir, nivel socioeconómico entre otros) que permitan determinar algunos de los retos a los cuales se tendrán que enfrentar antes de garantizar el servicio en todas las ciudades.

Introducción

El cambio climático es un fenómeno que impacta a todos los sectores de la economía de los países, sin embargo, existen sectores que pueden ser más sensibles que otros a estos impactos. Uno de ellos

es el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento, en donde las entidades encargadas de prestar estos servicios a la población son los organismos operadores.

El tema de cambio climático en estas organizaciones hace pensar no únicamente en la confiabilidad de las fuentes de abastecimiento en cuanto a cantidad y calidad; también agrega la vulnerabilidad al fenómeno que no es considerada en la planeación de los organismos operadores por falta de información. Esto coloca a los OOAPAS frente a un dilema de cómo desarrollar a corto y largo plazo, planes que consideren efectos del cambio climático, ya que los efectos potenciales de éste fenómeno pondrán a prueba la infraestructura existente pero más aún, la capacidad de organización para prever, planear y tomar decisiones que coadyuven en la adaptación.

De acuerdo con la Water Utility Climate Alliance, la planeación de los organismos operadores bajo el enfoque del cambio climático y su incertidumbre considera las siguientes etapas (WUCA, 2010): Es en un proceso como el mencionado anteriormente que la evaluación de la vulnerabilidad y los costos se integran para proporcionar elementos que sirvan en la toma de decisión sobre las alternativas de acciones a seguir para adaptarse a los efectos del cambio climático. Así, desde la perspectiva de evaluar dichos cambios, sus consecuencias y en base a la disponibilidad de información y los conceptos planteados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se plantea identificar los efectos e impactos del cambio climático en la operación de los OOAPAS y evaluar la respuesta de los mismos al cambio climático a través de un índice, a fin de representar cuantitativamente y en una sola cifra la susceptibilidad y el alcance del nivel de respuesta en diversos sistemas de agua del país en base a tres factores; grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.



Figura 1. Planeación bajo el enfoque de cambio climático



Desarrollo general Organismos Operadores en México

Debido a la gran cantidad de organismos operadores en México y las diferencias de desarrollo entre los mismos, no se conocen los casos donde ya se esté realizando un proceso de planeación en donde se consideren los impactos del cambio climático. Para identificar los organismos operadores existentes en México y sus características, en los resultados del Censo Económico realizado por el INEGI en 2008 se identificaron 2 517 Organismos Operadores del Agua a nivel nacional dedicados a la captación, tratamiento y suministro de agua, la mayoría se encuentran trabajando en la administración municipal.

Por el tipo de cobertura geográfica, los organismos operadores de agua tienen mayor presencia en zonas urbanas en respuesta a la concentración de población y actividades económicas que demanda mayor infraestructura para la provisión de servicios de agua. Conforme el Censo Económico, la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento se realiza bajo la distribución que se muestra en la figura 2

Conforme la distribución anterior, puede comentarse que salvo ciertas y contadas excepciones, la situación actual de los OOAPAS en México se caracteriza por el alto e inaceptable nivel de pérdidas físicas y comerciales, lo que redundará en una incapacidad para cubrir los costos de operación y mantenimiento. Con el propósito de evaluar el

desempeño de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, la CONAGUA publica un sistema de indicadores que reflejan la situación de las entidades prestadoras de estos servicios públicos a nivel nacional, la tabla 1 muestra los resultados de los indicadores¹ eficiencia, física, comercial y global para algunas ciudades de México

Estos indicadores muestran la capacidad para prestar los servicios públicos que tienen encomendados bajo un enfoque de eficiencia destacándose las amplias diferencias existentes entre las ciudades mostradas en la tabla 1, como ejemplo; la ciudad de Chetumal presenta la menor eficiencia global de esta muestra (25%). Tijuana se destaca como una de las ciudades con mejor gestión, presentando 78% de eficiencia global. Si bien, los indicadores son instrumentos que explican el desempeño de los OOAPAS, también pueden relacionarse con la vulnerabilidad al cambio climático asumiendo que habrá impactos en las zonas urbanas de México, haciendo aún más compleja la gestión de los organismos operadores debido a los efectos en la infraestructura y su operación.

La eficiencia física queda definida como : *volumen de agua facturado/ volumen de agua producido*; **la eficiencia comercial** se define como: *importe recaudado/importe facturado*; y **la eficiencia global** se obtiene : *eficiencia física * eficiencia comercial*.



Figura 2. Organismos Operadores de Agua de acuerdo con la cobertura del servicio al 2008 (INEGI, 2011)

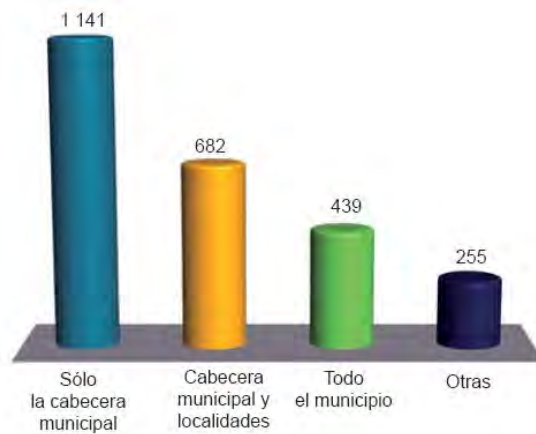


Tabla 1. Eficiencia física, comercial y global (CONAGUA, 2011)

OOAPA	EFICIENCIA (%)		
	Física	Comercial	Global
Tijuana	81	96	78
Monterrey	70	95	67
Mexicali	87	75	66
Aguascalientes	64	92	59
Culiacán	63	88	56
Guadalajara	63	89	56
Tlaxcala	56	93	52
Pachuca	53	92	48
Zacatecas	58	82	48
Torreón	53	86	45
Chilpancingo	62	71	44
Hermosillo	63	68	43
Reynosa	58	71	41
Ciudad de México	56	68	38
Xalapa	40	92	37
Tlalnepantla	46	67	31
Tuxtla Gutiérrez	39	78	31
Mérida	35	86	30
Acapulco	34	82	28
Chetumal	37	68	25
Ensenada	79	93	73
Puerto Vallarta	75	98	74



Esto significa que un organismo operador puede presentar distintos grados de vulnerabilidad dependiendo la variable analizada. Geográficamente, los organismos operadores localizados en las zonas de escasez de México, presentan vulnerabilidad en su operación e infraestructura por la disponibilidad de agua. A pesar de ello, un organismo operador localizado en una zona de baja disponibilidad de agua que presente un desempeño aceptable en la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, puede haber desarrollado capacidades para afrontar los efectos del cambio climático, tomando en consideración la generación de excedentes de ingresos disponibles para invertirse en mejoras a la operación e infraestructura.

Este análisis es de suma importancia para definir las variables que pueden determinar la vulnerabilidad de un organismo operador y en consecuencia, los efectos del cambio climático a los que se deberán generar estrategias de adaptación.

Índice de vulnerabilidad de los OOAPAS

El uso del término vulnerabilidad dentro de la ciencia tiene sus raíces en la geografía e investigación de fenómenos naturales, sin embargo actualmente es un concepto central en una variedad de contextos ya sean sociales, económicos, físicos, ambientales o institucionales. Cada disciplina ha definido de diferente manera el concepto y en ocasiones se encuentran intrínsecamente ligados.

Bajo este contexto, la definición de vulnerabilidad planteada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) definida como el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y la cual depende de tres factores:

Exposición: Carácter y grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes.

Sensibilidad: Grado en que un sistema resulta afectado, negativa o ventajosamente, por estímulos relativos al clima.

Capacidad de adaptación: Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los fenómenos extremos) de modo de mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.

Esta definición asume implícitamente que cuanto mayor sea el conjunto de acciones encaminadas a la mitigación y adaptación, menor será la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, de modo que considerando estos tres factores se generó y comparó un índice que permitiera evaluar de forma individual el grado de vulnerabilidad de 9 Organismos Operadores del país; Campeche, Ensenada, Gómez Palacio, Hermosillo, Monterrey, Puebla, Tampico, Veracruz, y Zacatecas, basado en la agregación lineal y ponderada de dichos factores.

$$I_v = GE + SE + CA \quad (1)$$

donde: I_v , : índice de vulnerabilidad; GE : grado de exposición; SE : sensibilidad; CA : capacidad de adaptación (expresado con signo positivo, de acuerdo a los rangos establecidos en la tabla 3, donde se presenta precisamente una relación inversa).

La metodología se realizó siguiendo las etapas propuestas por Naro (2005), las cuales se describen a continuación.

a) Selección de indicadores

De acuerdo a los factores de vulnerabilidad citados anteriormente, se definieron un conjunto de variables e indicadores que permitieran evaluar cada uno de ellos. La selección se basó en la relevancia, calidad y disponibilidad de información.

A continuación se describe cada uno de los indicadores seleccionados y su importancia en la evaluación de vulnerabilidad en Organismos Operadores:

Grado de exposición:

Precipitación y temperatura: El descenso de las precipitaciones y el incremento de la evaporación debido a las altas temperaturas, causaría efectos sustanciales en la disponibilidad del recurso y en la calidad de agua, lo que implicaría aumento de costos de operación y generaría dificultad para satisfacer las crecientes demandas de agua. Las variaciones de temperatura y precipitación propuestas para este escenario son tomadas del trabajo de Montero (2010).



Tabla 2. Indicadores de vulnerabilidad

FACTORES DE VULNERABILIDAD	VARIABLES	INDICADOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
Grado de exposición	Temperatura	°C	(Montero Martínez, 2010)
	Precipitación	% variación	
Sensibilidad	Población/Ingreso/Precio (Demanda)	Consumo (l/h/d)	(IMTA, 2009)
	Confiabilidad de infraestructura	Grado de confiabilidad: Costos de mto./Ingreso total	(IMTA, 2009)
	Relación Demanda-Oferta	Demanda/Oferta	(IMTA, 2009)
	Presión hídrica	Grado de presión (%): Vol. Concesionado/Agua renovable	(CONAGUA, 2011)
	Eficiencia económica	Tarifa/Costos de producción	(IMTA, 2009)
Capacidad de adaptación	Desempeño	Eficiencia física	(IMTA, 2009)
		Eficiencia comercial	(IMTA, 2009)

Sensibilidad:

Consumo: Representa el consumo doméstico medido del que dispone una persona para sus necesidades diarias. Considerando el resultado de los futuros cambios climáticos, un incremento de la demanda de agua se traduce en mayores costos de operación sumado a la problemática de escasez de agua y crecimiento de la población.

Grado de confiabilidad:

Representa los costos de mantenimiento en relación al ingreso total del Organismo Operador. Considerando que las redes e infraestructura requieren mantenimiento y rehabilitación apropiada. Si estas medidas no son efectivas y rutinariamente implementadas, el periodo de vida de la infraestructura y redes será excedida de forma que bajo fenómenos como el cambio climático resultaran desproporcionados y constantes incrementos en los costos de mantenimiento.

Demanda/Oferta:

Representa una relación entre el volumen consumido y la capacidad instalada en las fuentes de abastecimiento, de forma que es un indicativo de

la disponibilidad del recurso. Bajo un escenario de disminución de los suministro de agua superficial y la recarga de acuíferos por descenso de las precipitaciones se dificulta la capacidad de un Organismo Operador para cubrir los consumos mínimos requerimientos por la población.

Grado de presión: Representa una relación entre el aprovechamiento del agua para diferentes usos (agrícolas, industriales, humanos) respecto a la disponibilidad superficial y subterránea por región, lo que indica el grado de presión que se ejerce sobre los recursos hídricos. Bajo escenarios de disminución de la disponibilidad, se intensificaría la competencia entre los distintos usos lo que podría aumentar el grado de presión de los recursos y generar deficiencias en el suministro de agua.

Tarifa/Costos de producción: Representa una relación entre las tarifas de agua y el costo que tiene proporcionar esa cantidad de agua (costos de mantenimiento, operación y administración). Ya que las tarifas no necesariamente reflejan el costo que tiene para un Organismo Operador proporcionar determinado volumen de agua, dicha relación refleja



el nivel de subsidio en las tarifas domésticas que ante escenarios de cambio climático podría aumentar en relación a los costos de operación e inducir a un incorrecto uso del recurso.

La información de las variables consideradas en éste segmento fue tomada del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO) publicado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Capacidad de adaptación

Eficiencia física: Representa el cociente entre el volumen de agua facturado entre el volumen de agua producido, es indicativa no sólo de la capacidad administrativa (en facturación y medición) de los Organismos Operadores, sino una condición crucial para el uso sostenible del agua: las pérdidas en el sistema de distribución, tanto por el mal estado de la red, como por robos y agua no contabilizada.

Eficiencia comercial: Representa el cociente del primer importe recaudado dividido entre el importe del agua facturada por el suministro del agua, es el indicador simple que de manera más cercana valora el desempeño total de los Organismos Operadores, tanto en dimensiones administrativas, como físicas. La información de las variables consideradas en éste segmento fue tomada del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO) publicado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)

b) Definición de rangos y normalización de datos

Dado que los indicadores seleccionados para la construcción del índice, están medidos en distintas escalas y unidades, se hizo necesario definir rangos y normalizar la información para que fuera posible su agregación de manera comparable.

Para cada indicador se definieron 3 rangos partiendo de los valores máximos y mínimos del total de los Organismos Operadores. Posteriormente los rangos definidos se normalizaron al igual que los valores de cada indicador de acuerdo a la técnica de re-escalamiento, la cual consiste en transformar los resultados de los indicadores para llevarlos a un nuevo intervalo, empleando la distancia entre los valores máximos y mínimos que el indicador adquiere.

$$Vn = \frac{(Vo - Vmin) \cdot (Qmax - Qmin)}{(Vmax - Vmin)} + Qmin \quad (2)$$

donde: Vn : valor normalizado; Vo : valor original;
 $Vmax$: valor máximo original; $Vmin$: valor mínimo

original; $Qmax$: valor máximo del nuevo intervalo;
 $Qmin$: valor mínimo del nuevo intervalo;

c) Ponderación

El intervalo propuesto corresponde a una escala de 1 a 10, teniendo en cuenta que el 10 corresponde al valor del indicador que representa un mayor grado de vulnerabilidad mientras que el 1 supone un valor con menor grado de vulnerabilidad.

Una vez normalizados los rangos y valores de cada indicador, la ponderación supone la necesidad de establecer diferentes factores de peso que den cuenta de la importancia relativa de cada indicador en el índice, para finalmente general el agregado y construir el valor del índice. De acuerdo con el trabajo de Montero (2010) en donde se realizar una proyección de las variaciones de la temperatura y precipitación para las 32 entidades federativas del país, a partir de un escenario de cambio climático, los rangos de variación de la temperatura media van de los 0° C a los 4°C. En cuanto a la precipitación media, los rangos de disminución van de -11% a -22%.

El consumo es una variable de importancia en la sensibilidad a la vulnerabilidad; de acuerdo a la información de las 9 ciudades tomadas del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO) publicado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), los rangos de consumo van de los 100 l/h/d a los 450 l/h/d.

Tanto la eficiencia física como la comercial son indicadores de la capacidad de adaptación, ya que es donde se obtiene un reflejo de la forma en que son administrados y operados los OOAPAS, en otras palabras, es donde se observan las capacidades tanto operativas como financieras que permiten o no, llevar a cabo planeación de los sistemas. Dado que el peso de cada indicador varía de acuerdo a las condiciones del Organismo Operador de Agua analizado, se asigno la misma prioridad a todos los indicadores a fin de ver reflejada su importancia una vez calculado el índice. Sin embargo, se consideró que cada rango establecido para los indicadores tiene un efecto diferente en el cálculo del índice, por lo tanto se definió una ponderación para cada rango definido dependiendo del grado de vulnerabilidad que represente



Tabla 3. Normalización y ponderación de rangos

FACTORES DE VULNERABILIDAD	INDICADOR	RANGO		PONDERACIÓN (Grado de vulnerabilidad)
		Real	Normalizado	
Grado de exposición	°C	0 - 1.0	1.00 - 3.25	1
		1.0- 2.0	3.25 - 5.50	2
		2.0 - 4.0	5.50 - 10.00	3
	% variación	-11.0 - -15.0	1.00 - 4.27	1
		-15.0 - -19.0	4.27 - 7.55	2
		-19.0 - -22.0	7.55 - 10.00	3
Sensibilidad	Consumo (l/h/d)	100 - 150	1.00 - 2.29	1
		150 - 300	2.29 - 6.14	2
		300 - 450	6.14 - 10.00	3
	Grado de confiabilidad: Costos de mto./Ingreso total	0 - 0.15	10.00 - 7.00	3
		0.15 - 0.30	7.00 - 4.00	2
		0.30 - 0.45	4.00 - 1.00	1
	Demanda/Oferita	0.20 - 0.40	1.00 - 3.25	1
		0.40 - 0.70	3.25 - 6.63	2
		0.70 - 1.0	6.63 - 10.00	3
	Grado de presión (%): Vol. Concesionado/Agua renovable	0 - 20	1.00 - 2.50	1
		20 - 40	2.50 - 4.00	2
		40 - 120	4.00 - 10.00	3
	Tarifa/Costos de producción	0 - 1.0	10.00 - 9.74	3
		1.0 - 6.0	9.74 - 8.46	2
		6.0 - 35.0	8.46 - 1.00	1
Capacidad de adaptación	Eficiencia física (%)	0.40- 0.50	10.00 - 8.50	3
		0.50 - 0.70	8.50 - 5.50	2
		0.70 - 1.00	5.50 - 1.00	1
	Eficiencia comercial (%)	0.40- 0.50	10.00 - 8.50	3
		0.50 - 0.70	8.50 - 5.50	2
		0.70 - 1.00	5.50 - 1.00	1

Tabla 4. Asignación de ponderaciones

Ponderación	Grado de vulnerabilidad
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Así, el valor normalizado de cada indicador debe de ser multiplicado por dicha ponderación a fin de que el nuevo valor sea representativo del efecto que tiene dicho indicador en el índice de vulnerabilidad. Es decir, entre mayor sea el valor obtenido mayor será el peso del indicador en el índice de vulnerabilidad.

$$Vp = Vn \cdot P \quad (3)$$



donde: V_p , valor ponderado; V_n , valor normalizado; P , ponderación

d) Agregación

El índice de vulnerabilidad representa una agregación lineal ponderada que consiste en la suma de los valores ponderados obtenidos de cada indicador.

$$I_v = \sum_{i=1}^N W_i \cdot Vn_i \quad (4)$$

donde I_v ; índice de vulnerabilidad, W_i ; ponderación del indicador i , Vn_i ; valor normalizado del indicador i .

Resultados

A continuación se describen los resultados obtenidos para los 9 Organismos Operadores de Agua analizados: (Figura 3).

De acuerdo a los resultados obtenidos, para todos los casos el incremento de temperatura representa un factor de peso en el cálculo del índice, sin

embargo, considerando las condiciones actuales, el peso del resto de los indicadores varía con el Organismo Operador analizado. La siguiente tabla muestra las variables con mayor peso para cada Organismo Operador.

Figura 1. Resultados Índice de vulnerabilidad

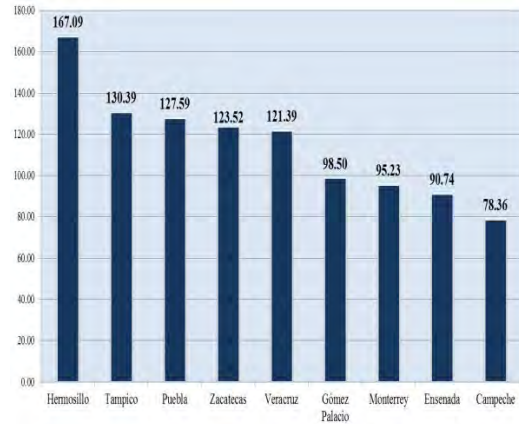


Tabla 5. Variable con mayor peso en el cálculo del índice

Organismo Operador	Variables
Hermosillo	Temperatura, precipitación, confiabilidad de infraestructura, presión hídrica, eficiencia económica
Tampico	Temperatura, demanda, disponibilidad, eficiencia económica
Puebla	Temperatura, confiabilidad de infraestructura, eficiencia económica
Zacatecas	Temperatura, confiabilidad de infraestructura, eficiencia económica
Veracruz	Temperatura, consumo, confiabilidad de infraestructura, eficiencia económica
Gómez Palacio	Temperatura, eficiencia económica
Monterrey	Temperatura, confiabilidad de infraestructura, presión hídrica
Ensenada	Temperatura, eficiencia económica
Campeche	Temperatura, disponibilidad, eficiencia comercial

Analizando los resultados por la componente del escenario de cambio climático, las variables de temperatura y precipitación presentan mayor peso en todas las ciudades. Indicando que de acuerdo a las proyecciones de Montero (2010), los incrementos de la temperatura media y la disminución de precipitación media en el periodo

2061-2090, establecen condiciones de mayor vulnerabilidad suponiendo disminuciones de la disponibilidad de las fuentes de abastecimiento actuales. Sin embargo, se considera que los OOAPAS solamente asimilarán estos efectos ya que no existen acciones que puedan generar que



mitiguen el escenario de cambio climático proyectado.

En cuanto a la componente de sensibilidad y capacidad de adaptación; en las ciudades de Hermosillo, Puebla, Monterrey, Zacatecas, los costos de mantenimiento en relación a los ingresos totales son menores al 10% lo que se ve reflejado en bajas eficiencias físicas, que suponen mayores pérdidas de agua en la red.

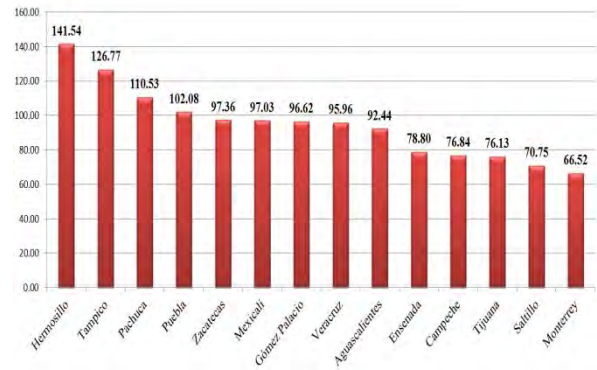
La relación tarifa-costos de producción es en la mayoría de casos, menor o cercana a uno (a excepción de Campeche y Monterrey) es decir, la tarifa no supera los costos de producción lo que puede reflejar el nivel de subsidio que puede favorecer el uso inadecuado del recurso, o bien, generar insuficiencia económica que impide ofrecer un servicio de calidad, mantener en buen estado las redes de distribución y disminuir el agua no contabilizada.

Las ciudades de Tampico y Veracruz, presentan consumos mayores a los 300 l/hab/d valores superiores a la media nacional y que en relación a la oferta actual considerada como la capacidad instalada en fuentes de abastecimiento, presentan valores mayores a 0.7, lo que aumenta su vulnerabilidad ya que ante un aumento de temperatura o de población se generaría mayor dificultad para satisfacer los consumos mínimos de agua considerando que el volumen consumido actual es cercano a la capacidad máxima de producción de agua.

Para fines de comparación y dado que no se contaba con información referente a los gastos de mantenimiento que permitieran generar la variable de confiabilidad de la infraestructura para algunos Organismos Operadores. La importancia de este indicador radica en el monto de gasto ejercido en el mantenimiento de la infraestructura actual, que reflejaría conservar (al menos) los niveles de eficiencia física de los sistemas.

De manera general al igual que los Organismos Operadores analizados anteriormente las variables de temperatura, presión hídrica y eficiencia económica representan para la mayoría de los casos un factor importante y con peso en el cálculo del índice, sin embargo considerando la importancia de la variable confiabilidad de la infraestructura, resulta necesario generar el índice con todas las variables recomendadas.

Figura 2. Índice de vulnerabilidad sin variable de confiabilidad de la infraestructura



Conclusiones

La información empleada para la generación del índice presenta algunas inconsistencias entre periodos lo que dificulta comparar el total de las ciudades. Así mismo, esta información requiere una validación de su confiabilidad, ya que el PIGOO recibe la información de los OOAPAS que la otorgan de forma voluntaria, lo cual puede ocultar deficiencias de la misma.

De acuerdo a los resultados, un OOAPA puede presentar distintos grados de vulnerabilidad dependiendo la variable analizada. Sin embargo, un OOAPA que presente un desempeño "aceptable" en la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, puede haber desarrollado capacidades para afrontar los efectos del cambio climático, tomando en consideración la existencia de excedentes de ingresos disponibles para invertirse en mejoras a la operación e infraestructura.

No obstante es de suma importancia considerar todas las variables ya que los resultados reflejan los efectos del cambio climático y en consecuencia un indicativo de las estrategias de adaptación que deberán generarse para disminuir la vulnerabilidad y asegurar el abastecimiento de agua en las ciudades. Para los fines de este estudio, el cálculo del índice de vulnerabilidad es únicamente una herramienta que permitirá plantear aquellas variables que pueden poner a prueba la capacidad de respuesta de la organización y posteriormente evaluar los costos que implican plantear un conjunto de medidas enfocadas a reducir dicha vulnerabilidad.



Incorporar un análisis de vulnerabilidad en el proceso de planificación de los OOAPAS bajo el enfoque de cambio climático, implica inevitablemente seleccionar y establecer prioridades entre los impactos del cambio climático, las diferentes opciones disponibles para adaptarse a los impactos que se consideran significativos y el costo económico que implica invertir en medidas de adaptación que permitan minimizar dichos impactos.

Fuentes de consulta:

1. CONAGUA. (2011). *Estadísticas del Agua en México, edición 2011*. México: SEMARNAT.
2. CONAGUA. (2011). *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2011*. México: SEMARNAT.
3. IMTA. (2009). *Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores*. Recuperado el 25 de Junio de 2012, de Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <http://www.pigoo.gob.mx>
4. INEGI. (2011). *Panorama censal de los organismo operadores de agua en México: Censos Económicos 2009*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
5. IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007, Informe de síntesis, Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC*. Ginebra, Suiza.
6. IPCC. (2008). *El cambio climático y el agua. Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra.
7. Montero, J. (2010). Escenarios climáticos en México proyectados para el siglo XXI: precipitación y temperaturas máxima y mínima. *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*, 36-63.
8. Naro, M. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

Temas objeto de investigación futura:

- Funciones de demanda bajo escenarios de cambio climático
- Estimación de costos de vulnerabilidad de los OOAPAS ante el cambio climático
- Esquemas de evaluación económica de proyectos de inversión en los OOAPAS valorando los costos del cambio climático



Ejes de la sustentabilidad

Cruz García Lirios¹, Javier Carreón Guillén² y Jorge Hernández Valdés³

¹ Colegio Tecnológico de México, campus Zaragoza garcialirios@gmail.com

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración javierg@unam.mx

³ Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Trabajo Social jorheval@unam.mx

Resumen

El objetivo del presente trabajo es plantear ocho ejes para el análisis de las problemáticas hídricas. La relación entre disponibilidad y consumo de agua perteneciente a la red de abasto público es descrita para establecer un sistema de tarifas de consumo ajustado a los ámbitos situacionales hídricos. En el caso de las tarifas de consumo hídrico, éstas parecen obedecer a políticas públicas “clienterales” que hacen injusto el sistema de cobro, subsidio, sanción, cotización y transparencia. La prevalencia del sistema clientelar incentiva las problemáticas hídricas e incrementa los conflictos entre ciudadanía y Estado a través de redes vecinales en contra de autoridades administrativas. En el futuro, la tendencia de disponibilidad y consumo hídrico parece esbozar una situación de escasez extrema en el que los conflictos por el abasto de agua serán un indicador para explicar crisis económica, política, social e individual.

Palabras claves; Disponibilidad, Distribución, Suministro, Consumo, Tarifa y Sustentabilidad Hídrica.

Introducción

Se exponen las tendencias situacionales hídricas globales hasta locales para proyectar las sustentabilidades hídricas correspondientes. En este sentido, las políticas públicas son esenciales para establecer los costos de la oferta hídrica. Sin embargo, la participación ciudadana, comunitaria y barrial también es fundamental en el establecimiento de precios unitarios de agua.

De este modo, en el ámbito global, la sustentabilidad hídrica esta determinada por políticas públicas que incentivan el ahorro de agua a través de estándares internacionales tarifarios. El precio del agua sería una consecuencia de convenios internacionales en los que los países firmantes se comprometen a disminuir sus procesos agrícolas, industriales y comerciales. El costo unitario estaría definido por el nivel de disponibilidad per cápita. Una mayor cantidad de agua para cada

persona implicaría un costo estándar para demandante. Un consumo superior a un umbral incrementaría exponencialmente el precio unitario. A nivel global, los costos se reducirían y los beneficios se incrementarían sustancialmente. Sin embargo, los presidentes o ministros no pueden tomar decisiones globales sin comprometer el desarrollo local.

En este sentido, en el nivel continental, la relación entre el norte industrial y el sur agrícola, el comercio entre los bloques económicos, incide directamente en los flujos financieros y migratorios que deben ser considerados en la ecuación de una política pública para la sustentabilidad hídrica. En el ámbito de los continentes, es establecimiento de un sistema de cobro del servicio de agua es más factible si se consideran los acuerdos comerciales entre los integrantes de los bloques económicos.

En tanto grupo geopolítico, una política pública de tarifas estaría orientada al subsidio de los ciudadanos ricos para la subsistencia de los residentes pobres. Se trata de un sistema tarifario en el quienes tienen un mayor poder adquisitivo pagan una tarifa estándar que incluye el financiamiento de aquellos que viven en la exclusión, marginalidad o vulnerabilidad. No obstante, los localismos siguen teniendo un peso específico al momento de establecer las tarifas estándar y por ello se requiere revisar el ámbito nacional para esclarecer los factores que impiden la sustentabilidad a nivel continental.

Una causa de los bloques económicos han sido los nacionalismos. Desde los conflictos nacionalistas que llevaron a Europa a crear un mercado común, hasta los regionalismos que hoy promueven el derrumbe de monarquías en África y Medio Oriente, las ideologías locales han determinado el devenir del las sociedades. En México, los conflictos por el derecho al agua han sido paliados con políticas públicas centralistas y federalistas en las que se justifica la extracción y distribución de una cuenca a



otra. El Estado, a través de las estimaciones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), el Banco de México (BM) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), ha establecido las políticas públicas orientadas al crecimiento económico más que al desarrollo sustentable. El Estado soslayado los derechos y patrimonios hídricos de las comunidades rurales y los barrios urbanos. En tal sentido, cada unidad de agua tiene un precio diferente e inequitativo. El agua es barata para quienes tienen mayor poder adquisitivo y consumen más. En cambios los grupos que ahorran agua, a pesar de estar desempleados o subempleados, pagan cinco veces más su costo real. Sin embargo, la política hídrica nacional está diversificada a nivel estatal.

En un país federalista, los gobiernos estatales son un contrapeso a la omnipresencia del ejecutivo. Una iniciativa del presidente puede ser modificada por la cámara alta y baja, el congreso estatal y el gobernador. Si a esto se agrega la altitud en la que viven las comunidades rurales y los barrios urbanos, tenemos que los estados legislarían un sistema de tarifas diferencial para cada entidad. Por ello, la sustentabilidad hídrica estatal tendría en las finanzas de los estados su principal obstáculo. A menudo, los gobiernos estatales gastan más de lo que reciben por parte de la federación. Esto propicia los organismos operadores nacionales y locales busquen acuerdos para construir un sistema de subvención que beneficie con bajos precios a los usuarios. El resultado, es una acción pública organizada para el cobro pero desorganizada para el suministro. Sin falta, los recibos son distribuidos a los usuarios pero el servicio de agua es intermitente. Por ello, la sustentabilidad hídrica estatal beneficia a las urbes en detrimento de las zonas rurales.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es un caso paradigmático de la tendencia hídrica en la historia de la humanidad. Desde siempre, la ZMVM ha sido depositaria de precipitaciones, filtraciones y descargas de ríos y lagunas. Podría asegurarse que desde la fundación del Valle de México había una evidente sobrecarga. Al pasar los siglos y las culturas la cuenca se ha ido vaciando. Se estima que la tendencia de extracción actual alcanzaría para unas dos o tres décadas hasta comprometer su estructura. Esta complejidad geográfica no es menor a la complejidad sociopolítica. El Valle de México está administrado por tres entidades con sus respectivos congresos. Una política hídrica metropolitana estaría definida por representantes de diferentes localidades con

diferentes necesidades, expectativas y capacidades de consumo. No obstante, el Sistema Político Mexicano (SPM) se caracteriza por homogeneizar las demandas de la gente y las ofertas correspondientes. A partir de este rasgo político estructural, una política hídrica de sistema de precios es en realidad, un sistema de concesiones, subsidios y condonaciones. Se trata de una política pública que no necesita ser legislada para ser implementada. En tiempos electorales, la eficacia del sistema político utiliza al servicio de agua potable como su instrumento de promoción, definición y elección de candidatos y representantes. De esta manera, la sustentabilidad hídrica metropolitana es discrecional, proselitista y clientelar. Consecuentemente, a nivel delegacional, la corrupción, el nepotismo y el clientelismo son sus componentes principales.

Una consecuencia de la complejidad del Valle de México son sus demarcaciones delegacionales y municipales. La diversidad de factores que influyen en la sustentabilidad hídrica metropolitana también incide en la sustentabilidad hídrica a nivel delegacional. Sin embargo, las delegaciones se agrupan en dos grupos: incluyentes y excluyentes.

Las primeras presentan una densidad poblacional baja y altos ingresos que permitirían solventar un incremento exponencial de las tarifas. Las segundas presentan hacinamiento, desempleo o subempleo con ingresos insuficientes para costear una variación mínima del precio unitario del agua. En el caso de la delegación Iztapalapa, habría que añadir la altitud y la corrupción en la que viven los barrios con mayor desabasto e insalubridad. Se trata de una delegación en la que convergen diversos factores y acerca a una crisis hídrica a sus pobladores. Esta situación propicia el surgimiento del emplazamiento o intenciones-acciones de inconformidad, protesta, confrontación o boicot encaminados a obtener una mayor cantidad de agua. Es así como la sustentabilidad hídrica en Iztapalapa requeriría de tarifas ajustadas a los usos y costumbres de sus pobladores que combaten la corrupción pero al mismo tiempo aceptan el clientelismo. En este sentido, los estilos de vida familiares-residenciales complementan sus movilizaciones colectivas.

En el ámbito residencial, el desabasto de agua es la tendencia principal que llevaría a las familias al acaparamiento, la dosificación y la seudoreparación de fugas. En efecto, un sistema de tarifas ajustado a



las estrategias de austeridad implicaría umbrales de consumo determinados por el número de residentes, sus actividades económicas y tipos de esparcimiento. En el nivel de los grupos familiares-residenciales la sustentabilidad hídrica significa un pago subvencionado a quienes ahorran agua y un precio exponencial a quienes la derrochan o acaparan. Las habilidades de consumo yseudoreparación de fugas implicarían una subvención menor que se ajustaría a un precio estándar considerando la tendencia a futuro.

Finalmente, las tendencias hídricas expuestas proyectan escenarios futuros en los que la densidad urbana es un problema global, nacional y local que afecta la sustentabilidad hídrica. Es decir, la disponibilidad per cápita esperada para los próximos años es una consecuencia de las políticas públicas que buscan frenar la tendencia hídrica más que hacerla sustentable. En ese sentido, es predecible la desaparición de sistemas estándares, subsidiados, situacionales, Intervalares o umbrales de tarifas. En su lugar, un nuevo sistema de precios deberá implementarse para subsanar las fallas estructurales. Se trata de un sistema de tarifas determinado por las contingencias hídricas globales hasta locales.

Las políticas públicas determinan las sustentabilidades hídricas globales, continentales, nacionales, estatales, metropolitanas, delegacionales, residenciales y prospectivas. Las políticas públicas tratan de organizar los factores determinantes de la disponibilidad hídrica a partir de parámetros tarifarios para el financiamiento de la sustentabilidad hídrica. Un incremento en el precio unitario del servicio de agua impacta directa, positiva y significativamente en su optimización y ahorro.

Eje Global

Las situaciones hídricas globales están significativamente relacionadas con el tamaño de la población, su distribución y densidad. En 1960 el Club de Roma, con base en las observaciones del economista David Ricardo realizadas en el siglo anterior, fue el primer grupo científico ambientalista que demostró una asociación directa entre el aumento de la población y el decremento de los recursos hidro-energéticos. Sin embargo, esta ley distributiva fue utilizada por los gobiernos para responsabilizar a los individuos en torno a su reproducción exponencial e indiscriminada. Los Estados consideraban que los individuos, debían

reproducirse en función del crecimiento económico y avances tecnológicos (Leff, 2002: 2004). La Guerra Fría pareció incidir más en la sobrepoblación de los países desarrollados y periféricos, con ello se inició el desequilibrio entre la disponibilidad de recursos y las necesidades de las generaciones antecesoras, actuales y sucesoras (Guillén, 2007). En efecto, el Club de Roma sólo había establecido la relación inversa entre la cantidad de recursos naturales, su consumo y su renovación, pero no consideró en sus diagnósticos los determinantes simbólicos tales como; normas, valores y creencias que impiden a la humanidad desarrollarse sostenidamente.

Sin embargo, en su informe correspondiente a 2010, la Agencia Europea de Estadísticas del Agua (AQUASTAT) advierte una tendencia histórica en la que la disponibilidad de recursos disminuye en función del incremento poblacional, las necesidades, las capacidades y las expectativas de consumo urbanas.

En efecto, con la migración del campo a las ciudades, los estilos de vida se modificaron. El incremento poblacional rural, la densidad urbana y el crecimiento económico determinaron nuevas normas, valores y creencias en torno a la naturaleza que la consideraron un conjunto de recursos inagotables e inconmensurables. Actualmente, la tendencia parece orientarse hacia un rumbo en el que la industrialización manufacturera ya no es la responsable del desequilibrio entre la disponibilidad de recursos y la tasa poblacional. Ahora, que la población ha reducido su tendencia, sus necesidades, capacidades y expectativas de consumo parecen ser las causas del mayor consumo hídrico de la historia. Es así como la agricultura y la industria son los mayores demandantes de agua y los acuíferos subterráneos los mayores proveedores.

La situación hídrica global parece estar determinada por el crecimiento económico que, una vez resueltas las necesidades básicas, incrementó las capacidades y las expectativas de consumo. A pesar de que la tendencia poblacional se ha reducido, las desigualdades entre los países desarrollados y las naciones emergentes, parecen determinar la drástica disminución de agua per cápita

En este sentido, la sustentabilidad hídrica global estaría indicada por *políticas globales que se fundamentan en el establecimiento del costo unitario*



del agua a partir del crecimiento poblacional, la distribución, escasez, disponibilidad, utilización, exclusión e inversión. Si esta es la tendencia global, entonces habría que observar los datos correspondientes a los continentes para corroborar dicha tendencia.

Eje Continental

La situación hídrica continental esta indicada por diferencias contradictorias entre capital, disponibilidad, extracción, suministro y migración. Existe una relación inversa entre el capital hídrico de cada continente y la disponibilidad per cápita. Mientras el primero se mantiene constante, el segundo presenta una acelerada disminución en los últimos años. Este escenario, contrasta con los niveles de extracción en los que las cuencas están altamente sobreexplotadas, pero la oferta presenta un suministro desacelerado. Incluso el factor migratorio de continentes con baja disponibilidad hídrica a continentes con mediada disponibilidad, disminuye sustancialmente la cantidad per cápita. En este sentido, la situación hídrica continental estaría determinada por los flujos migratorios que a su vez están determinados por los flujos financieros. Es decir, un incremento en la inversión extranjera directa (IED) propicia un incremento en la migración de la parte sur de los continentes a la latitud norte. Con ello, la disponibilidad hídrica es incierta en las comunidades rurales y los barrios urbanos (Wong, 2004).

Ante una situación hídrica continental determinada por los flujos financieros y migratorios, la sustentabilidad hídrica continental estaría indicada por *políticas públicas regionales de los bloques económicos que se fundamentan en el establecimiento de tarifas unitarias de agua determinadas a partir de las contradicciones entre capital, extracción, disponibilidad, suministro y migración*. Es decir, la tendencia situacional hídrica parece indicar un desequilibrio entre la disponibilidad hídrica y las necesidades humanas. Sin embargo, existiría agua suficiente si se distribuyera equitativamente a lo largo de los continentes. Por su puesto, esta tendencia impacta directamente en la situación hídrica nacional.

Eje Nacional

La situación hídrica nacional está determinada por una diversidad de factores socioambientales; la extensión territorial, huracanes, desastres, inversión pública, volumen de cuencas, acuíferos, presas, nivel de extracción, incremento de población,

urbanización, disponibilidad, calidad, utilización, suministro, fugas, escurrimientos, agricultura, industrialización, termoeléctricas, déficit, contaminación, tratamiento y exclusión.

A partir de los diagnósticos de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) y la Comisión Nacional de Población (CONAPO), se destaca una consecuencia de la migración del sur al centro y norte del país que es la exclusión. Debido a la centralidad federativa, la agricultura se concentra en el centro del país, pero son la industria y el comercio los que demandan un mayor volumen de agua para dar trabajo a un alto porcentaje de la población económicamente activa. Sin embargo, la disponibilidad per cápita en el centro del país es muy baja si se compara con el sur en la que la cantidad de agua por persona es muy alta, pero cuya función productiva es menor en actividad y salario con respecto a los trabajadores del norte que sufren una escasez severa de agua (Aldama, 2004). Incluso, es importante señalar que un factor de exclusión hídrica en el norte del país es su alto porcentaje de comunidades que se localizan a una altitud superior a los 2000 metros en los que el costo de energía para bombeo superaría al precio unitario del agua (Toledo, 2002).

Es así como, la situación hídrica del centro país determinaría la sustentabilidad hídrica nacional puesto que en ella se ubica el poder federal que administra las finanzas nacionales. En este sentido, la inversión parece emerger como un factor determinante de las causas y consecuencias expuestas. Es decir, un incremento en la demanda equitativa del agua implicaría un aumento en el costo de oferta. La sustentabilidad hídrica nacional estaría indicada por *políticas públicas fundamentadas en el establecimiento del precio unitario del agua a partir de sus condiciones ambientales y tendencias económicas orientadas a la distribución equitativa entre los residentes del sur, centro y norte del país*. Sin embargo, a nivel estatal, otros factores parecen ajustar el concepto de sustentabilidad hídrica a los derechos y cultura del agua.

Eje Estatal

En un nivel estatal, la situación hídrica está determinada por el volumen de sequías, población, densidad, infraestructura, extracción, suministro, fugas, disponibilidad, utilización, consumo, recarga, recaudación, déficit e inequidad.



En este sentido, son las ciudades y su dinámica industrial, comercial y consumista los que monopolizan el abastecimiento sobre las disponibilidades de las comunidades rurales y los barrios periféricos (Santos, 2004). En efecto, las ciudades con más de 500 mil habitantes presentan una demanda de consumo y consecuente oferta de servicio, muy alta en comparación con los residentes de comunidades rurales en las que se encuentran los acuíferos que proveen a las ciudades, sus industrias y centros de comercio (Breña, 2007). Esta inequidad se agrava si se considera que las comunidades más excluidas habitan a una altitud superior a los 2000 metros.

Respecto a la extracción, distribución y provisión de las zonas rurales a las urbes, existen dos factores que inciden directamente en la sustentabilidad hídrica de los estados: la evaporación y el escurrimiento. A menudo, la extracción, distribución y provisión de agua pierde alrededor del 60 por ciento de su volumen en fugas que son causadas por las deficiencias de las redes de distribución y suministro. Estos factores no sólo disminuyen las oportunidades de crecimiento de las urbes sino que afectan en su per cápita energético ya que la extracción, distribución y provisión requiere de grandes cantidades de energía para su bombeo, traslado y disposición. En consecuencia, la sustentabilidad hídrica estatal está directamente relacionada con la situación energética nacional.

Es así como la sustentabilidad hídrica estatal estaría indicada por *las políticas públicas que establecen mecanismos de subsidio, sanción y costo unitario de agua a partir de las temporadas de lluvias y sequías, la altitud de las urbes y comunidades, la situación energética, la tecnología de captación y reparación de fugas.*

Si la tendencia hídrica estatal está enfocada a las urbes, entonces habría que esclarecer la situación hídrica de la Zona Metropolitana del Valle de México para vislumbrar una situación prospectiva para las demás metrópolis.

Eje Metropolitano

La Zona Metropolitana del Valle de México es una urbe compleja en la que pueden observarse las situaciones hídricas y alternativas de sustentabilidad para las demás urbes que crecen en la misma proporción.

La segunda metrópoli más grande del mundo exhibe una situación hídrica en la que convergen e interactúan factores tales como; territorio, población, urbanización, densidad, precipitaciones, acuíferos, evapotransmisión, inversión, sistemas, extracción, presión, sobreexplotación, importación, suministro, disponibilidad, utilización, industrialización, consumo, fugas, residuos, hundimiento, erosión, drenaje, saneamiento, reuso, recaudación y exclusión.

Sin embargo, las instituciones y los académicos especialistas coinciden en que la sobreexplotación de la cuenca es el factor principal que impediría el desarrollo sostenible de la ZMVM. Es decir, dado que la población se ha incrementado, la densidad se ha intensificado, la migración se ha exponenciado y la urbanización se ha expandido, la disponibilidad hídrica per cápita se ha reducido a niveles inferiores a la media nacional y mundial (Díaz, 2007). No obstante, una distribución y suministro eficiente son suficientes para paliar la problemática (Morales y Rodríguez, 2007). Se estima que en los próximos años los gobiernos del Distrito Federal y el Estado de México deberán cambiar su política de oferta por uno de demanda, ajustando con ello, las tarifas, sanciones y subvenciones del servicio de agua potable, saneamiento y reutilización (Hernández, 2004).

La nueva política pública para la sustentabilidad hídrica metropolitana estará en una disyuntiva coyuntural: la sustentabilidad hídrica o el crecimiento económico. En el Estado de México (EDOMEX), ante las inversiones privadas para la industrial y el comercio, la disponibilidad hídrica deberá aumentar significativamente para garantizar el abasto a la producción manufacturera que actualmente representa el 20 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) nacional. En este sentido, se avecina un aumento del precio unitario a la par de la eliminación de subsidios y el incremento en las concesiones de los acuíferos. En contraste, en el Distrito Federal (DF), la regulación de concesiones, los límites a las inversiones y la política de precios parecen orientarse a una sustentabilidad hídrica determinada por el turismo de 20 millones anuales y el apoyo político electoral de los barrios suburbanos vía los subsidios o condonaciones.

En opinión de los expertos, la sustentabilidad hídrica también está condicionada por el periodo de precipitaciones y el volumen de recarga. Se estima que el Emisor Oriente, un megaproyecto de drenaje



que transferirá el agua residual de la cuenca del Valle de México a la cuenca de Tula, distribuirá un 6 por ciento del agua pluvial. A decir de los científicos, si se capta, almacena, distribuye y suministra el volumen de precipitaciones, se garantizará la disponibilidad actual per cápita.

No obstante, la industria parece contravenir la recomendación científica al extraer de la cuenca cerca del 80 por ciento de su abasto y filtrar cerca del 90 por ciento de sus residuos al drenaje público sin un tratamiento de por medio.

De este modo, la sustentabilidad hídrica metropolitana estaría indicada por *políticas públicas que subvencionan a la agricultura, la industria y la ciudadanía, los costos reales y establecen un sistema tarifario discrecional a partir de intereses político electorales*. Este sistema de recaudación debiera influir en la sustentabilidad delegacional. Sin embargo, se observa una tendencia diferente.

Eje delegacional

La situación hídrica delegacional, al ser un ámbito local, está determinada por la capacidad de gestión gubernamental y la autogestión comunitaria (Breña, 2004; Medina, 2004)). De este modo, la situación hídrica delegacional incluye; población, densidad, disponibilidad, utilización, cobertura, consumo y exclusión.

Sin embargo, en el caso de las delegaciones del DF, principalmente en Iztapalapa, tanto la gestión como la autogestión son inciertas. Es posible observar que de acuerdo a la delegación es la situación y sustentabilidad hídrica. Aquellas delegaciones con una mayor densidad poblacional enfrentan graves problemas de desabasto, corrupción e insalubridad (Becerra, Sainz y Muñoz, 2006). En contraste, las delegaciones con mayor ingreso económico per cápita tienen una mayor cantidad de agua disponible por persona.

La situación hídrica delegacional muestra una tendencia a disminuir el precio unitario de agua salubre en las delegaciones con mayor ingreso económico y por el contrario, en las delegaciones con desempleo, el costo del agua potable se incrementa exponencialmente. Alrededor del 20 por ciento del ingreso familiar es invertido en la compra de garrafones en las delegaciones con menor ingreso económico.

La sustentabilidad hídrica delegacional estaría indicada por *políticas públicas que establecen una*

tarifa por unidad de agua a partir del ingreso económico y el clientelismo electoral.

En el caso de la delegación Iztapalapa, la altitud, migración, densidad, corrupción y clientelismo influyen directamente en la disponibilidad per cápita. La situación hídrica es constante si se considera que el desabasto por deficiencia infraestructural, rentabilidad política o densidad poblacional converge en un escenario de escasez e insalubridad que propicia emplazamientos contrarios a la gestión o autogestión.

En este sentido, los conflictos por la corrupción y el desabasto han determinado que los habitantes de Iztapalapa transiten de las declaraciones inconformes a las confrontaciones contra sus autoridades y vecinos (Sainz y Becerra, 2003). La sustentabilidad hídrica en Iztapalapa estaría indicada por *el emplazamiento de las comunidades y los barrios ante los subsidios clientelares*. Es decir, frente a las subvenciones proselitistas, las comunidades y los barrios protestan declarando su malestar en la prensa, amenazando a sus autoridades y organizando boicots, cierres de avenidas, marchas y mítines para la regularización del servicio. Este emplazamiento se complementa con estrategias de ahorro ante la crisis de escasez a nivel residencial.

Eje Residencial

A pesar de que en las situaciones globales y locales parecen influir las políticas públicas ajustadas a un mercado de oferta y demanda, la situación hídrica residencial está condicionada por la provisión, consumo y fugas.

A nivel residencial, la disponibilidad hídrica presenta una problemática diferente si se considera a la casa habitación como un espacio de confort y seguridad determinado por las dimensiones y el sistema de almacenamiento. Una residencia amplia tendría una mayor capacidad de almacenamiento y con ello garantiza las necesidades de aseo personal o limpieza de utensilios, riego de jardín, lavado de auto e hidratación. En cambio, los habitantes de departamentos ven reducida sus posibilidades de confort al compartir el recurso con sus vecinos.

En este sentido, las fugas por el deterioro de las instalaciones o ausencia de mantenimiento, comprometen el confort esperado. Se estima que al 60 por ciento que se evapora o escurre en la red del suministro habría que agregarle el 40 por ciento de fugas caseras y del agua utilizada, un alto



porcentaje destinada al excusado (Goicoechea, 2004).

Ahora bien, la situación de desabasto ha incidido en las prácticas de acaparamiento, dosificación y seudoreparación. Es decir, en las colonias excluidas del servicio de agua potable, la gente aprendió a optimizar el agua en el almacenamiento, aseo personal, el lavado de utensilios y la reutilización para el excusado. Principalmente, en los asentamientos irregulares, el número de utensilios determinada el traslado y provisión diarios. En estos grupos, la gente espera alrededor de tres a cinco horas la pipa que les venderá el agua. Estas familias también buscan agua en la red del suministro para ordeñarla.

En algunos casos, se trasladan a colonias o delegaciones vecinas para comprar colectivamente garrafones cuyos precios oscilan entre cinco y 30 pesos dependiendo de la temporada del año. Una fuga en el suministro de abastecimiento reduce sustancialmente su provisión y consumo diarios. Por ello, realizan seudoreparaciones improvisadas y temporales para retener el líquido. Estos grupos también tienden a filtrar el agua que cada tres o cuatro semanas les envía el sistema con un color oscuro y olor podrido.

Quizá la mayor problemática se concentre en el acaparamiento que efectúan las familias con más integrantes, mayor tiempo de espera y número de utensilios. En efecto, si la exclusión hídrica a nivel global y local se refiere a la disponibilidad inequitativa del agua, la exclusión residencial se refiere a la distribución sesgada por el soborno de los afectados hacia los piperos.

En tal sentido, la sustentabilidad hídrica residencial estaría indicada por *el acaparamiento, la dosificación y las seudoreparaciones domésticas*. A partir de las tendencias hídricas expuestas es posible establecer la tendencia que se espera a diez, 20 o 30 años.

Eje Prospectivo

En los próximos años, la tendencia de las situaciones hídricas globales y locales ofrece un escenario que comprometerá el desarrollo sustentable. Evidentemente, la sustentabilidad hídrica implicará el financiamiento de un sistema de extracción, captación, distribución, suministro, consumo, saneamiento y reutilización fundamentado en el precio contingente de cada unidad hídrica

demandada por la agricultura, industria, comercios y doméstico (Castillo, 2004).

Los expertos señalan que a pesar de las acciones emprendidas para evitar un escenario de crisis de agua y fomentar una cultura de ahorro de agua, habrá consecuencias exponenciales en la proliferación de enfermedades hidrotransmitidas, hambrunas, migraciones y conflictos que propiciarán cambios económicos, políticos y sociales sin precedentes.

A diferencia de la actual tendencia en la que la situación hídrica global parece no influir significativamente en los ámbitos nacional y local, la tendencia hídrica del futuro determinará directa, negativa y sustancialmente el crecimiento económico de las naciones y el desarrollo local de sus urbes.

En México, el aumento de la población y el hacinamiento proyectan una concentración en las urbes y con ello un deterioro en las cuencas que los abastecen. Al aumentar el número de ciudades con más de 500 mil habitantes, el intercambio entre las cuencas será limitado. Habrá una competencia por el recurso hídrico que propiciará conflictos de todo tipo y con ello el incremento de la brecha hídrica entre quienes pueden comprar y aquellos que sólo podrán usurparla de las redes.

En un escenario como el que se proyecta, la tecnología jugará un papel importante en la optimización del agua. Ya no serán suficientes las conductas austeras, ahora incluso entre quienes han sido excluidos, la adquisición de captadores, almacenadores y filtradores será fundamental para enfrentar la escasez e insalubridad que se avecina.

En el caso del Valle de México, la disponibilidad per cápita será insuficiente para el uso doméstico. La industria tendrá que invertir en el saneamiento y reciclaje de agua para subsistir. El Estado habrá de racionalizar la demanda hídrica cambiando radicalmente su política de oferta. La administración gubernamental incrementará las tarifas, eliminará los subsidios y sancionará con rigor el despido en todos los sectores.

En consecuencia, la sustentabilidad prospectiva estará indicada por *políticas públicas que establezcan un precio unitario del agua a partir de contingencias hídricas*. Es decir, *la tarifa del servicio de agua estará determinada por las variaciones de disponibilidad per cápita. Un aumento de la cantidad*



de agua por persona significará un aumento del costo del servicio.

Conclusión

El presente ensayo ha descrito ocho ámbitos, situaciones y tendencias de disponibilidad, suministro y consumo hídrico en torno a los cuales es posible inferir políticas públicas exiguas en su atinencia para atender las problemáticas hídricas de escasez, abasto intermitente e insalubridad relativa al sistema de agua potable. En tal sentido, el establecimiento de una agenda pública alusiva a la distribución equitativa de suministro y cobro del servicio de agua potable incluiría las variables expuestas para determinar un sistema de cuotas, sanciones o subvenciones a la ciudadanía.

No obstante, la tendencia de las situaciones hídricas en cada uno de los ámbitos descritos parece indicar que el suministro de agua obedece a un sistema sociopolítico clientelar en el que la escasez o el abasto intermitente de agua es un indicador de ineficiencia de las políticas públicas relacionadas con las problemáticas hídricas.

La descripción de los ámbitos situacionales y las tendencias de suministro y consumo son evidencia de la complejidad de las problemáticas hídricas. Se trata de una relación asimétrica entre el Estado y la ciudadanía en el que la distribución de los recursos es un factor que inhibe el desarrollo Sustentable. Es decir, el porcentaje de fugas identificadas en la red pública es similar al porcentaje de fugas estimadas a nivel residencial: 40 por ciento de agua que se pierde por fugas de la red principal y 40 por ciento de agua que se filtra en el excusado.

Ambas problemáticas serían explicables desde la cognición humana, pero las Ciencias Sociales se han enfocado en el análisis de las relaciones de poder entre usuarios y autoridades. Explicar el dispendio de agua en un contexto de escasez desde las relaciones pragmáticas entre residentes y gestores del servicio público, atribuir las problemáticas a la corrupción del sistema político mexicano, la mínima inversión en la red de abasto público o en la naturaleza de la oferta y demanda, puede ser complementada con el análisis de las normas, valores, percepciones, creencias, actitudes, conocimientos, competencias, intenciones y comportamientos personales.

Referencias

1. Agencia de Estadísticas sobre el Agua (2010) *Estadísticas del agua*. Nueva York: FAO-AQUASTAT
2. Aldama, A. (2004). *El agua en México: una crisis que no debe ser ignorada*. En M. A. Villa y Saborio, E. (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable (pp. 11-31). México: Porrúa-UAM
3. Banco de México (2000). *Las remesas familiares en México*. México: Banxico
4. Becerra, M., Sainz, J. y Muñoz, C. (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. *Gestión y Política Pública*. 15 (1), 111-143
5. BREÑA, Agustín. (2004). Gestión integral del recurso agua. En Jacobo. Villa., Saborio, Marco. Y Saborio, Elsa. (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 39-54) México: Porrúa-UAM
6. BREÑA, Agustín. (2007). La problemática del agua en zonas urbanas. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 69-92). México: Porrúa-UAM
7. Castillo, I. (2004). *Calidad del agua y saneamiento*. En M. Villa y E. Saborio (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 255-266) México: PorrúaUAM
8. CHÁVEZ, Rubén. (2004). El manejo sustentable del agua subterránea. En Jacobo. Villa., Saborio, Marcos y Saborio, Elsa. (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 133-138) México: Porrúa-UAM
9. Comisión Nacional del Agua (2010). *Estadísticas del Agua en México*. México: CONAGUA
10. Consejo Nacional de Población (2005). *Situación demográfica de México*. México: Conapo
11. CORRAL, Víctor. (2010). Psicología de la sustentabilidad. Un análisis de lo que nos hace proecológicos y prosociales. México: Trillas
12. CORRAL, Víctor. Y PINHEIRO, José. (2004). "Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable". Medio Ambiente y Comportamiento Humano. 5, 1-26.



13. CUNILL, Nuria. (1991). Participación ciudadana. Dilemas y perspectivas para la democratización de los estados latinoamericanos. Caracas: CLAD
14. DÁVILA, Hilda. y CONSTANTINO, Roberto. (2007a). Hacia una metodología alternativa para la determinación de las tarifas aplicadas al consumo de agua en el sector doméstico urbano del Valle de México. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia. (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 179-216). México: Porrúa-UAM
15. DÁVILA, Hilda. y CONSTANTINO, Roberto. (2007b). Sistema de uso de derechos de agua potable en el Distrito Federal. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia. (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 149-178). México: Porrúa-UAM
16. DÍAZ, José. (2007). El agua en el contexto de las ciudades sustentables. En Morales, Jorge. Y Lilia. Rodríguez (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 335-349). México: Porrúa-UAM
17. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (2010). *Pobreza infantil en países ricos*. Nueva York: UNICEF
18. GOICOECHEA, Julio. (2004). Servicios domiciliarios de agua y drenaje en México: cobertura relativa y convergencia. En Jacobo. Villa, Saborio, Marco. y Saborio, Elsa. (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 111-132) México: Porrúa-UAM
19. GOICOECHEA, Julio. (2007). Desempeño económico de la Península de Yucatán: agua potable y organismos operadores. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 259-286). México: Porrúa-UAM
20. Guillén, A. (2007). *Mito y realidad de la Globalización Neoliberal*. México: UAM-Porrúa
21. HERNÁNDEZ, Felipe. (2004). La administración del negocio del agua. En Jacobo. Villa, Saborio, Marco. Y Saborio, Elsa. (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 329-336) México: Porrúa-UAM
22. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010). *XII Censo Nacional de Población y Vivienda*. México: INEGI
23. Leff, E. (2002). *Saber ambiental*. México: Siglo XXI
24. Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI
25. LÓPEZ, Mario. (2004). El programa de modernización del manejo del agua: avances y perspectivas. En Jacobo. Villa., Saborio, Marco. y Saborio, Elsa. (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 103-110) México: Porrúa-UAM
26. Medina, R. (2004). *Participación ciudadana en gestión del agua*. En M. A. Villa y E. Saborio (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 329-338) México: Universidad Autónoma Metropolitana
27. MORALES, Jorge. y RODRÍGUEZ, Lilia. (2007a). Desempeño de la industria manufacturera en el uso del agua en México. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 287-324). México: Porrúa-UAM
28. MORALES, Jorge. y RODRÍGUEZ, Lilia. (2007b). El problema del agua en las grandes ciudades, el caso del Área Metropolitana del Valle de México. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 15-68). México: Porrúa-UAM
29. MORALES, Jorge., RODRÍGUEZ, Lilia. Y GONZÁLEZ, Abelardo. (2007). Demanda de agua por la industria manufacturera del Área Metropolitana del Valle de México. En Jorge. Morales, y Rodríguez, Lilia (coord.). Economía del agua. Escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas. (pp. 217-258). México: Porrúa-UAM
30. OECD (2010). *Statistic for country*. Paris: OECD
31. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2010). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Nueva York: FAO



32. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2010) *Education For All. Monitoring report*. New York: UNESCO
33. Organización de Naciones Unidas (2010). Agua para todos, agua para la vida. Informe sobre el desarrollo de recursos hídricos en el mundo. Nueva York: ONU
34. Organización Mundial de la Salud (2010). *Informe anual sobre pandemias*. Ginebra: OMS
35. RAMOS, C. y Lorda, J. (2004). El Desarrollo de la infra estructura hidrológica en México. En Jacobo. Villa., Saborio, Marco y Saborio, Elsa (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 65-80) México: Porrúa-UAM
36. Sainz, J. y Becerra, M. (2003). Los conflictos por agua en México: avances de investigación. *Gaceta del Instituto Nacional de Ecología*. 67, 61-68.
37. Santos, J. (2004). *Acción pública organizada: el caso del servicio de agua potable en la zona conurbada de San Luis Potosí*. México: UAM–Porrúa
38. Toledo, A. (2002). *El agua en México y el Mundo*. Gaceta del Instituto Nacional de Ecología. 64. 9-18.
39. United States Census Bureau (2010). *Census of Population and Housing*. Washington: USCB
40. Wong, P. (2004). *Agua y desarrollo regional sustentable: una aproximación metodológica*. En M. A. Villa y E. Saborio (coord.). La gestión del agua en México: los retos para el Desarrollo Sustentable. (pp. 283-300) México: Universidad Autónoma Metropolitana.



La historia ambiental como estrategia educativa para incentivar la cultura del agua

Leonardo Abraham González Morales

Resumen

La cultura del agua difundida por algunos medios de comunicación no puede ser sólo una “política” justificada en el ahorro del agua. Si sabemos que la relación del hombre con el agua ha sido determinante para la vida social, la historia de esta relación debe tener algo que enseñarnos al respecto. La historia ambiental es uno de los campos que se ha encargado de generar sobre esta relación, y en general sobre la relación sociedades - medio ambiente. Pero mi propuesta, más allá de la premisa ambientalista de una preocupación por la Tierra, se concentra en una crítica a la cultura del agua y propone construir ésta desde otra perspectiva, justo, desde la histórico-ambientalista.

A partir de un caso particular, el río Cuautitlán, apoyado en la narrativa histórica explicaré las transformaciones más importantes que se han practicado sobre él, con el fin de mostrar al lector las diferentes formas en las que se han pensado este cuerpo de agua, a lo largo de la historia. La idea es brindar una base epistemológica que le permita al lector, mediante un argumentos histórico, comprender su entorno a través de las transformaciones ambientales que se observan en el texto, y urgirlo a cambiar su manera de ver el agua. Es decir, desde el pragmatismo histórico ambiental, el estudio brinda un argumento para razonar sobre las causas y las consecuencias de nuestros problemas ambientales, sobre todo el agua. Si debe fomentarse una cultura del agua para mejorar nuestras prácticas alrededor de ella, debe comenzar por explicarnos cómo se llegó a la escasez, la sequía y la contaminación.

Introducción.

El trabajo se define por una pregunta sencilla que sintetiza la propuesta de fondo: ¿Será la historia ambiental una mejor opción, que las campañas culturalizadoras de autorregulación que promueve el gobierno federal, para concientizar a la población sobre el problema del agua y la urgencia de actuar? Yo creo que sí y presento un razonamiento que problematiza las campañas de la Cultura del agua, un argumento histórico y una propuesta pedagógica.

El problema de la Cultura del Agua

Durante sus años como secretario de educación, José Vasconcelos se caracterizó por su ambicioso proyecto de difusión cultural, en el que planteó numerosos programas de educación popular, libros de acceso público y la promoción de programas para el fomento del arte y la cultura. En este objetivo es notoria la visión de un personaje posrevolucionario que desea re-construir al país, educarlo y civilizarlo. Las *Misiones Culturales* que fomentó por décadas, tenían la finalidad de transformar el pensamiento de los mexicanos.

Desde el revisionismo historiográfico, o desde una simple mirada crítica a nuestra historia, podríamos preguntarnos abiertamente: ¿por qué deseaba transformar el pensamiento?, ¿qué tenía de “malo” o de “bueno”? pero aún más interesante resultaría preguntarnos, una vez que se revisa el material que el maestro Vasconcelos mandó imprimir y repartir, ¿culturar al país mediante la educación básica y las artes eran la solución a unos de los problemas nacionales, o formaban parte de un ideal civilizador con fines poco claros?

La historia de la Secretaría de Educación Pública (SEP) se ha escrito desde la propia institución y desde fuera. Pero todos los estudios coinciden que el punto nodal de la educación en México fue se elevó a un derecho constitucional y adquirió la naturaleza de obligatoriedad. Desde entonces son conocidos los procesos de difusión que cada proyecto educativo ha emprendido, desde las cruzadas educativas vasconcelistas. Incluso, hablamos de las más “revolucionarias”, que fueron aquellas que se montaron sobre nuevas tecnologías y que fueron más allá de los libros de instrucción. La referencia es hacia el uso de los medios de comunicación masivos para educar, como la radio, la televisión y las cintas magnéticas. Estas tecnologías fueron la base del proyecto de “Telesecundarias”, que debía convertirse en el puente del conocimiento básico entre la escuela y las comunidades rurales más alejadas de las ciudades.



Sin embargo, este proyecto creado bajo la gestión de Jaime Torres Bodet en la SEP, durante la presidencia de Gustavo Díaz Ordaz, cumplía con el objetivo de educar, pero no así con el compromiso de culturizar y fomentar el desarrollo artístico que caracterizó el proyecto vasconcelista. De hecho, la cultura y el arte comenzaron proceso distintos de difusión al institucionalizarse, lo que provocó que educación, arte y cultura se entendieran como procesos formativos distintos.¹

¿Hasta dónde están educados los mexicanos? La educación pública en México levanta debates, sobre todo por el involucramiento que sus dirigentes tienen en la política. Pero no es eso lo que quiero señalar, sino la otra parte, la del contenido, que también es un tema muy polémico. Hoy en día, la SEP ha extendido su capacidad de enseñanza a otras nuevas tecnologías que se llaman “herramientas interactivas”, que se encuentran en el Internet, y que abrieron las puertas a la modalidad de la educación a distancia. Lo que quiero señalar es que poco se ha evolucionado en la adecuación de contenido, mientras la preocupación parece estar más en los medios de comunicación del conocimiento.²

Me parece que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) comete el mismo error cuando monta sus campañas sobre la Cultura del Agua. ¿A qué le llaman cultura del agua? Al igual que la SEP, la CONAGUA utiliza diversos medios de comunicación para transmitir la preocupación sobre los problemas

del agua. Las campañas se montan con presupuesto federal y en concreto urgen a la concientización del uso del agua, bajo tres conceptos básicos: ahorro, racionalización y contaminación.

Históricamente toda sociedad humana se ha preocupado por el agua, así que las culturas entornos al agua se remontan hacia nuestros orígenes. Cada cultura ha dejado vestigios sobre su relación con el vital líquido. Así que, la cultura propuesta por la CONAGUA forma parte de viejas preocupaciones, que motivaron al hombre a desarrollar ciencias como la arquitectura hidráulica, la filosofía natural, la ingeniería, la alquimia, etc.³ Lo que llama la atención es que la CONAGUA reconoce poco esta historicidad y presenta su objetivo “culturalizador” como un proceso para unificar criterios sobre cómo debe tratarse el agua:

Es un proceso continuo de producción, actualización y transformación individual y colectiva de valores, creencias, percepciones, conocimientos, tradiciones, aptitudes, actitudes y conductas en relación con el agua en la vida cotidiana.

Por lo anterior, el enfoque de las acciones de la Comisión Nacional del Agua en esta materia, es

¹Dorothy Tanck de Estrada (Coord.) (2010). *Historia mínima la educación en México*. México: El Colegio de México. “La institucionalización del nuevo régimen”, por Lorenzo Meyer; y “Notas sobre la cultura mexicana en el siglo xx”, por Carlos Monsiváis. El Colegio de México (2000). *Historia general de México*. México: El Colegio de México. Luis Bernal Tavares (1994). *Vicente Lombardo Toledano y Miguel Alemán: una bifurcación de la Revolución Mexicana*. México: Facultad de Filosofía y Letras – UNAM.

²Como profesor y alumnos he experimentado las reformas educativas y observo que muchas veces las instituciones confunden estrategias didácticas con herramientas de trabajo, elementos hermenéuticos con argumentos epistémicos, y peor aún, se cae en una frecuente confusión entre medio y tecnología. Véase mi tesis Leonardo Abraham González Morales (2009). *Reflexiones en torno la problemática de formación en el Colegio de Historia Una visión interdisciplinaria para un proyecto de comunidad*. México: s.n. Tesis presentada en la UNAM para la obtención del grado de Licenciado en Historia.

³ Autores del pasado que dan ejemplo de esto son: Joaquín Velázquez Cárdenas y León (1789). *Conocimientos interesantes sobre la Historia Natural de las cercanías de México*. México: 2 Vols. Manuel Orozco y Berra (1864). Memoria para la carta hidrográfica del Valle de México. México: Formada por acuerdo de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística / Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Mariano Galván. Carlos Luquin Romo, José Rojas y Francisco de la Maza (1941). *Apuntes para la historia de los aprovechamientos hidráulicos en México*. México: Comisión Nacional de Irrigación. Francisco Garay (1888). *El Valle de México: apuntes históricos sobre su hidrografía desde los tiempos más remotos hasta nuestros días*. México: Secretaría de Fomento. Mariano Galván Rivera (1998). *Ordenanzas de tierras y aguas*. México: Registro Agrario Nacional / CIESAS. Y en el presente como: Luis Aboites Aguilar (1998). *El agua de la nación. Historia política de México 1888-1946*. México: CIESAS; y (2003). *Excepciones y privilegios. Modernización tributaria y centralización en México 1922-1972*. México: El Colegio de México. Gisela von Wobeser (1989). *La formación de la hacienda en la época colonial: el uso de la tierra y el agua*. México: UNAM.



lograr un cambio positivo y proactivo en la participación individual y social en torno al uso sustentable del agua, para no afectar a las siguientes generaciones, incidiendo en el/los procesos de comunicación a través de los cuales la sociedad se allega información, desde la educación formal, no formal (familia, medios de comunicación, capacitación) y espacios de participación social.⁴

Bajo estos preceptos, las campañas pretenden mejorar el uso del agua en nuestro país, que junto a instituciones como el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua y diversas organizaciones, urgen a cambiar las prácticas sociales con el recurso hídrico. El punto es que en el contenido no se anuncian las diferencias entre el pasado y el proyecto culturalizador, y este un vacío donde podemos encontrar respuesta a cuestionamientos fundamentales: ¿cómo se acabó el agua en el Valle de México? ¿Qué pasó con los ríos, con las lagunas, los lagos, la fauna, el campo? O desde una postura más analítica: ¿quiénes han decidido la economía de los recursos⁵, que consecuentemente nos llevaron a una realidad complicada donde el agua debe racionalizarse gota por gota? ¿Cómo se contaminaron nuestros cuerpos de agua? ¿Qué falló en el pasado, que la Cultura del Agua cambiará? Por otro lado, entre los mecanismos y las estrategias de las campañas culturalizadoras, ninguna ha mostrado el logro o la “medida” del nivel

⁴ Acciones y estrategias para generar una Cultura del Agua en México, sitio oficial de CONAGUA en la red: <http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=6> [septiembre, 2011].

⁵La economía de los recursos naturales es un campo de investigación novedoso dentro de los estudios sociales, aunque este análisis la relaciona más con teorías sobre la relación histórica del hombre con la naturaleza, en las que se resaltan las formas de organización, administración y valoración de lo que se considera un recurso de origen natural; destacando la historia ambiental, la ecología cultura y la geografía humana. Para un acercamiento historiográfico del tema puede consultarse: Tortolero Villaseñor, Alejandro, “Presentación: La historia ambiental en América Latina. Por un intento de historizar la ecología”. *Signos Históricos*, (16), 2006. 8-14. David Lowenthal, “Environmental History. From Genesis to Apocalypse”. *History Today*, Volume: 51 Issue: 4, 2001. Cabe mencionar que este campo se ha desarrollado mucho más en la Economía, con miras hacia su pragmatismo en la administración pública de los recursos naturales de un Estado.

de concientización. La única forma de saber sobre el impacto de las campañas, sería mediante cuadros comparativos entre el pasado y el presente de las comunidades y los cuerpos de agua. En este rubro, el Archivo Histórico del Agua, el Centro de Investigaciones y Estudios Supiores en Antropología Social y la UNAM han dedicado una extensa literatura para comprender mejor la problemática ambiental en el país, y por ende la cuestión del agua.

Sin embargo, sobre la Cultura del Agua impulsada por el gobierno federal en las últimas décadas, que urge a la auto-regulación sobre el consumo del agua, no sabemos de su efectividad, lo que nos deja sin argumentos para confiar que este modelo de campañas cambiará el rumbo de la problemática actual. Si bien racionalizar el consumo es urgente ante la severa escasez, pocas personas saben que el proceso es irreversible en realidad y que el problema apunta hacia un horizonte más oscuro que actual. Las campañas no garantizan que la mejora en el consumo será sinónimo de equidad y suficiencia.

Al parecer, la Cultura del Agua inhibe responder si hay solución a los problemas más graves y si se puede tener un futuro esperanzador, y por el contrario, enfatiza que el problema puede agravarse y conmina a la población a emplear estrategias cotidianas y sencillas como: evitar llaves goteando, tirar pilas, utilizar volúmenes “idóneos” para cada actividad, no desperdiciarla, etc. En un contexto donde el agua es escaza y su ahorro es parte de la necesidad, las campañas culturalizadoras de la CONAGUA tienen poco sentido.

Supuestamente, el acceso al agua es un derecho constitucional, realmente acceder a ella es el problema. La historiografía nos muestra que este problema ha detonado conflictos por su control, administración y aprovechamiento. Así que antes de cualquier campaña culturalizadora, me preguntaría primero hasta dónde se ha involucrado la población en esta problemática, qué papel ha jugado y qué se puede hacer para dar un giro a la catástrofe de la escasez. Si una cultura del agua apunta hacia un ahorro concientizado, a evitar la contaminación del medio y a la racionalización del uso, pero no garantiza su abastecimiento y acceso, más que una invitación genera ciertas dudas sobre su efectividad, y parece más una medida cautelar para no pensar en la concentración y la desigualdad con este recurso.



Argumento Histórico

La generación de una imagen metafísica sobre la Naturaleza se conformó a lo largo del periodo colonial en la Nueva España. Las preocupaciones sobre el equilibrio de los elementos naturales formaban parte de las explicaciones sobre la naturaleza terrestre y su lugar en el universo cristiano. La ciencia aristotélica modeló el pensamiento renacentista de esta época y era la estructura lógica de las filosofías naturalista latinas. Este pensamiento, heredado de colegios y universidades europeos, fue la base para conocer y entender los fenómenos naturales del Nuevo Mundo, tarea que podemos observar desde principios del siglo XVI con la llegada de los primeros misioneros al continente.

Sobre la naturaleza terrestre y la meteorología, la ciencia aristotélica propone la creencia de ciclos y factores que intervienen el movimiento natural de las cosas. Para este pensamiento, todas las “cosas” tienen un lugar natural en el Mundo y se puede observar sobre ellas un movimiento constante recto, o circular. El argumento, más allá de la discusión que se puede rastrear en los autores clásicos sobre el *movimiento* y el *origen*, parte de un origen y un orden para todo elemento, lo que nos permite observar – o reflexionar – sobre la influencia continua que el movimiento externo ejerce sobre las cosas. Por ejemplo, Aristóteles evoca un razonamiento sobre las aguas en la tierra y sus ciclos naturales, argumentando que el fenómeno de las inundaciones y las sequías provocan los grandes cambios climáticos en las tierras, aunada la acción humana y la influencia meteorológica espacial; esto posibilita el descubrimiento del cambio, las causas y las consecuencias sobre la naturaleza.⁶

Por otro lado, arqueólogos, antropólogos e historiadores han trabajado muy duro para tratar de entender la influencia de la ciencia prehispánica en la emergente cultura novohispana del siglo XVI. A pesar del debate sobre la originalidad y el contenido de las fuentes pictográficas, mejor conocidas como *códices*, la base más fuerte de la investigación en este rubro son los objetos que sobreviven de aquella cultura material prehispánica. Encontramos fuentes de estudio en obras hidráulicas, archivos y algunos

libros de la época que reseñan el desarrollo de la ciencia en aquellos tiempos.

La comunión entre ambos pensamientos, la ciencia europea importada por los colonizadores y la ciencia de las culturas locales que negociaron el funcionamiento social, marcaron el inicio de una nueva cultura en torno al agua. Para los españoles, y posteriormente para criollos y mestizos, el agua como fuente de vida se debía a la bendición de una figura del imaginario cristiano, que a lo largo del siglo XVI marcará una relación de identidad entre cuerpos de agua e imágenes del universo católico americano. Ríos, lagos, lagunas y fuentes de agua fueron identificados geográfica y simbólicamente a lo largo y ancho del territorio novohispano. Esta identidad también tuvo una fuerte influencia de las culturas mesoamericanas, donde observaremos que el proceso de sincretismo, el cual no se agota con la idea de una simple sustitución de imágenes cristianas por figuras prehispánicas, jugó un papel fundamental que puede observarse hasta nuestros días.⁷

La historia del río Cuautitlán y los pueblos que sus aguas beneficiaban es un claro ejemplo de las transformaciones al medio ambiente antes, a lo largo de la historia de México, porque su historia fue determinada por las distintas épocas y cambios de autoridad: tenemos nociones de su pasado prehispánico, fuentes de la época colonial y de los siglos XIX y XX.

La historia del río comienza con el asentamiento de grupos culturales de origen chichimeca en el área conocida como valle de Cuautitlán – Texcoco, al norte del Valle de México. Algunas fuentes los vinculan al discurso de la peregrinación de Chicomoztoc, origen cosmológico de varios pueblos mesoamericanos, pero no sabemos si realmente fue así.

[Cuauhtitlan era] un altépetl tepaneca y como tal era nominalmente dependiente de Tlacopan aunque tenía su propio tlatoani y dominaba una amplia zona a sus alrededores en la que tenía como señoríos subordinados a Citlaltépec,

⁶ Ingemar Düring (1990). *Aristóteles: exposición e interpretación de su pensamiento*. Trad., y ed. Bernabé Navarro. 2ª. Ed. México DF: Instituto de Investigaciones Filosóficas – UNAM.

⁷ Teresa Rojas Rabiela, José Luis Martínez Ruiz y Daniel Murillo (2009). *Cultura Hidráulica Y Simbolismo Mesoamericano del Agua en el México Prehispánico*. México: CIESAS/IMTA



Tzompanco, Toltitlan, Huehuetocan, Tepéxic y Tepotzotlan.⁸

A este primer pueblo se le denominó Cuautitlán y fue el primero en transformar la naturaleza del río Cuautitlán para beneficio propio. Los documentos y los hallazgos arqueológicos apuntan a que la primera modificación, y tal vez la más trascendental, se dio en el año de 1432, según se puede observar en los *Anales de Cuauhtitlan*, donde se relata la llegada de los colhuas a la región y el mal recibimiento que los chichimecas les hicieron. Éstos colocaron a los colhuas cerca del río, con la esperanza de lograr que las avenidas del río en tiempo de lluvia barrieran con sus casas y enojados decidieran dejar el área.

Los chichimecas lograron el cometido de inundar las casas de los colhuas, más éstos no se ahuyentaron y decidieron dar solución al problema: cambiaron el cauce de la corriente del río y lo represaron en lo que probablemente sea la laguna de Citlaltépec, lado oriente de la laguna de Zumpango. Para lograr este objetivo, hicieron varios trabajos como: excavar

⁸ Federico Navarrete Linares (2011). *Los orígenes de los pueblos indígenas del valle de México. Los altépetl y sus historias*. México: Instituto de Investigaciones Históricas – UNAM, p. 269. Los detalles de la sucesión del pasado prehispánico es descrita, con base en los *Anales de Cuauhtitlan*, en la obra de Rosaura Hernández (coord.) (1996). *Cuauhtitlan*. Cuadernos Municipales. Estado de México: El Colegio Mexiquense. El primer gobernante es descrito sólo como "Señor". El segundo fue Xiuhnehtzin, quien sujetó a los pueblos diversos de la región a un mismo mando. Una de las migraciones más recordada fue la de los culhuas, invitados por Iztactototl, nieto de Coxcox, señor de Culhuacan. Iztactototl emprendió la peregrinación porque decía que el pueblo de Culhuacan se había corrompido, esto gracias a su conocimiento de las artes astrológicas. La mezcla de ambas culturas, culhuas y cuautitlanenses dio por resultado un pueblo hábil en la práctica de alfarería. El pueblo fue ordenado en barrios ordenados en cuatro rumbos cardinales. Se empezó la construcción de un gran templo, se introdujo el politeísmo y se permitieron sacrificios humanos. Algunos chichimecas en desacuerdo rompieron con el orden y migraron hacia Tenochtitlán, sucediendo esto en tiempos del soberano mexicana Izcoatl (1 tecpatl - 1428 a 13 tecpatl - 1440). El último soberano fue Aztatzon, quien se casó con una hija de Moctezuma II y vivía con ella hacia 1519, cuando llegaron los conquistadores, hecho que marcaría el desarrollo de este pueblo.

para lograr presas profundas y amplias, desviar el cauce, guiar la corriente mediante zanjas largas y profundas, rellenar y secar el cauce antiguo; y para hacer entrar el río en la laguna lo nivelaron y generaron una caída precisa de agua en la presa. Sus herramientas básicamente fueron maderas, piedras y lazos.⁹

Años después, ambos pueblos se consumaron como uno sólo y el paisaje del área fue profundamente transformado. En este proceso, el río se trabajó para beneficiar el cultivo y para diseñar vías de intercambio comercial con el centro del valle de México, aprovechando las aguas y la altitud del área noreste con respecto al área central.

Con las guerras de conquista, la historia del río cobró otro rumbo. Tras las negociaciones del ordenamiento territorial, algunos elementos continuaron en función y otros fueron modificados drásticamente. En principio se dictó propiedad sobre aguas y tierras bajo el título de la Corona Española, así que el uso de éstas en el territorio debía concederse sólo como aprovechamiento y posesión restrictiva mediante "Mercedes Reales".¹⁰

En este periodo de cambios, la Ciudad de México enfrentó una severa inundación en 1555. La emergencia orilló al Virrey y al cabildo de la ciudad a buscar soluciones prácticas. En este escenario, un vecino del pueblo de Cuautitlán, de nombre Francisco Gudiel, presentó un proyecto para evitar inundaciones y lograr controlar el volumen de agua en el valle. La inundación y las luchas internas por los intereses del reino, las cuales no permitieron llevar a cabo la obra, muestran claramente los cambios y las continuidades en cuanto a obras hidráulicas en el valle. Destaca el llamado

⁹Rafael A. Strauss, "El área septentrional del Valle de México: problemas agrohidráulicos, prehispánicos y coloniales", en Teresa Rojas, et. al. (1974). *Nuevas noticias sobre las obras hidráulicas prehispánicas y coloniales en el Valle de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

¹⁰Las mercedes fueron mecanismos de control sobre tierras y aguas, propiedades elementales que caracterizaron la propiedad aristocrática medieval, que la Corona Española estableció como "favor" o "pago" para retribuir el esfuerzo y el mérito de aquellas personas habían servido con lealtad a sus intereses. De esta forma, las mercedes de tierras y aguas emitidas en la Nueva España, debían ser ratificadas por el rey de España. Luis Aboites (1999). *Op. Cit.* Mariano Galván. *Op. Cit.*



Albarradón de San Lázaro, del que se hay una interesante discusión sobre el origen¹¹, aunque para efectos de nuestro estudio, lo más importante a rescatar es el factor de riesgo que se le atribuyó al río Cuautitlán.¹²

La búsqueda de estrategias para gobernar las aguas en este periodo se vio reflejada pocos meses después de la primera inundación, como lo podemos ver en el conocido mapa de Uppsala, elaborado en el Colegio de Tlatelolco en 1555.¹³ El razonamiento de observar la naturaleza del río como amenaza para la ciudad se convirtió en un paradigma a lo largo del siglo XVI y los proyectos para controlar su fuerza y volumen comenzaron a ser constantes, hasta que en 1604 y 1607 se vivieron otras inundaciones catastróficas, que motivaron la presentación de proyecto ante la corte novohispana con el fin de solucionar el problema de aguas; la mayoría de los proyectos proponía modificar el cauce del río.

¹¹ Sobre la discusión del Albarradón de San Lázaro, Teresa Rojas Rabiela ha escrito “Obras hidráulicas coloniales en el norte de la cuenca de México (1540-1556) y la construcción de la albarrada de San Lázaro 1555”, en *Ingeniería*, VOL. 51 (No. 2): pp. 98-115. Donde da por hecho que la obra hidráulica es de origen occidental, aunque se guía con la obra hidráulica prehispánica conocida como albarrada de Nezahualcóyotl. Desde mi análisis, el albarradón, como gran parte de las obras hidráulicas del siglo XVI, tenían un origen prehispánico y sólo fueron “reconstruidos” durante el virreinato. Véase mi argumento en Leonardo A. González Morales(2011). *Enrico Martínez y el primer desagüe artificial en la Nueva España*. México: s.n. Tesis presentada en la UNAM para la obtención del grado de Maestro en Filosofía de la Ciencia.

¹²Sobre este proyecto véase: “Argumentos y razones naturales en torno al fenómeno de las inundaciones. Origen del paradigma del desagüe novohispano”, Leonardo A. González, *Op. Cit.*

¹³Jeffrey R. Parsons y Luis Morett A. (2004). “Recursos acuáticos en la subsistencia azteca Cazadores, pescadores y recolectores”, en INAH-CONACULTA, *Arqueología Mexicana*, Vol. XII – Núm. 68, Julio – Agosto, p. 38 – 43. Teresa Rojas (1998). *La cosecha del agua en la Cuenca de México*. México: CIESAS. S. Linné (1948). *El valle y la ciudad de México en 1550. Relación Histórica fundada sobre un mapa geográfico, que se conserva en la biblioteca de la Universidad de Uppsala*. México: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología / Museo Etnográfico de Estocolmo Suecia.

El río Cuautitlán fue severamente modificado durante el siglo XVII después de aprobarse la construcción de un desagüe artificial que echaría el volumen excedente de agua fuera del valle. La idea era equilibrar los niveles de agua y controlar su fuerza mediante obras hidráulicas concentradas en esta área noroeste, donde se afectaron pueblos como Huehueteca, Cuautitlán y San Cristóbal.¹⁴

Por otro lado, el río no siempre jugó el papel de enemigo, a lo largo del siglo XVI sus aguas tuvieron distintos fines de aprovechamiento: para la agricultura, como fuerza hidráulica para molinos y como medio de transporte. Al cambiar el ordenamiento territorial tras la conquista, las aguas fueron la manzana de la discordia en gran parte del valle de México.¹⁵ Así que entre esas disputas hubo una en la jurisdicción de Cuautitlán, donde los indios exigieron a las autoridades novohispanas revisar el volumen de aprovechamiento que debía otorgárseles para sus tierras y consumo. El juicio se entabló y la Real Audiencia les otorgó una merced sobre el río Cuautitlán en 1587, donde en términos generales se acordó que mediante la Pila Real de Atlamica se repartiría el agua a través de cuatro zanjas autorizadas, que debían beneficiar a todos los pueblos y vecinos del valle de Cuautitlán.¹⁶

¹⁴ Sobre el proyecto de desagüe del siglo XVII véase: Leonardo A. González, *Op. Cit.*

¹⁵ La historia urbana ha comenzado a mostrar nuevas explicaciones sobre los cambios en el ordenamiento territorial durante el siglo XVI. Véase: Felipe Castro (coord.) (2010). *Los indios y las ciudades de Nueva España*. México: Instituto de Investigaciones Históricas – UNAM; y María Isabel Estrada Torres (2010). *Los barrios indios de la ciudad de México. Un acercamiento al indio urbano, 1522-1650*. México: s.n. Tesis presentada en la UAM para la obtención del grado de Doctora en Historia.

¹⁶Israel Sandré Osorio (2003). “...Desde tiempo inmemorial”. Conflicto en torno a la distribución de las aguas del río Cuautitlán, Estado de México, en la época colonial y en el siglo XX”, en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, No. 25, año 8, septiembre – diciembre de 2003, p. 18- 30; Jacinta Palerm Viqueira (coord.) (2004) Israel Sandré, Benito Rodríguez Haros, Nora Duana Caletteet(eds.). *Catálogo de Reglamentos de Agua en México. Siglo XX*. AHA/ CIESAS/ CNA. Israel Sandré defiende la tesis sobre la Pila de Atlamica como una obra hidráulica de origen prehispánico, fundamento que se puede encontrar en Yolanda Resendiz Cruz (1996). *Conflictos por la tierra y el agua en la jurisdicción de Cuautitlán, 1750-1820*. México: s. n. Tesis presentada en



Mediante el “Mapa de usuarios del río Cuautitlán” de 1763, sabemos que hacia el siglo XVIII los pobladores de esta área geográfica habían aumentado, sin embargo, un juicio más sobre el aprovechamiento de aguas es lo que nos permite entender cómo fue transformado el río en estos años. El juicio lo inició don Felix de Sandoval, propietario de la hacienda la Corregidora, contra los indios de Teoloyucan, culpándolos de haber rotos una acequia. La Real Audiencia envió a don Felipe de Zuñiga y Ontiveros, y a don Ildephonso Yniesta Vejarano como comisionados para realizar un nuevo repartimiento del río. Decidieron una nueva distribución de aguas por medio de cinco acequias, que debían distribuir el agua “equitativamente” a tierras de las haciendas y de los pueblos.¹⁷

Durante los siglos XIX, la región comenzó grandes cambios y transformaciones geopolíticas después de Independencia de México reconocida en 1821. El proceso de los deferentes proyectos que se echaron a andar en la República tenía por objetivo ejercer un control estricto sobre los recursos naturales de la nación. Durante el periodo entre guerras que caracteriza el siglo XIX, se intentaron varias políticas federalistas para ejercer gobierno sobre las aguas del río Cuautitlán y lograr que su administración quedara en manos del Estado. De esta forma, el año de 1888 se implementó una ley para que el Estado ejerciera un control estricto sobre los recursos hídricos del territorio mexicano, lo que aumentó la presión sobre los pueblos de Cuautitlán. Cabe decir que esta presión se debía a la intensa industrialización que sufrió el territorio mexicano durante esta época, bajo el ideal de modernización nacional y progreso.

A partir de las políticas de control estatal sobre los recursos hídricos, los conflictos entre las comunidades y el Estado aumentaron al paso de los años, interrumpiéndose durante los años revolucionarios y continuando con más intensidad en la segunda década del siglo XX, que como parte

de las expropiaciones darían al gobierno federal el derecho sobre las aguas, incluidas las del río Cuautitlán. Esto fue motivo de un conflicto largo en el que los pueblos beneficiarios, fábricas y cultivos buscaron defender cierta autonomía sobre la administración de las aguas del río, frente a un Estado posrevolucionario que trabajaba en un nuevo ordenamiento territorial.¹⁸

Para finales de 1927 y ante la necesidad de la SAYF por iniciar oficialmente la distribución de la reglamentación de las aguas del río Cuautitlán, con base en los datos obtenidos de los informes presentados, tanto por los ingenieros Azcue y Andrade, así como el del ingeniero Anacleto Martínez Pérez, miembro de la Comisión Reglamentadora del río Cuautitlán, se elaboró de manera provisional un reglamento de distribución de aguas del río con el cual se procedió a distribuir provisionalmente las aguas del río Cuautitlán durante el año de 1928. Y con el fin de vigilar y administrar cotidianamente la distribución del agua la SAYF, creó la Junta General del río Cuautitlán.¹⁹

De esta forma, mediante la Secretaría de Agricultura y Fomento (SAYF), se buscó solucionar los conflictos con la creación de juntas generales para administrar las aguas del río, seccionadas por pueblos beneficiarios. Hoy en día las aguas del río Cuautitlán siguen siendo administradas por las juntas, dentro de la geopolítica que ha establecido la Comisión Nacional de Agua, organismo encargado de velar por los intereses del Estado sobre los recursos hídricos. Su descripción geográfica está determinada por términos técnicos propios de la ingeniería hidráulica. La cuenca hidrológica Río Cuautitlán, tiene una superficie de aportación de 832.8 kilómetros cuadrados, delimitada al Norte con las cuencas hidrológicas del Río Tula, al Sur y al Este con la cuenca hidrológica Ciudad de México, y al Oeste con la región hidrológica número 12 Lerma-Santiago.²⁰

la ENAH para obtener el grado de Licenciada en Etnohistoria.

¹⁷“Mapa de usuarios del río Cuautitlán (1763)”, en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, No. 10, año 4, mayo – agosto de 1997, p. 5- 6. Otra aproximación de Israel Sandré, “Del derecho colonial al derecho municipal: la distribución de las aguas del río Cuautitlán, 1762-1914”, en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, No. 35, 2007, p. 37-49.

¹⁸ El Colegio de México. *Op. Cit.*

¹⁹ Israel Sandré, “Del repartimiento a la reglamentación la distribución de las aguas del río Cuautitlán, 1762, 1914 y 1929”, en Jacinta Palerm Viqueira, *Op. Cit.*, p. 13

²⁰ “Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Xochimilco, Río La Compañía, Tochac-Tecocomulco, Río de las Avenidas de Pachuca, Texcoco, Ciudad de México, Río Cuautitlán,



En conclusión, el río tiene dos formas de entenderse, su relación histórica que nos acerca a las transformaciones del valle Cuautitlán y el desarrollo de las poblaciones; o como *recurso* “natural” administrado desde la economía, donde su papel ha sido determinado por el urbanismo moderno, el paradigma de la salud pública y la política neoliberal, que lo han convertido en un drenaje para las unidades habitacionales y la industria. El cuadro histórico del río Cuautitlán nos devuelve la mirada a un río *vivo*, que fue elemento clave para el desarrollo social y que su destino ha estado en manos de la población, disputado todo el tiempo entre invasores y locales, sin que su realidad sea distinta. De esta forma, la historia ambiental rescata los ríos como actores de nuestro entramado histórico y nos devuelve la posibilidad de encontrar identidad con ellos. La verdad es que su destino siempre ha estado, y está, en nuestras manos. Rescatarlo *debe ser* prioridad de sus beneficiarios, del Estado y de la comunidad científica.

Propuesta Educativa

Dentro de las variantes didácticas de la enseñanza de la historia, la geografía y la descripción literaria juegan el papel fundamental de ubicar en el tiempo y el espacio a los educando, así que presento el siguiente texto como elemento epistemológico para enseñar la comprensión de los ríos en nuestra cultura.

Síntesis de información

Por más extraño que pueda parecer nuestro entorno, los ríos siempre han acompañado nuestro medio ambiente. En lo que hoy conocemos como “Área metropolitana”, hace quinientos años había muchos ríos, lagos y lagunas, sus aguas bañaban las tierras de algunos pueblos, como es el caso del pueblo de Cuautitlán y el río con el mismo nombre. La relación pueblo – río es histórica desde que llegaron los primeros pobladores al área aproximadamente en el año de 1432. Después de construir varias obras como puentes, pilas de repartición y albarradones, los pobladores lograron controlar y aprovechar mejor las aguas el río

Cuautitlán durante casi cien años. Todo esto cambió después de la conquista de Tenochtitlán, porque las tierras y las aguas del nuevo reino, llamado Nueva España, pasaron a ser propiedad de la Corona Española.

Para aprovechar las aguas de un río, lago o laguna, o modificar su naturaleza, debía pedirse un permiso especial al rey que se llamaba “Merced de agua”. Durante el siglo XVI, el paisaje que rodeaba al pueblo de Cuautitlán, y a sus vecinos de Tepetzotlán, estaba lleno de llanuras, montañas, ríos, lagunas y pantanos. Gran parte de la cosecha que tenían estos pueblos del norte del Valle de México era transportada en pequeñas barcas a la Ciudad de México, además de que abundaron puentes y albarradones para controlar las aguas, ya que por aquí transitaba gran parte de la plata novohispana, porque era justo la entrada y la salida del Camino Real de Tierra Adentro (hoy Bajío mexicano). El río Cuautitlán fue modificado desde la época prehispánica, pero experimento tres grandes transformaciones durante la época Colonial: en 1589, cuando sus aguas se represaban en una Pila Real para después repartirse en cuatro acequias, dirigidas hacia los cuatro puntos cardinales; en 1608, cuando Enrico Martínez dirige las obras del primer desagüe artificial en Huehuetoca con la intención de controlar el volumen y la fuerza de las aguas del río y sus afluentes; y en 1762 después de un juicio entre hacendados y pobladores, donde la Audiencia Real decidió distribuir las aguas del río con cinco acequias principales que se dividían de la Pila Real. Después de la Revolución de Independencia, México comenzó un proceso de cambios donde el gobierno se concentró en la modernización del país y en la salud pública, porque creían que eran el motor del progreso. Así que las aguas de ríos, lagos y lagunas sufrieron fuertes transformaciones para ser aprovechadas en beneficio de la industria, el comercio y las ciudades, que durante el siglo XIX crecieron rápidamente.

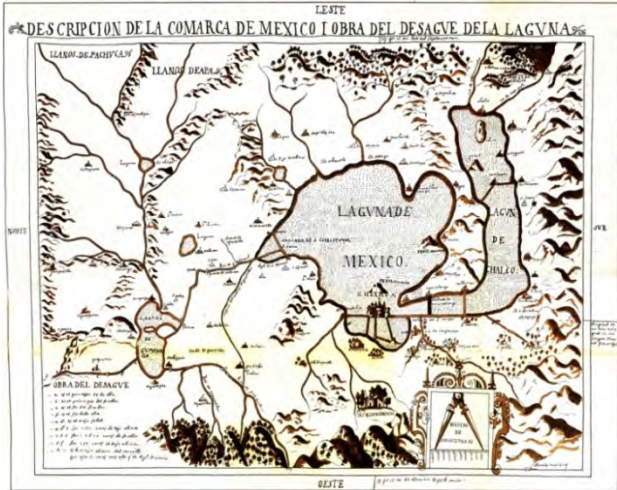
En 1888 el Estado mexicano comenzó un proceso de nacionalización estratégica, con el que pretendía controlar y administrar “todos los recursos hídricos de la nación”, entre los que estaba el río Cuautitlán. El proyecto continuó en el periodo posrevolucionario y en la segunda década del siglo XX, orilló a los pobladores a defender su derecho sobre las aguas del río, del que decían les fue concedido desde la época colonial. Para 1929 el gobierno y los pueblos negociaron la creación de juntas, que se

Presas Requena, Presa Endhó, Río Salado, Río Actopan, Río Alfajayucan y Río Tula, mismos que forman parte de la porción de la región hidrológica denominada Valle de México y Río Tula”, *Diario Oficial de la Federación*. Segunda Sección. SEMARNAT. 05 de noviembre de 2008.

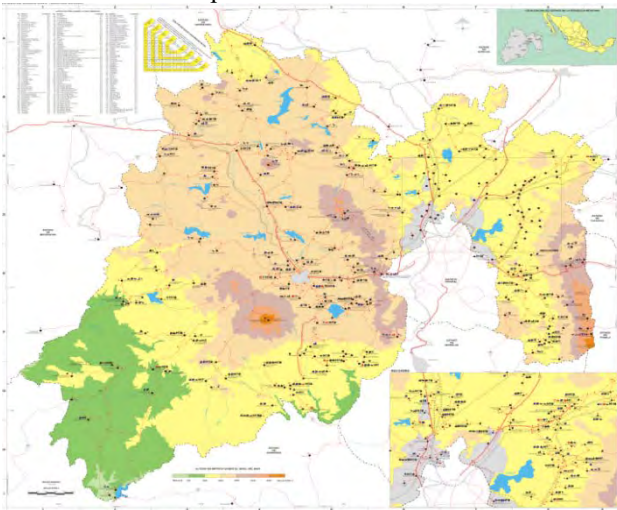


encargarían de controlar y administrar el aprovechamiento del río.

Mapa de 1608. Enrico Martínez.



Mapa actual. CONAGUA



Sin embargo, en este periodo las cosas habían cambiado drásticamente: la expansión de las zonas urbanas alcanzó toda la zona norte del Valle de México, las políticas públicas de salud beneficiaron la urgencia de transformar los ríos en drenajes y desecar las lagunas, y las juntas no lograron frenar la contaminación del río Cuautitlán; que junto con otros factores como la construcción de carreteras y la industrialización transformaron una área rica en agua en una superpoblada, que exporta agua desde muy lejos, desinteresada en la historia y que ha dado la espalda al río, olvidándose de él y contaminándolo más.

Comparación entre visiones del agua

Los dos siguientes mapas muestran cómo se piensa el río Cuautitlán en distintas épocas, sobresaliendo en el paisaje de 1608 la idea del desagüe por Huehuetoca. En el mapa actual se observa una geografía llena de divisiones, con los recursos hídricos que aún quedan.

Fuentes de consulta

1. Aboites Aguilar, Luis (1998). *El agua de la nación. Historia política de México 1888-1946*. México: CIESAS
2. ----- (2003). *Excepciones y privilegios. Modernización tributaria y centralización en México 1922-1972*. México: El Colegio de México.
3. Archivo Histórico del Agua, *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, No. 10, año 4, mayo – agosto de 1997, p. 5- 6.
4. Bernal Tavares, Luis (1994). *Vicente Lombardo Toledano y Miguel Alemán: una bifurcación de la Revolución Mexicana*. México: Facultad de Filosofía y Letras – UNAM.
5. Cárdenas y León, Joaquín Velázquez (1789). *Conocimientos interesantes sobre la Historia Natural de las cercanías de México*. México: 2 Vols.
6. Castro, Felipe (coord.) (2010). *Los indios y las ciudades de Nueva España*. México: Instituto de Investigaciones Históricas – UNAM. CONAGUA en la red: <http://www.cna.gob.mx/Contenido.aspx?n1=6> [septiembre, 2011].
7. Düring, Ingemar (1990). *Aristóteles: exposición e interpretación de su pensamiento*. Trad., y ed. Bernabé Navarro. 2ª. Ed. México DF: Instituto de Investigaciones Filosóficas – UNAM.
8. El Colegio de México (2000). *Historia general de México*. México: El Colegio de México.
9. Estrada Torres, María Isabel (2010). *Los barrios indios de la ciudad de México. Un acercamiento al indio urbano, 1522-1650*. México: s.n. Tesis presentada en la UAM para la obtención del grado de Doctora en Historia.
10. Galván Rivera, Mariano (1998). *Ordenanzas de tierras y aguas*. México: Registro Agrario Nacional / CIESAS.
11. Garay, Francisco (1888). *El Valle de México: apuntes históricos sobre su*



- hidrografía desde los tiempos más remotos hasta nuestros días*. México: Secretaria de Fomento.
12. González Morales, Leonardo A. (2009). *Reflexiones en torno la problemática de formación en el Colegio de Historia. Una visión interdisciplinaria para un proyecto de comunidad*. México: s.n. Tesis presentada en la UNAM para la obtención del grado de Licenciado en Historia..
 13. Hernández, Rosaura (coord.) (1996). *Cuauhtitlán. Cuadernos Municipales*. Estado de México: El Colegio Mexiquense.
 14. INAH-CONACULTA, *Arqueología Mexicana*, Vol. XII – Núm. 68, Julio – Agosto.
 15. Lowenthal, David, "Environmental History. From Genesis to Apocalypse". *History Today*, Volume: 51 Issue: 4, 2001.
 16. Luquin Romo, Carlos, José Rojas y Francisco de la Maza (1941). *Apuntes para la historia de los aprovechamientos hidráulicos en México*. México: Comisión Nacional de Irrigación.
 17. Navarrete Linares, Federico (2011). *Los orígenes de los pueblos indígenas del valle de México. Los altépetl y sus historias*. México: Instituto de Investigaciones Históricas – UNAM.
 18. Orozco y Berra, Manuel (1864). *Memoria para la carta hidrográfica del Valle de México*. México: Formada por acuerdo de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística / Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.
 19. Jacinta Palerm Viqueira (coord.) (2004) Israel Sandré, Benito Rodríguez Haros, Nora Duana Caletteet (eds.). *Catálogo de Reglamentos de Agua en México. Siglo XX*. AHA/ CIESAS/ CNA.
 20. Reséndiz Cruz, Yolanda (1996). *Conflictos por la tierra y el agua en la jurisdicción de Cuauhtitlán, 1750-1820*. México: s. n. Tesis presentada en la ENAH para obtener el grado de Licenciada en Etnohistoria.
 21. Rojas Rabiela, Teresa, "Obras hidráulicas coloniales en el norte de la cuenca de México (1540-1556) y la construcción de la albarrada de San Lázaro 1555". *Ingeniería*, VOL. 51 (No. 2): pp. 98-115
 22. Rojas Rabiela, Teresa, et. Al. (1974). *Nuevas noticias sobre las obras hidráulicas prehispánicas y coloniales en el Valle de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
 23. --et. Al. (2009). *Cultura Hidráulica Y Simbolismo Mesoamericano del Agua en el México Prehispánico*. México: CIESAS/IMTA.
 24. S. Linné (1948). *El valle y la ciudad de México en 1550. Relación Histórica fundada sobre un mapa geográfico, que se conserva en la biblioteca de la Universidad de Uppsala*. México: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología / Museo Etnográfico de Estocolmo Suecia.
 25. Sandré Osorio, Israel (2003). "...Desde tiempo inmemorial". Conflicto en torno a la distribución de las aguas del río Cuauhtitlán, Estado de México, en la época colonial y en el siglo XX". *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, No. 25, año 8, septiembre – diciembre de 2003, p. 18- 30.
 26. Diario Oficial de la Federación. "ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Xochimilco, Río La Compañía, Tochac-Tecocomulco, Río de las Avenidas de Pachuca, Texcoco, Ciudad de México, Río Cuauhtitlán, Presa Requena, Presa Endhó, Río Salado, Río Actopan, Río Alfajayucan y Río Tula, mismos que forman parte de la porción de la región hidrológica denominada Valle de México y Río Tula". *Diario Oficial de la Federación*. Segunda Sección. SEMARNAT. 05 de noviembre de 2008.
 27. ----- "Del derecho colonial al derecho municipal: la distribución de las aguas del río Cuauhtitlán, 1762-1914", en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, No. 35, 2007, p. 37-49.
 28. Tanck de Estrada, Dorothy (Coord.) (2010). *Historia mínima la educación en México*. México: El Colegio de México.
 29. Tortolero Villaseñor, Alejandro, "Presentación: La historia ambiental en América Latina. Por un intento de historizar la ecología". *Signos Históricos*, (16), 2006. 8-14. David Lowenthal, "Environmental History. From Genesis to Apocalypse". *History Today*, Volume: 51 Issue: 4, 2001.
 30. Von Wobeser, Gisela (1989). *La formación de la hacienda en la época colonial: el uso de la tierra y el agua*. México: UNAM.



Fuentes

Temas adicionales.

1. La historia ambiental para explicar el cambio climático.
2. La economía de los recursos naturales.
3. El pragmatismo de la educación ambiental.
4. La identidad de los ríos y la sociedad.
5. El problema moral en nuestra idea de Naturaleza.



Las tecnologías de la información y comunicación y el cambio climático

Randy Omar Gordo Hernández y Leonardo Fidel Salinas Clemente

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Resumen

El presente trabajo de investigación nos muestra una revisión documental acerca de artículos y publicaciones de investigaciones hechas en los últimos años que tienen como temática las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), el cambio climático y la relación existente entre estos tópicos.

Se hace mención correspondiente a la definición de lo que es este tipo de tecnología, de la relación existente entre cómo las TIC aportan ayuda en cuanto al cambio climático, así como las ventajas y desventajas que presenta el uso de este tipo de tecnologías y los porcentajes de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se tienen cuando este tipo de tecnología ya no son útiles para el ser humano.

Se sabe que el cambio climático es una latente preocupación para toda la gente que va creciendo poco a poco al pasar el tiempo. Es por ello que los avances tecnológicos y el consumo en gran medida de este tipo de tecnología se ha convertido en una de las principales causas por las que existe el calentamiento global.

Las TIC forman parte de la solución en el control del cambio climático, por lo que es importante que todos los países estén obligados ya a adoptar las medidas necesarias en temáticas como la tecnología verde. Además se hace mención de casos de éxito relevantes que tienen como base el uso de este tipo de tecnologías, como en el caso de la previsión de fenómenos naturales realizando un intercambio en tiempo real de información para evitar desastres.

Introducción

El presente artículo trata acerca de la revisión documental de información publicada en los temas acerca del cambio climático y las tecnologías de información y comunicación con el propósito de análisis desarrollando este artículo.

Para tener claro el concepto de TIC de acuerdo a las palabras expresadas por el secretario general de las naciones unidas el surcoreano Ban Ki moon señala que "Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son una combinación de dispositivos y servicios que obtienen, transmiten y visualizan datos e información de forma electrónica. Entre ellos, se incluyen ordenadores personales (PC) y periféricos, redes y dispositivos de telecomunicaciones de banda ancha y centros de datos".

Las tecnologías de la información y permiten simplificar la vida de las personas principalmente en el ambiente empresarial ya que una de sus principales funciones es controlar el flujo de datos, permitiendo el acceso a la información de una manera instantánea en tiempo real y aunque esto represente una ventaja porque con esto se ha incrementado considerablemente la productividad de las empresas, el uso generalizado a nivel global de dispositivos electrónicos que siempre están en funcionamiento a propiciado una fuente de contaminación ambiental.

Desarrollo

El creciente desarrollo de las aplicaciones y contenidos de banda ancha han permitido una creciente demanda de conexiones de banda ancha de mayor velocidad.

De acuerdo a la revisión documental revisada las TIC pueden ayudar contra el cambio climático de tres maneras principales:

- Reducir emisiones contaminantes en el sector TIC mediante el uso de redes y equipos más eficientes.
- Reducir las emisiones y fomentando el ahorro energético.



- Adaptación a los efectos negativos del cambio climático para los países desarrollados y en desarrollo, utilizando sistemas que supervisen cambios climáticos utilizando a las TIC.

Estas tecnologías son actualmente responsables del 2,5% de las emisiones de gases de efecto invernadero, podrían ayudar a reparar el cambio climático si se aprovechan sus ventajas y se fabrican de forma más ecológica.

El cambio climático se ha convertido en una preocupación global que requiere de una cooperación global. Por eso, la Unión Internacional de Telecomunicaciones se ha unido a los esfuerzos de las Naciones Unidas para intentar que esta cooperación se produzca.

Actualmente las empresas han empleado grandemente a las TIC como una herramienta muy poderosa en el desarrollo de las empresas y de la gestión de la información.

El cambio climático representa una preocupación que va creciendo de manera gradual entre toda la gente. El clima en la Tierra está influido por agentes, entre los que se puede mencionar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, los cuales son emitidos en su mayoría por las industrias existentes en muchos lugares. A partir de la década de los 70's, la producción de estos gases ha aumentado en más de un 70%, lo cual está provocando cambios muy rápidos en el clima presente en el planeta, por lo que se espera que los efectos globales del cambio climático, en conjunto con otros efectos presentes crecientes entre los que se encuentran la deforestación, incrementen el riesgo de inundaciones y sequías las cuales son producidas por los graves cambios en la atmósfera y en los océanos, y estos pueden afectar los ecosistemas naturales y propiamente las zonas habitadas por los seres humanos.

Los avances tecnológicos y el consumo excesivo de las tecnologías de información y comunicación (TIC) se han convertido en uno de las causas principales del calentamiento global, ya que, según información en medios de comunicación, contribuyen entre un 2% y un 2.5% del total de los GEI. La innumerable

cantidad de computadoras y televisores que siempre permanecen conectados a la toma de corriente por la noche en las casas y oficinas aportan un 40% del total de los GEI producidos por este tipo de tecnologías; los servidores y sistemas de refrigeración contribuyen con un 23%; las líneas fijas de comunicación generan un 15%; las comunicaciones móviles un porcentaje del 9%; las redes de área local (LAN's) y los sites de telecomunicaciones un 7%, y las impresoras un 6%. Sin embargo, como la industria de las TIC está creciendo de manera continua y a un ritmo mucho más rápido que el resto de los sectores económicos, todos los porcentajes pueden incrementarse en un corto plazo.

Por otro lado, las TIC contribuyen de forma indirecta al control de los GEI. El monitoreo en el ambiente y las redes de comunicación existentes en todo el mundo permiten que se tomen decisiones de manera acertada en situaciones preventivas o correctivas, las cuales son primordiales para las medidas de emergencia presentes antes, durante y después de una contingencia ambiental.

Las TIC forman parte de la solución integral en el control del cambio climático, y por este motivo los países están obligados a adoptar medidas relacionadas con temáticas como la adaptación y el uso de tecnologías verdes, entre muchos otros. Los tratados internacionales y las políticas nacionales intentan enriquecer las actividades mundiales encaminadas a aminorar el cambio climático y a adaptarse al él. Si bien es importante seguir tratando de reducir las emisiones de GEI, la mitigación por sí sola no es suficiente y todas estas ideas no tendrán sus primeros resultados hasta después de la segunda mitad del siglo en curso.

El aporte de mayor relevancia que tienen las TIC en el tema de las previsiones meteorológicas y el pronóstico y detección de los desastres naturales ha sido la creación de sistemas de observación especializados, tal es el caso de la Organización Meteorológica Mundial, un sistema global de observación que lleva un registro de los cambios en la atmósfera y en la superficie terrestre, en donde también se incluyen los océanos, y el Sistema Mundial de Telecomunicación, que es un medio el cual lleva a cabo el intercambio en tiempo real de un



gran volumen de información entre los centros meteorológicos.

Sin embargo, tales desarrollos no solo participan en el aspecto de la vigilancia, sino que también hacen aportes en otros campos como lo es la disminución de los niveles de carbono debida a la reducción o sustitución de la necesidad del traslado de las personas de un lugar a otro. Las TIC ofrecen una serie de herramientas y servicios que pueden sustituir los viajes, sobre todo en el área de los negocios, ofreciendo desde soluciones comunes (el e-mail, las llamadas telefónicas, los mensajes de texto) hasta otras muy complejas (las videoconferencias).

De la misma forma, se pueden utilizar los sistemas de transporte inteligente (ITS) que incluyen la electrónica avanzada, las comunicaciones y los sistemas informáticos, todo esto para aumentar la eficiencia y seguridad del transporte por carretera; dichos sistemas se utilizan en aplicaciones tales como la conducción ecológica, la tarificación de la congestión en el trámite del tráfico y la optimización del estacionamiento. Otra opción es la desmaterialización, el cual consiste en la sustitución de los átomos por los bits, es decir, el decremento de la distribución física de películas y música pregrabada (CD's y DVD's) y el aumento dentro de la comercialización de estos materiales auditivos en línea mediante formatos digitales (MP3).

El calentamiento del planeta ya está en marcha y es urgente disponer de estrategias de adaptación, sobre todo en los países pobres que ya están siendo afectados de manera importante, ya que la capacidad para adecuarse y atenuar los efectos del cambio climático depende en gran medida de la situación socioeconómica y medioambiental y de la disposición de la información y la tecnología.

Para finalizar, es preciso hacer mención que las TIC, como una herramienta esencial al desarrollo de la sociedad de hoy en día, tienen el potencial suficiente para ayudar a encontrar una solución a la reducción del 97.5% restante de las emisiones mundiales por parte de los otros sectores de la economía global, por lo que es necesario trabajar de manera conjunta y coordinada para lograr un incremento en la productividad y generar el ahorro de tiempo y dinero.

Dentro de la 16ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP16), las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) pueden ser parte de la solución al problema del cambio climático presente en nuestros días.

“Sabemos que las TIC han revolucionado nuestro mundo y por tanto, son vitales para confrontar problemas como el cambio climático. Los gobiernos y las industrias que creen un estrategia basada en el crecimiento de las TIC verdes serán los líderes ambientales y también los líderes económicos del siglo 21”, son palabras del Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, dichas en este evento.

Estas ideas se presentaron durante la COP16 a través del informe “Uso de las TIC para afrontar el cambio climático” preparado por empresas, entre las que se pueden mencionar, Telefónica, Research In Motion (Blackberry), Climate Associates, France Telecom y la International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT por sus siglas en español).

“Telefónica ha trabajado en este estudio porque confía que sea una herramienta para que todos los gobiernos, nuestros clientes y la sociedad en general, puedan comprender de una manera sencilla, con casos prácticos, la contribución de las TIC”, explicó Daniela Torres, jefe de la oficina de Cambio Climático de Telefónica y coautora del informe.

¿De qué se trata?

Según el documento, las TIC tienen dos formas de afrontar al cambio climático:

- En la mitigación, es decir, en la reducción de emisiones de CO₂. ¿Cómo? Creando equipos más eficientes que emitan menos contaminantes
- En la adaptación, es decir, utilizar las TIC para estar preparados y dar respuesta a los cambios en el clima que se están dando. ¿Cómo? Creando sistemas de monitoreo especiales que ayuden a la prevención y al manejo de daños.



Existen casos de éxito en los cuales se puede ejemplificar todo lo expuesto dentro del informe. Se presentan acontecimientos en donde la tecnología ha ayudado en el tema del cambio climático. Uno de estos está presente en Ecuador.

En el año 2008, las inundaciones generadas por el fenómeno de "El Niño" en este país sudamericano dañaron 3,000 millones de hectáreas de tierra, lo que provocó pérdidas económicas de 112 millones de dólares.

A raíz de esto se implementó un Sistema Móvil de Información desarrollado por una compañía latinoamericana de telecomunicaciones junto con dos instituciones académicas. Gracias a esto ayudó a disminuir el impacto de los desastres naturales generados por "El Niño".

Dicho sistema logra enviar alertas tempranas de algún cambio drástico del clima a todos los teléfonos celulares de los habitantes de dicho país, lo que permite una movilización a tiempo antes de que se presenten fenómenos meteorológicos como el caso de un huracán.

El informe demuestra cómo la inversión en la creación de sistemas como el que se usa en Ecuador puede ser una gran ayuda para todas las naciones.

Otras tecnologías existentes para contribuir al problema del cambio climático se enuncian a continuación:

- Satélites que monitorean huracanes y otros fenómenos naturales.
- Radares que llevan paso a paso el progreso de tornados, tormentas, comportamiento de volcanes y los incendios forestales.
- Sistemas meteorológicos que recolectan y procesan datos referentes al clima y que permiten hacer desde pronósticos del tiempo hasta planes de contingencia.
- Sistemas de observación satelital que obtienen información de la atmósfera (desde CO₂, vapor, concentración de ozono, entre otros), parámetros del océano (temperatura, cambios

en su nivel, etcétera), control forestal, datos para la agricultura, entre otros.

- Monitoreo a través de señales de televisión, tanto terrestre como satelital que ayuda a prevenirse ante cambios drásticos de temperatura y a controlar la navegación de los aviones

Dentro de este informe se presentan otros casos de éxito que se presentan a detalle en regiones como el Amazonas en Brasil con el uso de videoconferencias o en algunas regiones de África.

Conclusiones

Los problemas ambientales no son exclusivos de los países más desarrollados puesto que la afectación se presenta ahora grandes desastres naturales en diferentes partes del mundo, por eso es necesario que los países que tienen recursos inviertan sus recursos en investigación y desarrollo, utilizando procesos de manufactura menos contaminantes con la ayuda de las tecnologías de información y comunicación de manera eficiente, para obtener dispositivos electrónicos también pero ahora más confiables y eficientes, contaminando lo menos posible atmósfera y medio ambiente en general cuando el dispositivo este en uso.

También se debe tomar en consideración una parte muy importante que es la generación de la basura electrónica ya que al finalizar la vida útil dicho aparato electrónico, este termina convirtiéndose en un residuo electrónico que contaminará por los metales y compuestos químicos con los que se fabrica. Por ello conocer el impacto real y los daños a la salud son actividades como puntos a considerar para concientizar a las empresas impacto en menor proporción para el medio ambiente y con ello se evitar el avance del cambio climático.

Fuentes de consulta

1. "La Tecnología ayuda en el Cambio Climático" Acosta, Nelly Periódico "El Economista" Artículo consultado el día 06 de septiembre de 2012 <http://eleconomista.com.mx/tecnociencia/2010/12/13/tecnologia-ayuda-cambio-climatico>
2. "Uso de las TIC para Hacer Frente al Cambio Climático" Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) Informe



consultado el día 09 de septiembre de 2012
http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0B/11/T0B1100000A3301PDFS.pdf

3. "Tecnología de la Información y Cambio Climático" Castillo Reyes, Octavio Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana Artículo consultado el día 10 de septiembre de 2012
<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol23num3/articulos/cambioclimatico/index.htm>
4. "El Dualismo de las Tecnologías de Información en el Cambio Climático" Castillo Reyes, Octavio. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana. Artículo consultado el día 12 de septiembre de 2012
<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/tecnologia/>
5. "Las Tecnologías Multimedia y Reforma Educativa en África: El Caso de Ghana" Akyeampong, Kwame. Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Artículo consultado el día 18 de septiembre de 2012
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=15812476014>
6. "Las Tecnologías de la Comunicación y la Información en la Educación Ambiental": Una perspectiva Societal" Zabala, José; Villalobos, Karina Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal Artículo consultado el día 20 de septiembre de 2012
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=99315569004>



Educación ambiental en preescolar: el huerto escolar como una herramienta pedagógica para enfrentar el cambio climático

Virginia Isidro Vergara¹ y Fermín Díaz Guillén²

¹Universidad del Desarrollo Empresarial y Pedagógico. Email: vickyisidrovergara@hotmail.com

²Universidad Iberoamericana
Email: fermindg@yahoo.com.mx

Resumen

El cambio climático es una de las problemáticas ambientales actuales que mayor atención despierta en el mundo, provocado en gran medida por el actual modelo económico y su dependencia energética hacia los combustibles fósiles. Por ello, se debe adoptar medidas para reducir sus efectos, siendo la mitigación y la adaptación las estrategias propuestas para este fin. La educación ambiental puede ayudar en la implementación de dichas estrategias. Así se propuso un proyecto escolar en el Jardín de Niños Telpochcalli, Chimalhuacán, México, utilizando un huerto para favorecer las competencias de manera transversal con el currículo escolar, tomando en cuenta diversos contenidos relacionados con el cambio climático, en tres etapas: 1) Se parte de un diagnóstico que permite obtener las bases para seleccionar, aplicar y evaluar estrategias para elaborar la propuesta pedagógica, considerando los tres ámbitos de la labor educativa: aula, escuela y familia; 2) Se lleva a cabo la propuesta pedagógica, acercando la teoría a la práctica; 3) La evaluación se lleva a cabo mediante técnicas como la observación participante, la entrevista abierta y formal estructurada, la aplicación de situaciones didácticas, el diario de campo y cuestionarios. Resultados preliminares señalan que los diferentes sectores de la comunidad escolar están dispuestos a apoyar la creación del huerto. Los niños tienen una visión mecanicista y antropocéntrica del ambiente. La propuesta pedagógica que gira en torno al huerto ha servido para socializar, compartir responsabilidades y manifestar afecto y cuidado hacia el entorno natural, con énfasis a la mitigación y adaptación del cambio climático.

Introducción

En el año de 1995, un grupo de científicos reunidos en lo que se conoce como el Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (PICC), advirtió de la influencia humana en el cambio del clima global. Sobre todo por las emisiones de gases

de invernadero generadas por el hombre, debido a su economía basada en combustibles fósiles (Estrada-Porrúa, 2001; Ávalos-Gómez, 2004; Magaña-Rueda, 2004). Habría que señalar entonces, siguiendo a Duarte (2006), que el término cambio global climático define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra, incluyendo en este término aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global, que a su vez afecta a otros procesos de la actividad de la Tierra.

Las anomalías climáticas que se presentaron en el siglo pasado y en los primeros años del siglo XXI, son alteraciones en las formas como actualmente se experimenta la variabilidad del clima. Entre los hechos que suceden y pueden agravarse debido al cambio climático son, por ejemplo, eventos de El Niño más frecuentes o intensos, huracanes de mayor magnitud, ondas cálidas o frías más pronunciadas que son resultado de la actividad humana (Magaña-Rueda, 2004). Por ello, lo anterior ha llevado tanto a la sociedad como a gobiernos de diferentes países a interesarse por el cambio climático.

En México los sectores afectados por condiciones extremas en el clima son varios. Aunque no existe una detallada evaluación de cómo el cambio climático afectará a cada una de las regiones que componen al país, existe el denominador común en todas ellas y son los cambios en las lluvias y la humedad del suelo, que afecta los bosques y la agricultura (Magaña, *et al.*, 2004).

La solución al problema y sus consecuencias deben involucrar a todos los países, tomando en cuenta sus diferentes condiciones y capacidades, además de considerar a todos los sectores de la sociedad



(Estrada-Porrúa, 2001). Se deben plantear diferentes escenarios de participación, llevar el tema a diferentes instancias locales y regionales, realización de tareas en el interior del país, con la finalidad de que los ciudadanos se involucren en los quehaceres de mitigación y adaptación que impone el cambio climático (Delgado-Peralta, 2004).

La complejidad de la situación demanda formas de acción y particularmente de organización y cooperación que permitan hacer más eficientes los esfuerzos para resolverla, tanto de las estancias de gobierno involucradas en el tratamiento de los problemas de conservación como de todas aquellas dependencias que tienen que ver con los planes de desarrollo del país. También exige sumar las ideas y esfuerzos de la sociedad, incluyendo todos aquellos sectores que de alguna forma u otra han quedado marginados de la toma de decisiones.

De lo anterior surge la pregunta ¿cuál sería el papel de la educación ambiental en el marco de una estrategia para la mitigación y la adaptación al cambio climático? Ruge y Velasco (2004) de alguna manera responden a esta pregunta, haciéndonos notar que el papel de la educación ambiental para el desarrollo sustentable es relevante, sobre todo la construcción de una forma de vida más armoniosa con el entorno natural, y va desde la promoción de valores, la transmisión de conocimientos sobre la interdependencia de los procesos naturales y sociales, la adquisición de destrezas, conocimientos y actitudes para habilitar en la resolución de problemas, hasta facilitar información para la definición de criterios y normas de educación y la orientación de procesos que permitan construir un futuro deseable que garantice el potencial productivo y un ambiente de calidad como uno de los más elementales derechos humanos. Así queda en el entendido, de que la educación ambiental no es un fin sino un medio eficaz para transmitir al individuo, de manera continua e integral, la preparación que se requiere para enfrentar los retos ambientales para que se relacione responsablemente con su entorno y con los demás miembros de la comunidad, practicando patrones de consumo ecológicamente viables, y conforme a una ética basada en principios de justicia, equidad social, democracia, paz y seguridad.

Con base en lo expuesto anteriormente se sustenta la idea de crear un huerto escolar como herramienta pedagógica para la práctica de una educación ambiental con miras a enfrentar el cambio climático.

El niño tendrá la oportunidad de crear, vivir una serie de situaciones que le permitirán reflexionar a partir de las experiencias que se le van presentando, con lo que observa, con lo que hace, con lo que hacen los demás. Por ende se espera que al hacerse participe de una actividad que lo lleve al contacto con elementos que son de su agrado (agua, tierra, espacios abiertos)¹, lo aprecie y lo cuide. Lo anterior se considera en el Programa de Educación Preescolar que nos dice: “El conocimiento y la comprensión que los niños logren sobre el mundo natural los sensibilizará. Fomentará en ellos una actitud reflexiva sobre la importancia del aprovechamiento adecuado de los recursos naturales y orientará su participación en el cuidado y la preservación del ambiente...” (SEP, 2004). Aun más, el mencionado programa reconoce la importancia de la acción humana en el mejoramiento o deterioro de su entorno.

“Por ello es valioso que vivan experiencias para aprender sobre la importancia del trabajo en el funcionamiento de un grupo social y los beneficios que sus integrantes obtienen de él para el mejoramiento de la vida” (SEP, 2004). Así mismo Ausbel (1976) menciona que durante el aprendizaje significativo los alumnos relacionan de manera sustancial la nueva información con sus conocimientos y experiencias previas, aquí es importante enfatizar la importancia que tiene la disposición que muestran para aprender sobre todo en esta etapa preescolar. Así es como se debe tener presente que el interés que los niños manifiestan por los elementos que les rodean, persiste siempre que éstos le representen retos.

Por otro lado si consideramos que aproximadamente la mitad de la población humana vive en las ciudades y la vida urbana hace perder la conciencia de la dependencia que tienen la humanidad con los ecosistemas, nos podemos dar cuenta que la concientización ambiental no requiere necesariamente la generación de más información en una sociedad donde ésta, de alguna manera esta globalizada (Durán, 2006). Se pretende entonces, practicar lo que ya sabemos en teoría, y una forma de empezar sería tomando acciones con los niños,

¹ A lo largo de mi quehacer docente como maestra frente a grupo en diferentes jardines de niños y a través del intercambio de saberes con otras profesoras, he podido percatarme de que a los niños les gusta estar en contacto con ciertos elementos naturales que tienen a su alcance, más no siempre se les deja interactuar con ellos.



con respecto a su medio, que interactúen con este, que lo transformen, que se apropien de él sin alterarlo. Que observen y vivan de cerca el proceso de ver un espacio que sin alguna finalidad precisa² se va transformando en algo colorido, con necesidades, con vida propia, algo que embellece de manera natural, que promete aportar beneficios al ambiente: la creación de huerto escolar como herramienta pedagógica para enfrentar el cambio climático.

Con base en lo antes expuesto se fortalece la idea de la creación de un huerto escolar que no perdiera de vista las competencias a desarrollar y que además tratará de involucrar a todos los agentes que conforman a la comunidad escolar. Es decir se pretende gestionar estrategias para la práctica de una educación ambiental que resuelva, mitigue, prevenga y sobre todo desarrolle acciones concretas para la adaptación hacia problemas ambientales.

Métodos

Área de estudio

El Jardín de niños Telpochcalli se encuentra ubicado en el municipio de Chimalhuacán (figura 1). Este municipio tiene una extensión de 73.63 Km², que representa el 0.2% de la superficie del Estado de México (INEGI, 2011). Es el penúltimo municipio urbano con más alta marginación del país (H. Ayuntamiento Constitucional de Chimalhuacán, 2009). Es el sexto municipio más poblado del Estado de México contando con una población total de 614,453 habitantes (312,156 mujeres y 302,297 hombres) (INEGI, 2010)

El clima de Chimalhuacán se ha modificado para quedar como templado subhúmedo en una mínima parte del territorio y en semiseco templado un 96.09%. La temporada de lluvia es en verano (H. Ayuntamiento Constitucional de Chimalhuacán, 2009).

El Jardín de Niños Telpochcalli se encuentra en el Barrio Talabarteros del municipio de Chimalhuacán,

² Situación que he observado en los cinco Jardines de Niños que conforman la zona 20 del municipio de Chimalhuacán, donde se pueden apreciar grandes espacios con hierba, cerrados al paso de los niños e incluso con muebles en desuso. Incluso ciertos jardines de niños de contexto urbano adolecen de espacios con áreas verdes y se puede apreciar que la mayoría de sus espacios están cubiertos de cemento.

calle Ixtli sin número, entre la avenida del Peñón y calle Pantli. Pertenece a la zona escolar 20 del Sector 17, se atiende a una población de 200 niños de entre los tres años ocho meses hasta los seis años cumplidos. El plantel cuenta con siete grupos cuatro de tercero y tres de segundo grado, en el mismo edificio se localiza la Supervisión de la zona, misma que ocupa un aula y un espacio abierto. La construcción del Jardín de Niños tiene siete aulas, una dirección, un sanitario para niñas y otro para niños, así como un sanitario para maestras y dos bodegas para los diferentes materiales didácticos.

Figura 1

Ubicación del municipio de Chimalhuacán donde se localiza el Jardín de Niños Telpochcalli



Diagnóstico

Este proyecto partió de un diagnóstico que permitió obtener las bases para diseñar una serie de estrategias a favor de la educación ambiental, el cual se llevó a cabo en el mes de agosto de 2011. Las actividades derivadas de dichas estrategias se llevaron a cabo por medio de situaciones didácticas diseñadas con base en competencias que rigen al programa de educación preescolar vigente. El huerto se convirtió en un laboratorio vivo, herramienta de la propuesta pedagógica en la cual fueron considerados los tres ámbitos de la labor educativa: aula, escuela y familia.

En un primer momento (septiembre 2011) se utilizó una evaluación diagnóstica que consistió en cuestionarios a padres y entrevistas así como expresiones gráficas (dibujos) para la obtención de información de los niños.

Durante el diseño y desarrollo del huerto se evaluó a los alumnos mediante técnicas como: la observación participante, la entrevista formal estructurada, la aplicación de situaciones didácticas (cualitativas y cuantitativas); así como de otros instrumentos: diario de campo y entrevista.

Se revisaron documentos en torno al huerto, tales como: manuales, artículos y tesis, entre otros, se consultaron tanto páginas de internet como



bibliotecas, también se propiciaron pláticas informales con los docentes del plantel para recopilar sus vivencias en cuanto a lo que han cultivado es sus años de práctica en este Jardín de niños.

Implementación de la propuesta pedagógica

En un primer momento, en el mes de septiembre de 2011, se realizaron actividades para el aprendizaje de separación de basura orgánica e inorgánica. Meses más adelante se incrementaron otros residuos para la clasificación de basura. Le siguió el escarbar un área para la elaboración de la composta, actividad que se complicó por falta de herramientas. Posteriormente se preparó la composta la cual se espero seis meses para poder utilizarse. Se germinaron algunas semillas, trasplantándose y sembrándose en el terreno destinado para esta actividad. Previamente se escombró el terreno para sembrar. Los niños con apoyo de las diferentes personas involucradas cuidaron la siembra y le dieron mantenimiento. En esta etapa nos facilitaron palas y rastrillos, pero por

ser de plástico duraron poco. Finalmente cosecharon (Tabla 1)

Evaluación de la propuesta pedagógica

En esta última etapa se evaluaron a los niños mediante el uso de técnicas como la observación participante, la entrevista formal estructurada, dibujos, y la aplicación de situaciones didácticas. En esta etapa se empleó el Diario de Campo. Se evaluó también con lo arrojado en lo manifestado durante charlas en torno a lo aprendido.

Resultados y discusión

Los resultados diagnósticos que aquí se presentan son sólo parte de una investigación amplia realizada en todo un ciclo escolar, retomando únicamente resultados específicos al tema desarrollado. Hasta el momento, los resultados son predominantemente cualitativos. De acuerdo a la información obtenida mediante los primeros instrumentos evaluativos, los diferentes sectores, que integran la comunidad escolar estuvieron dispuestos a apoyar la creación del huerto (figura 2).

Tabla1 Actividades del huerto, ciclo escolar 2011-2012

TEMA	FECHA	DURACIÓN	APRENDIZAJES
SEPARACIÓN DE ORGÁNICOS E INORGÁNICOS	AGOSTO	DICIEMBRE	DISTINGUIÓ ENTRE DOS TIPOS DE BASURA
ELABORACIÓN DE COMPOSTA	SEPTIEMBRE	DICIEMBRE	COMPENDIÓ EL PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE LA BASURA
GERMINAR	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FUNCIÓN QUE TIENE, VENTAJAS
PLANTAR ESQUEJES	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	CONOCIÓ OTRAS ALTERNATIVAS DE OBTENER PLANTAS
AIRAR COMPOSTA	ENERO	FEBRERO	OBSERVÓ QUE SUCEDIÓ CON LA BASURA ORGÁNICA
PREPARAR TIERRA PARA SEMBRAR	FEBRERO	MARZO	CONOCER LA COMPOSICIÓN DE LO QUE SE HA ELEGIDO COMO PARCELA. ACONDICIONARLA



Figura 2

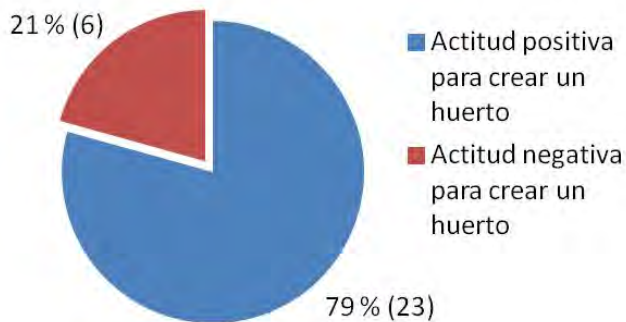


Figura 3

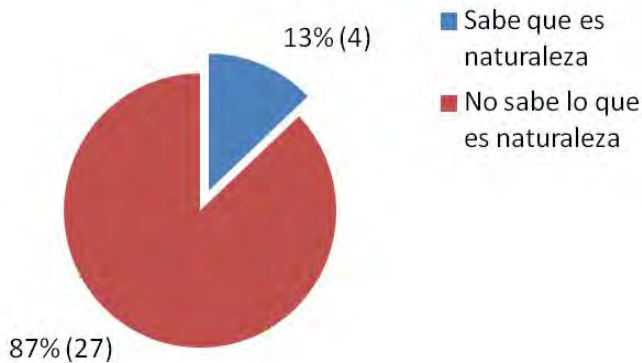


Figura 4



Padres de familia dispuestos a participar en la creación de un huerto escolar. Por otro lado, los niños tienen una visión mecanicista y antropocéntrica del ambiente.

La palabra naturaleza no era significativa para ellos. Hortaliza, huerto, parcela y milpa eran palabras desconocidas para ellos (figura 3). Los padres, en general, tienen una visión naturalista en cuanto a temas de educación ambiental.

Niños que manifiestan saber que es la naturaleza. Por otra parte, la mayoría de padres de familia no han estado con su hijo en ambientes naturales, como un cerro, un bosque o un parque, entre otros.

Padres de familia que han estado en ambientes naturales con su hijo.

La propuesta pedagógica desarrolló actitudes positivas posteriores a su implementación. Una de ellas es que dentro del grupo había niños que se preocupan por llevar basura orgánica sin que se les solicitara, incluso había quienes tuvieron iniciativa para cuidar a las plantas, pocos son los que levantan una basura del patio sin haberla tirado ellos, algunos otros recomiendan a sus compañeros abrir poco la llave del agua para que no se derrame y muestran preocupación cuando se desprecina algún recipiente o gotea alguna llave. Trabajar con la composta y el hecho de haber germinado algunas semillas y sembrado otras, es tarea que agradó a la mayoría del grupo, han comenzado a observar cualidades de las plantas o de la semilla que escapan a simple vista. Algunos pueden diferenciar entre especies de plantas, si son o no comestibles o medicinales.

La creación del huerto propició que los padres de familia apoyaran a los niños con el trabajo pesado (aflojar la tierra, hacer la fosa para la composta), dándose una interacción con otros adultos. Se fomentó a que los niños participaran en todas las actividades relacionadas con el huerto. La separación de residuos orgánicos e inorgánicos fue una de las actividades primarias. Separar y transportar al área de composta la basura orgánica era de las actividades que en un principio pocos querían hacer porque, según sus propias palabras, les daba asco. Se reflexionó acerca del origen de esa basura y el porqué era adecuado separarla y enterrarla. En el periodo de la preparación y elaboración de la composta manifestaban el gusto por su escuela, ya que en ella existían árboles, plantas, tierra, pasto y podían escarbar, regar y la asociaban con un parque.



Cuando escombraron el terreno para sembrar se encontraron con basura inorgánica de todo tipo, lo que propició pláticas para evitar el consumo desmedido y consumir artículos con empaques mínimos o amigables con el ambiente (reciclables).

Al interactuar los niños con el ambiente que les rodeaba y al participar en el rescate de un espacio natural y observar cómo se embellecía cambio su actitud hacia este, les gustaba estar cerca del él, jugar y a la vez se volvieron vigilantes del entorno para que otros compañeros custodiaran lo que consideraban “ellos habían trabajado”.

Ocasionalmente daban explicaciones del porque debían de propiciar cuidados a las plantas, alegando la purificación del oxígeno; en otros momentos llevaban ante mí a quién las maltrataba, así como hubo algunos momentos en que incluso pretendieron agredir a quién no les prestaba atención cuando le impedían lesionar a algún elemento de la naturaleza. Por tanto aprendieron a apreciar su trabajo y el de los demás, tuvieron que hacerse escuchar con palabras argumentando las razones de sus actitudes.

Compartieron con otros adultos y niños la secuencia que dio como resultado una planta, el proceso del que fueron testigos. Educaron a su familia para que separaran la basura. Aprendieron a controlar sus impulsos y emociones, pues al ver retoños los extraían para mostrarlos a los demás, después se daban cuenta de que se había cortado su ciclo de vida (germinado).

Aprendieron a escuchar sugerencias de otras personas para llevar un mejor proceso de la siembra. Practicaron el respeto por el medio así como de las personas. Toleraron la frustración de que no todo lo trabajado dio frutos y esto les permitió valorar lo que sí dio un producto. Se dieron la oportunidad de degustar alimentos que no acostumbraban.

Se dieron cuenta del trabajo que nos ahorro el tiempo de lluvias. Se apropiaron de vocabulario, que incluso sus padres reconocieron no estar familiarizados con él. Se dio el aprendizaje entre pares ya que unos aprendían rápidamente conceptos y acciones y lograban transmitirlos a los demás.

Hasta el momento, la propuesta pedagógica que gira en torno al huerto ha servido para socializar, compartir responsabilidades y manifestar afecto y cuidado hacia el entorno natural.

Como se ha visto y como lo argumenta Diamond (2004), la capacidad de unas sociedades para perdurar mientras otras desaparecen depende fundamentalmente de su capacidad adaptativa en términos de cambio social. El huerto ha funcionado como el espacio donde se puede llevar, conforme a lo observado, este cambio social para enfrentar diferentes problemáticas ambientales, que dan origen al cambio climático.

Retomando a Diamond (2004), quién menciona que la esperanza del futuro de la civilización de los albores del tercer milenio radica en saber utilizar algo que no tuvieron las sociedades del pasado que se extinguieron en el total aislamiento, un flujo de información “globalizada” que nos permite conocer en tiempo real lo que está ocurriendo en cualquier parte del planeta.

El huerto puede ayudar a aprender de los errores, así como de las acciones, de las sociedades que nos precedieron y de las actuales por remotas que sean con respecto a la problemática ambiental.

Así la educación mediante la implementación de herramientas pedagógicas, como podría ser un huerto escolar, es de primordial importancia para comprender, anticipar y reaccionar ante el problema de cambio climático el cual, como menciona Duarte (2006), involucra a diferentes sectores: ciencia, tecnología, política, medios de comunicación, sociedad civil, sector privado, lo imprevisible y la educación y sensibilización ambiental.

Si la información de la que nos habla Diamond (2004) es manejada conjuntamente con la acción que menciona Ruge y Velasco (2004) entonces, la creación de un huerto con la intención de practicar la educación ambiental, que sirva como medio para la mitigación y la adaptación ante el cambio climático, es viable.

Como ya es sabido, a nivel mundial se empiezan a tomar medidas estrictas para tratar de prevenir desastres debido al deterioro ambiental, mediante la invitación al cambio de maneras de hacer y de ser, que nos permitan una interacción amable con el ambiente.



Más aún, los países en vías de desarrollo precisan de programas de economía alternativa y de compromiso ambiental desplegando, por ejemplo, programas de agricultura ecológica y permacultura, y uso de energías alternativas amigables con el ambiente, permitiría pasar de una educación ambiental a una educación para la sustentabilidad (Toledo y Boada, 2003). Este fue el eje en torno al cual se intentó que girara el proyecto del huerto, ya que este último nos ayudó como herramienta para iniciarnos en una educación ambiental efectiva que contribuya a reducir la problemática ambiental.

Concluyendo, los niños observaron los cambios que se producen en una semilla, en una planta y en el entorno en general. Fueron capaces de reflexionar acerca de los resultados obtenidos e infirieron el por qué de dichos resultados.

Aprendieron a esperar para obtener un resultado y manejaron la frustración si este no fue como lo esperaban, siendo capaces de modificar el proceso a partir de escuchar otras experiencias. La división del grupo en subgrupos, durante las diferentes actividades del huerto, les permitió socializar con todos los integrantes de su aula, niños de otros grupos y adultos.

Participaron directamente en todo el proceso, desde la separación de la basura orgánica, preparación de la composta, pasando por limpiar y preparar el terreno donde sembraron las semillas, sembraron, regaron, deshieron, dieron mantenimiento y finalmente durante la cosecha transmitieron sus experiencias al grupo que les precede invitándoles a consumir lo que produjeron. Entre cada actividad presenciaban pláticas por parte de otros adultos, exposiciones de sus compañeros y lecciones por parte del docente.

Dicha información fue con referencia al beneficio que aportaba el responsabilizarse en la tarea del huerto y lo que aportaban al ambiente escolar, en particular, y a su comunidad en general.

Fuentes de consulta

1. Ausubel, D. 1976. *Psicología Educativa*. Editorial Trillas. D. F. México.
2. Avalos-Gómez, M. 2004. Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático, PICC. En: J. Martínez y A. Fernández-Bremauntz (comps.). *Cambio*

- Climático: Una Visión desde México*, pp. 125-141. SEMARNAT. INE. D. F. México.
3. Boada, M. y V. M. Toledo. 2003. *El Planeta, Nuestro Cuerpo. La Ecología, el Ambientalismo y la Crisis de la Modernidad*. Fondo de Cultura Económica. D. F. México. 237 p.
4. Delgado-Peralta, M. 2004. El papel de las organizaciones de la sociedad civil ante el cambio climático global. En: J. Martínez y A. Fernández-Bremauntz (comps.). *Cambio Climático: Una Visión desde México*, pp. 491-512. SEMARNAT. INE. D. F. México.
5. Diamond, J. (2005). *Colapso. Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*. Debate. Barcelona.
6. Duarte, C. M (coord.). 2006. *Cambio Global. Impacto de la Actividad Humana Sobre el sistema Tierra*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 1 p.
7. Estrada-Porrúa, M. 2001. Cambio climático global: causas y consecuencias. *Notas. Revista de de Información y Análisis* 16: 7-17.
8. H. Ayuntamiento Constitucional de Chimalhuacán. 2009. *Plan de Desarrollo Municipal de Chimalhuacán 2009-2012*. Chimalhuacán, Estado de México. 177 p.
9. INEGI. 2010. *Principales Resultados del Censo de Población y Vivienda. 2010*. <http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/mex/15_principales_resultados_cpv2010-2.pdf> [consulta: 17 febrero 2012]
10. INEGI. 2011. *México en Cifras. Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios. Chimalhuacán, México*. <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=15>> [consulta: 18 febrero 2012]
11. Magaña-Rueda, O. V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En: J. Martínez y A. Fernández-Bremauntz (comps.). *Cambio Climático: Una Visión desde México*, pp. 17-27. SEMARNAT. INE. D. F. México.
12. Magaña, V., J. M. Méndez, R. Morales y C. Millán. 2004. Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. En: J. Martínez y A. Fernández-Bremauntz (comps.). *Cambio Climático: Una Visión desde México*, pp. 204-213. SEMARNAT. INE. D. F. México.



13. Ruge, T. y C. Velasco. 2004. La sensibilización y formación de recursos humanos como estrategia de apoyo para revertir el cambio climático. En: J. Martínez y A. Fernández-Bremauntz (comps.). *Cambio Climático: Una Visión desde México*, pp. 514-519. SEMARNAT. INE. D. F. México.
14. SEP. 2004. Programa de Educación Preescolar 2004. D. F. México. 142 p.



La restauración ecológica de ecosistemas tropicales. Propuesta de contenido para hacer un diagnóstico previo a implementar una respuesta a la mitigación de gases de efecto invernadero en el municipio de Pajapan, Veracruz, México.

Daniel Jarvio Arellano¹

¹Fomento y Gestión a la Conservación del Desarrollo Ambiental Sustentable A. C.
Email: djarvio@gmail.com

Introducción

El municipio de Pajapan, Veracruz, se encuentra ubicado en la porción sureste del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, dentro de la región Olmeca. Este territorio posee una matriz de Selva Mediana Perennifolia con elementos de Bosque Mesófilo de Montaña conservada que se ha visto afectada por fenómenos meteorológicos en los últimos 5 años. Su cercanía al Golfo de México y la presencia del Sistema Montañoso Sierra de los Tuxtlas, incrementan la vulnerabilidad del territorio y sus habitantes a los efectos adversos del cambio climático global.

La falta de empleo que predominan en la región aunado a las condiciones de extrema pobreza, son los principales factores sociales que incrementan la presión hacia los recursos naturales que aún conserva el municipio. Consideramos que en la medida que ofertemos oportunidades de empleo basados en la restauración ecológica del territorio, estaremos contribuyendo a la formación de capital humano capaz de llevar acciones de reforestación – forestación, obras de conservación de suelos y aguas para favorecer el secuestro de gases de efecto invernadero a través de producción de biomasa vegetal e incorporación de los mismos a la dinámica edáfica.

Antecedentes

La drástica transformación que ha sufrido la vegetación natural en el territorio veracruzano, perdiendo más del 85% de la misma¹, ha incrementado la vulnerabilidad del Estado ante los

efectos derivados del cambio climático global. Prueba de ello, son los huracanes *Stan* (2005), *Dean* (2007), *Karl* y *Mathews* (2010) que han devastado e inundado grandes superficies en la Cuenca Baja del Río Coatzacoalcos, particularmente las zonas asentadas dentro de la subcuenca de la Laguna del Ostión. La falta de oportunidades de desarrollo humano en las comunidades rurales ha favorecido la deforestación de distintos ecosistemas incluyendo la vegetación riparia que regula la entrada de agua y contaminantes a los cauces principales, siendo por tanto, un área de importancia estratégica en aspectos de restauración ecológica.

La presencia de extensas superficies agropecuarias asentados a la rivera de los cauces tributarios de los Ríos que no respetan la **Zona Federal** considerada 10 m. de ambos lados de los ríos², representan un reto para la aplicación de la normatividad vigente en México. Consideramos que los tres niveles de Gobierno y las organizaciones de la sociedad civil y las industrias, debemos de promover la recuperación ambiental de la vegetación riparia como medida de regulación de los flujos hídricos superficiales, secuestro de carbono y conservación de la biodiversidad.

Por lo general, en las comunidades asentadas en la rivera de los Ríos, formadas por agricultores, ganaderos y pescadores, las actividades productivas no son suficientemente rentables para satisfacer las necesidades de estos grupos sociales,

¹ PRONATURA, TNC, UV, INECOL, UAT, CONANP. 2009. Planeación Ecorregional de Bosques y Selvas del Limite Neotropical de México. 207 p. p. versión C. D.

² Ley de Aguas Nacionales Reformada el 08 de junio de 2012. H. Congreso de la Unión, Cámara de Diputados. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf>



quienes al trasladarse a áreas urbanas, favorecen la aparición y crecimiento de los cinturones de miseria. Buscamos por tanto la formación de *cuadrillas locales* formadas por jóvenes que posean capacidades técnicas y científicas para documentar la biodiversidad de los ecosistemas que se utilizarán para la restauración ecológica de las áreas degradadas.

Localización del área de estudio

El municipio de **Pajapan** (*Pah-a pan* o *lugar entre arroyos*, vocablo con origen en el náhuatl del sur³) se encuentra en la vertiente Sureste de la entidad veracruzana, particularmente en las estribaciones Sur – Sureste de la elevación denominada Sierra de San Martín Pajapan, su territorio municipal abarca aproximadamente 305.98 kilómetros cuadrados, distribuidos desde la Laguna del Ostión hasta la cima del volcán San Martín Pajapan, en donde podemos encontrar el mayor punto de elevación de hasta 1140 msnm.

Pajapan está ubicado en la parte más sureña de La Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, cuya área núcleo III se encuentra en la cima del Cerro San Martín Pajapan, donde aproximadamente 1,883 ha están cubiertas por selva y algunas superficies menores de bosque Mesófilo de Montaña. De esta área forestada 798 ha corresponden a los Bienes Comunes de Pajapan y el resto al municipio de Tatahuicapan de Juárez, particularmente al Ejido Benigno Mendoza y en menor proporción al Ejido de Tatahuicapan de Juárez, Veracruz.

Es importante mencionar la heterogeneidad del gradiente altitudinal que se presenta desde la parte alta del Cerro San Martín Pajapan hasta la zona costera y manglar en la Laguna del Ostión, lo cual provoca una amplia riqueza ecológica; diversidad de climas y vegetación, originando también una importante cantidad en escurrimientos que forman parte de la red hidrológica de la cuenca del río Coatzacoalcos, en la subcuenca de la Laguna del Ostión y las micro cuencas ahí establecidas. Como resultado de las características orográficas predominantes y los altos índices de precipitación pluvial en la zona, propician la formación de humedales de agua dulce en los *bajos* cercanos a la costa. En estos ecosistemas se producen servicios ambientales de importancia estratégica para el

desarrollo de la vida humana, como la producción de oxígeno, el secuestro de carbono atmosférico, así como la conservación de la biodiversidad.

Desafortunadamente la implementación de modelos de desarrollo económico en México (modelo de desarrollo estabilizador y sustitución de importaciones) durante las décadas de los 60's y 70's, favorecieron la degradación del patrimonio natural (recursos naturales) que poseía el país en esos momentos. La implementación de la agricultura y ganadería en sitios sin potencial colocó a miles de hectáreas con una alta tasa de erosión de los suelos forestales de las selvas tropicales húmedas, principalmente en el sur y sureste de México.

Los pastizales o potreros que hoy conocemos tienen un pasado agrícola debido a que sobre este terreno se cultivaron maíz, frijol con mayor frecuencia. Una vez que fueron perdiendo su productividad, se transformaron en pastizales; aunque en algunos casos se transformaron áreas bien conservadas para establecer áreas destinadas a la alimentación del ganado vacuno. Este mal uso del suelo tiene ahora como consecuencia una vasta inmensidad de tierra por *restaurar*⁴, hablando exclusivamente de la demarcación territorial denominada *Bienes Comunes de Pajapan*, Veracruz, México.

Topografía

El territorio municipal de Pajapan, Ver., se encuentra inmerso dentro de la provincia fisiográfica **Llanura Costera del Golfo Sur**, dentro de la clase 11, que se caracteriza por la presencia de *Montañas de laderas abruptivas, de alturas relativas superiores a los 600 msnm., con relieve modelado de disección Plioceno-Cuaternario* (Chiappy-Jhones *et al.*, 2002⁵). Alrededor del 13 % de la superficie de la "Región de los Tuxtlas", presenta un sistema montañoso conformado por elevaciones volcánicas, lomeríos intermedios y elevados que situados sobre laderas

⁴Entendido el concepto como "el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado mediante la aplicación de diversas técnicas de recuperación – transposición de suelos, conservación de agua, reforestaciones con plantas nativas y establecimiento de "núcleos" de recuperación de la cubierta vegetal. El éxito de la restauración está en la participación activa de las comunidades rurales que cohabitan en dichos espacios forestales.

⁵Chiappy-Jones, C. J.; L. Gama; M. Soto-Esparza; D. Geissert & J. Chávez. 2002. Regionalización paisajística del Estado de Veracruz, México. *Universidad y Ciencia* 18 (36): 87 – 113.

³ Trujillo-Jáuregui, S. 2011. Comunicación personal. Etimología náhuatl, traducción al castellano, Febrero de 2011.



montañosas, forman el paisaje serrano de la región (Geissert, 2006⁶). El promedio del ángulo de inclinación de las pendientes, oscila entre 27 y 35%.

Clima

Se presentan un tipo de clima en el municipio de Pajapan, el clima es de tipo **AM (f)** y se caracteriza por contar con un régimen de lluvias en verano con influencia de monzón. Presenta rangos de precipitación entre 1800 – 2500 mm., anuales, con un porcentaje de lluvia invernal de 5 - 10% (con respecto del total anual, tomado de Soto, 2006⁷). La temperatura media anual es mayor a los 22° C. Las precipitaciones más intensas ocurren durante los meses de junio-septiembre y disminuyen con la llegada de los meses del otoño-invierno, aunque los índices de humedad se mantienen hasta el mes de febrero. Este tipo de clima predomina en la vertiente del Golfo de México, alcanzando altitudes de hasta los 900 m. de altitud en la parte continental (Soto & Gama, 1997⁸, Soto, 2006⁹).

Hidrología

El municipio de Pajapan, se encuentran inmersos dentro de la Región Hidrológica no. 29, que corresponden a la Cuenca del Río Coatzacoalcos, destacando las microcuencas de los ríos Agachapa, Chinimita, Zapoapan, Huayagacha, Sochapa, Sepaquiapa, Tenantitanapa y Chamilpa. Todas ellas inmersas dentro de la Subcuenca Laguna del Ostión. Es importante mencionar que todas estas escorrentías superficiales perennes afectaron extensas áreas de Selva Mediana Perennifolia y Acahuales de distintas edades asentados en las riveras de los mismos durante el mes de octubre de

⁶Geissert, K., D. 2006. Parte 2: Geomorfología, págs.: 159 – 179. In: Guevara, S., S.; Laborde, D., J. & Sánchez-Ríos, G. 2006. “El paisaje de la Sierra de Los Tuxtlas”. Instituto de Ecología – Unión Europea. 288 págs.

⁷Soto, M. 2006. Parte 2: El Clima, págs.: 195 – 199. In: Guevara, S., S.; Laborde, S., J. & Sánchez-Ríos, G. 2006. “El paisaje de la Sierra de Los Tuxtlas”. Instituto de Ecología – Unión Europea. 288 págs.

⁸Soto, M. & L. Gama. 1997. Climas. In: González-Soriano, E., R. Dirzo & R. Vogt (Edits.) “Historia Natural de Los Tuxtlas” UNAM-CONABIO, México, D. F. Págs: 7 – 23.

⁹Soto, M. 2006. Parte 2: El Clima, págs.: 195 – 199. In: Guevara, S., S.; Laborde, S., J. & Sánchez-Ríos, G. 2006. “El paisaje de la Sierra de Los Tuxtlas”. Instituto de Ecología – Unión Europea. 288 págs.

2010, cuando se presentó el fenómeno meteorológico **Mathews**. La recurrencia de este tipo de fenómenos climáticos aunado a la deforestación que predomina en la zona coloca con un alto grado de vulnerabilidad a la demarcación territorial denominada *Bienes Comunes de Pajapan* ante los efectos adversos del cambio climático global.

La enorme apertura de los cauces de agua superficiales y el excesivo acarreo de rocas hacia las partes medias bajas y bajas de las microcuencas anteriormente citadas, incrementan la posibilidad de sufrir el abasto de agua para consumo humano en la cabecera municipal y la localidad de San Juan Volador. Las altas temperaturas en el ambiente registradas durante la época de estiaje y el calor acumulado por las rocas depositas en los lechos de los cauces incrementan notablemente la temperatura ambiental que posee en agua en condiciones naturales. Esta elevación de la temperatura en el agua favorece su evaporación y su infiltración en determinados tramos de los cauces, cambiando el comportamiento de las escorrentías superficiales y afectando a la biodiversidad que se desarrolla en los medios acuáticos o humedales de agua dulce.

Las especies de peces, artrópodos, moluscos y algunas herbáceas son los principales organismos que pueden verse afectados por las modificaciones de las condiciones micro climáticas que poseían antes del fenómeno meteorológico **Mathews**.

Aunado a lo anterior, es importante destacar que la región de “Los Tuxtlas”, destaca a nivel nacional por ser una de las cinco regiones más lluviosas de todo el país y, en donde la precipitación media supera a los 3500 - 4500 mm., anuales (CNA, 1996¹⁰; Soto & Gama, Op. Cit.¹¹; Soto. Op. Cit.¹²).

Esta conjunción de condiciones como los altos niveles de precipitación pluvial y extensas superficies deforestadas sobre sitios en donde predomina la heterogeneidad del relieve, indica que su principal vocación de la región es para la

¹⁰ CNA.1996. Datos hidroclimáticos por región hidrológica y volumen de descargas al mar por cuenca. Subdirección General de Programación., México, D.F.

¹¹Soto, M. & Gama, L. Op. Cit.

¹²Soto, M. Op. Cit.



producción forestal e hidrológica. El ser parte de una Reserva de la Biósfera aportando a la misma la Zona Núcleo San Martín Pajapan, hacen de esta zona una de prioridad para su restauración ecológica. Es necesario conjuntar esfuerzos para desarrollar este tipo de obras, sobre todo, esfuerzos financieros para materializar acciones que favorezcan a todos los pobladores de la región sur del estado.

Suelo

Los suelos encontrados son de tipo **Luvisol Férrico (Lf)**. Este tipo de suelo, como se puede observar en la imagen ocupa parte Centro-Sur del municipio de Tatahuicapan de Juárez y prácticamente todo el territorio municipal de Pajapan, Ver. Se caracterizan por presentar altos contenidos arcillosos en su estructura, de profundidad moderada de entre 40 – 100 cm., capa superficial de color pardo oscuro, textura media y estructuras formadas por bloques subangulares, poseen un Horizonte B **Argílico** de color pardo rojizo, con alta presencia de arcillas, quienes llegan a presentar motas de color rojizo oscuro cuando húmedas, con textura fina y estructura en bloques angulares. La fertilidad y productividad de este tipo de suelos se ha registrado como **Moderada**, pero muy susceptibles a la erosión. Generalmente se presentan en sitios en donde las pendientes son moderadas, lo que ocasiona con frecuencia deslizamientos geomorfológicos como deslaves, principalmente en caminos recién abiertos durante la época más lluviosa del año (DOF, 2009¹³; INEGI, 2005¹⁴; Campos, 2006¹⁵).

Uso del suelo

¹³Diario Oficial de la Federación (DOF). 2009. Conclusión del Programa de Manejo de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, ubicada en los municipios de Ángel R. Cabada, Catemaco, Mecayapan, Pajapan, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla, Soteapan y Tatahuicapan de Juárez, en el estado de Veracruz. CONANP. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5121873&fecha=27/11/2009

¹⁴INEGI. 2005. Mapa Uso potencial de la tierra. Escala: 1:1,000,000

¹⁵Campos, C. A. 2006. Parte 2: El suelo. Págs.: 181 – 193. In: Guevara, S., S.; Laborde, D., J. & Sánchez-Ríos, G. 2006. “El paisaje de la Sierra de Los Tuxtlas”. Instituto de Ecología – Unión Europea. 288 págs.

Los Usos del Suelo que se pueden en el municipio de Pajapan, Veracruz, son en su mayoría de Selva Mediana Perennifolia Conservada y acahuales de la misma con distintas edades de desarrollo, siendo los **Acahuales Jóvenes (5 – 10)**, los más abundantes en relación a los **Acahuales Maduros (15 – 30 años)**, que indica la poca intensiva intervención humana en estas áreas durante tiempos recientes para el establecimiento de áreas productivas como la siembra de maíz y la ganadería extensiva. Es importante mencionar a la ganadería como la principal actividad económica en todo el municipio y la región, ocupando extensas superficies aun en sitios sin mucho potencial para la misma.

Vegetación

La vegetación presente en el municipio de Pajapan, Veracruz, es del tipo **Selva Mediana Perennifolia** (Pennington & Sarukhán, 2005¹⁶; Rzedowski, 2006¹⁷; Castillo-Campos & Laborde, 2006¹⁸). Esta asociación vegetal se caracteriza por la altura de los árboles que ahí se desarrollan, los cuales alcanzan alturas máximas de 15 – 20 m., aunque los diámetros de los fustes son de tallas medianas en comparación con los registrados dentro de la **Selva Alta Perennifolia**. Por lo general, este tipo de vegetación se encuentra sobre terrenos con pendientes pronunciadas y en barrancas. Esta condición limita el desarrollo de los diámetros de los fustes de los árboles ahí presentes. Este tipo de vegetación comparte especies forestales con la Selva Alta, su única diferencia es la altura de sus componentes arbóreos; al igual que la asociación anterior ha sido considerado por los autores antes citados como uno de los más desarrollados, exuberantes y ricos en especies vegetales de diversas formas y tipos.

¹⁶ Pennington, T. D. & J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3ra. Edición. Texto Científico Universitario. UNAM-Fondo de Cultura Económica. 523 págs.

¹⁷Rzedowski, J. 2006. La Vegetación de México. 1ra. Edición Digital. LIMUSA-CONABIO.

¹⁸Castillo-Campos, G. & J. Laborde. 2006. Parte 3: La vegetación. Págs.: 231 – 267. In: Guevara, S., S.; Laborde, D., J. & Sánchez-Ríos, G. 2006. “El paisaje de la Sierra de Los Tuxtlas”. Instituto de Ecología – Unión Europea. 288 págs.



Los árboles del estrato superior, alcanzan alturas menores a los 20 m.; entre ellos, podemos encontrar a las siguientes especies: *Andiragaleottiana*, *Ascomiumpanamense*, *Brosinumalicastrum*, *Bursera simaruba*, *Cordiamegalantha*, *Cymbopetalumbaillonii*, *Cupania glabra*, *Guarea glabra*, *Dialiumguianense*, *Diospyrosdigyna*, *Dussia mexicana*, *Inga pavoniana*, *Licariavelutina*, *Lonchocarpuscruentus*, *L. guatemalensis*, *Nectandrasalicifolia*, *Pimienta dioca*, *Quararibeafunebris*, *Spondias radlkoferi*, *Terminalia amazónica* y *Vochysiaguatemalensis*.

Un grupo vegetal que también se encuentra bien representado a nivel del sotobosque, son las *Palmas*. Una de las especies que mayor dominancia (densidad x área) tienen sobre las demás es *Astrocaryummexicanum* (*chicho*), seguida del grupo de *Tepejilotes*, donde la mayoría de ellas alcanzan un promedio de 1 m de altura. Las especies que conforman este grupo de tepejilotes son las siguientes: *Chameadoratepejilote*, *Ch. ernesti-augustii*, *Ch. metallica*. Otras especies de palmas con menor frecuencia de aparición, son: *Bactrisbaculifera*, *Desmoncusferox* y *Reinhardtigracilis*.

Por lo que respecta a los árboles del dosel bajo, de hasta 10 m., de altura, existen también una gran diversidad de especies entre las que destacan las siguientes: *Farameaoccidentalis*, *Psychotriafaxluscens*, *Swartziaaguatemalensis*, *Amphitecatuxtensis*, *Malmeadepressa*, *Calatolalae viegata* y *Hampea nutricia*.

Otras formas biológicas comunes de encontrar en las selvas, lo constituyen los grupos de lianas o vejucos, así como las epifitas (bromelias, orquídeas y afines). Las especies de lianas más comunes son: *Abutapanamensis*, *Arrabidaepubescens*, *Stizophyllumriparium*, *Connarusschultesii*, *Cydistaaequinoctialis*, *Mascaganiavacciniifolia*, *Trepterysdonnell-smithii*, *Hiareavelutina* y *Paragoniapyramidata*. Entre las representantes de las epifitas, destacan las bromelias y las orquídeas, quienes se representan a través de las especies: *Aechmeabracteata*, *Columneashiedeana*, *Encyclia radiata*, *Epiphyllumphyllanthus*, *Kohleriadeppeana*, *Peperomiaobtusifolia*, *Tillandsiapyramidata*, *Anthuriumflexile*, *Monstera deliciosa*, *Syngoniumpodophyllum* y *Philodendronsp.* (Castillo-Campos & Laborde, Op. Cit.¹⁹).

¹⁹Castillo-Campos, G. & J. Laborde. Op. Cit.

También es posible observar una pequeña porción de *Bosque de Liquidámbar* sobre las parcelas que se encuentra establecidas en la porción sur de las faldas del Volcán San Martín Pajapan. La fisonomía de la vegetación aquí mencionada es de forma triangular, de tonalidades naranjas – rojizas en sus hojas durante la primavera, verde tierno a verde intenso durante el verano y finalmente se van tornando de color café a finales del otoño y fenecen durante el invierno. La especie arbórea dominante es el *Liquidambar styraciflua* u “ocozacote” y presenta alturas de hasta 15 m. Este bosque en los predios visitados, presenta básicamente dos estratos, un estrato arbóreo dominado por la especie mencionada y otro estrato herbáceo en donde es común encontrar especies anuales. Es importante mencionar que a pesar de no estar bien representado el sotobosque o estrato arbustivo, es posible encontrar algunos helechos arborescentes pertenecientes a los géneros *Alsophilay Cyatheap* principalmente. Se distribuye desde los 543 hasta los 1000 msnm., aunque en la medida que se incrementa la altitud disminuye su dominancia sobre otras especies. Vázquez-Torres *et al.*, (2010)²⁰; considera a este ecosistema como parte del *Bosque Mesófilo de Montaña*.

Actualmente se tienen registradas 2383 especies vegetales provenientes de la Región de Los Tuxtlas (DOF. Op. Cit.; Sosa & Gómez-Pompa, 1994²¹), aunque existen varios autores que en diversos años han reportado cifras distintas sobre la riqueza florística de la Reserva de Los Tuxtlas, como se puede apreciar en la tabla 1

Flora y fauna

La región en la que se encuentra ubicado el municipio de Pajapanaun se mantienen varias especies endémicas de flora de la región y varias de ellas con determinada categoría de riesgo, en mismo caso sucede para la fauna, en la cual existen especies catalogadas con categorías de riesgo

²⁰ Vázquez-Torres, S. M., Armenta-Montera, S., Campos-Jiménez, J. & Carvajal-Hernández, C. I. 2010. Árboles de la región de Los Tuxtlas. Comisión Estatal para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia y Centenario de la Revolución Mexicana. 398 p.p.

²¹Sosa, V. & A. Gómez-Pompa (Comp.) 1994. Lista florística. Flora de Veracruz, *Fascículo 82*. Instituto de Ecología, A. C., Veracruz, México.



global (NOM ECOL-059- 2001²²; CITES, 2009²³; Red List de la UICN²⁴).

Las especies vegetales y animales reconocidas en la NOM-ECOL-059, CITES y Red List de la UICN, con determinada categoría de riesgo y presentes en los predios son las siguientes (Ver Tabla 2, 3 y 4)

Como se puede apreciar en las tablas anteriormente presentadas, existen en los predios varias especies indicadoras del buen estado de conservación de los ecosistemas. Sin embargo, la fragmentación de la selva primaria ha impactado negativamente a las poblaciones de flora y fauna que aquí se desarrollan, así como con el pasado fenómeno meteorológico *Mathews* que dejó muchos organismos muertos sobre los lechos de los ríos y arroyos que fluyen por la demarcación territorial denominada municipio de *Pajapan*.

Población

De acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010²⁵), la población de Pajapan es de 15909 de los cuales 7923 son hombres y 7986 son mujeres. La mayor parte de esta población se encuentra establecida dentro de las siguientes localidades como son: Batajapan, San Juan Volador, Peña Hermosa y la cabecera municipal Pajapan.

Indigenismo

De acuerdo a los resultados que presenta el Censo de Población y Vivienda del 2010, en el municipio habitan un total de 12398 personas que hablan lengua indígena, básicamente la lengua Náhuatl,

variante que se ha considerado la más antigua de este idioma. La mayor parte de la población es indígena con un 62 %, quienes dominan su lengua materna y el castellano, siendo pocos los mestizos que ahí habitan. Es importante destacar, que existen altos grados de marginación en el municipio, de acuerdo a las estadísticas reportadas en el censo de población y vivienda.

Actividades económicas

Las principales actividades económicas del municipio de Pajapan, Veracruz, son la agricultura, en donde se destinan total de 3294 hectáreas. Los principales productos agrícolas en el municipio y la superficie que se cosecha en hectáreas es la siguiente: maíz, palma de aceite, frijol, jicama, papaya, así como productos a pequeña escala como el camote, yuca, mango, naranja, limón, ciruela, coco, nanche, guanábana y zapote, como se puede apreciar en la tabla 5

Tabla 1

FUENTE	FAMILIA	GENERO	ESPECIES
Ramírez R. F., 1999	210	952	2,383
Ibarra <i>et al.</i> , 1997; Ibarra y Sinaca, 1997; Riba y Pérez-García, 1997	137	545	943
INE-SEMARNAP/ Instituto de Ecología A. C., 1998	74	162	206
Proyecto Sierra Santa Marta, A. C. 1991	143	607	1,300
Sousa, 1968	-	-	1,300

Fuente: DOF. Op. Cit.

La Ganadería tiene una superficie de 10658 hectáreas dedicadas a la ganadería, en donde se ubican unidades de producción rural con actividad de cría y explotación de animales. (Tabla 6) Cuenta con cabezas de ganado bovino de doble propósito, además la cría de ganado porcino, ovino, caprino y aves diversas.

Comercio

El municipio cuenta con 2 papelerías, 4 ferreterías, 3 zapaterías, 1 tienda DICONSA y 4 tiendas de ropa, un mercado local, un rastro, dos hoteles dentro de la cabecera municipal y un centenar de pequeños restaurantes en todo el municipio.

²²Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT- 2001 Protección Ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio – Lista de Especies en Riesgo. DOF, Marzo 2002. Segunda Edición.

²³Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). 2009. Apéndices I, II y III, entran en vigor a partir de 22 de mayo de 2009.

²⁴Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/>

²⁵INEGI. 2010. Censo de población y Vivienda. disponible en: <http://oc4jver.veracruz.gob.mx/Municipios/municipio?ciudad=30122&seccion=demografica>



Tabla 2 ESPECIES VEGETALES

NOMBRE CIENTIFICO	NOM-ECOL-059	CITES	RED LIST UICN
<i>Inga sinacea</i>	Rara		
<i>Astrocaruymmexicanum</i>	Amenazada		
<i>Astroniumgraveolens</i>	Amenazada		
<i>Monstera tuberculata</i>	Amenazada		
<i>Diospyrus riojae</i>	Peligro de Extinción		
<i>Ceratozamiamiqueliana</i>	Peligro de Extinción	Apéndice I	Vulnerable

Tabla 3 ESPECIES DE AVES

NOMBRE CIENTIFICO	NOM-ECOL-059	CITES	RED LIST UICN
<i>Agamia agami</i>	Rara		
<i>Crax rubra</i>	Amenazada	Apéndice III	Vulnerable
<i>Falco deiroleucus</i>	Amenazada		
<i>Falco peregrinus</i>	Amenazada	Apéndice I	Bajo Riesgo
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Amenazada	Apéndice II	Bajo Riesgo
<i>Geotrygon carrikeri</i>	Peligro de Extinción	Apéndice I	Peligro de Extinción

Tabla 4 ESPECIES DE MAMÍFEROS

NOMBRE CIENTIFICO	NOM-ECOL-059	CITES	RED LIST UICN
<i>Odocoileus virginianus</i>	Rara	Apéndice III	Bajo Riesgo
<i>Tayassu pecari</i>	Amenazada	Apéndice III	Casi Amenazada
<i>Agouti paca</i>	Amenazada		Bajo Riesgo
<i>Dasyprocta mexicana</i>	Peligro de Extinción	Apéndice I	Peligro de Extinción
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Amenazada		Bajo Riesgo
<i>Leopardus pardalis</i>	Amenazada	Apéndice I	Bajo Riesgo
<i>Pantera oca</i>	Peligro de Extinción	Apéndice I	Peligro de Extinción
<i>Potos flavus</i>	Rara	Apéndice III	Bajo Riesgo
<i>Alouatta palliata</i>	Peligro de Extinción	Apéndice I	Peligro de Extinción
<i>Tamandua mexicana</i>	Amenazada		
<i>Lontra longicaudis</i>	Amenazada	Apéndice III	Casi Amenazada

Tabla 5

AGRICULTURA (2009)				
Principales cultivos	Superficie sembrada (Hectáreas)	Superficie cosechada (Hectáreas)	Volumen (Toneladas)	Valor (Miles de pesos)
Maíz grano	2720	2453	5214.25	14281.05
Palma africana o de aceite	233	233	1864	1864
Frijol	120	120	71	710
Jícama	120	120	1450	9425
Papaya	35	35	420	756
TOTAL	3294	3027	No Aplica	27980.35

Fuente: SAGARPA. Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera



Tabla 6

GANADERIA Y AVICULTURA (2009)				
Superficie dedicada a la ganadería (Hectáreas)				10658
Especie	Volumen de la producción en pie (Toneladas)	Valor de la producción en pie (Miles de pesos)	Volumen de la producción de carne en canal (Toneladas)	Valor de la producción de carne en canal (Miles de pesos)
TOTAL	N/A	29171	N/A	30522.7
Bovino	1518.314	25697.2	888.878	25846.8
Porcino	135.997	2254.7	108.756	3356.1
Ovino	25.688	497.8	13.234	560.6
Caprino	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Ave	32.321	646.4	27.524	688.1
Guajolotes	3.611	74.9	2.711	71.1

Fuente: SAGARPA. Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera

Servicios

El municipio cuenta con Biblioteca Municipal, Parque Recreativo, Servicio de energía eléctrica a un 90% del total de la Población, 1 Panteón, Transporte semiurbano y servicio de Taxi, sitios de acceso a internet y excelente cobertura telefónica básica y de celular. No existe servicio de drenaje y el suministro de agua potable es de tipo rustico, es decir, no existe una línea de distribución de agua potable.

Conclusiones

Si contemplamos la restauración ecológica de los cauces de ríos en línea recta y los multiplicamos por la distancia de la zona federal, tendríamos al menos 1000 hectáreas para restaurar, situación que implica la producción de 700,000 plantas para siembra, equivalentes a más de 10,000 jornales por año que mitigarán la falta de empleo en la cuenca baja del Río Coatzacoalcos, subcuenca de Laguna del Ostión y que pueden incrementar los ingresos económicos que estimulen la economía local. Además, tendremos inicialmente 20 personas capacitadas que se convertirán en los promotores de la restauración ecológica y la documentación de la biodiversidad para dicho fin.

Consideramos de vital importancia que la próxima administración federal considere prioritario la restauración de las áreas riparias de todos los ríos de México, ya que representan la disminución de entradas de tierra fértil hacia los fondos de los

cauces de agua y que afectan su productividad ecológica, dañando con ello a la biodiversidad asociada a dichos cuerpos de agua, principalmente la ictiofauna. Otra de las funciones de las áreas riparias, es conectividad de ecosistemas costeros hasta los ecosistemas de montaña, desempeñando una función de corredor biológico para los organismos que dependen de cambios estacionales durante el año. El secuestro de carbono en las áreas riparias puede constituir una fuente de ingresos que permitan la multiplicación de estas acciones a niveles de mayor escala y que tengan un notable impacto en la mitigación del cambio climático global y en la pobreza que predomina en las comunidades rurales del municipio de Pajapan.

Estamos en la fase de promoción de la propuesta y consideramos apropiado la creación de un fideicomiso entre nuestras organizaciones, el sector industrial de Coatzacoalcos y los tres órdenes de Gobierno para la materialización nuestra propuesta. CONAGUA es una de las dependencias federales que debe de analizar críticamente esta propuesta, ya que la pérdida de la vegetación riparia incrementa la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en las márgenes de los ríos antes fenómenos meteorológicos, así como impactar considerablemente en las fuentes de abastos de agua para uso humano e industrial, colocando al sector de la transformación y las urbes ante una grave crisis por la falta de agua.



Sólo implementando este sentido de corresponsabilidad entre sociedad civil, instituciones académicas y educativas, el sector industrial y los tres niveles de gobierno podemos hacer frente a los efectos adversos del cambio climático global que cada año cuesta al presupuesto de la nación, el 7% del PIB nacional, afecta al 68% de su población e impacta en el 15% de todo el territorio, dejando como consecuencias que el 75 % de las cuencas hidrográficas se encuentren con distintos niveles de degradación incrementemos la explotación irracional de los recursos naturales²⁶.

Un llamado a la reflexión y a la crítica de la situación ambiental que predomina en el municipio de Pajapan, Veracruz y que puede mitigarse a través de la ejecución de obras de restauración ecológica en las áreas riparias y la formación de *cuadrillas comunitarias* técnica y científicamente capacitados para promover y ejecutar este tipo de obras con múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos que sienten las bases de la anhelada sostenibilidad...

ANEXO

1.- Evaluación del secuestro de carbono en ecosistemas con distinto grado de conservación (ecosistemas primarios, secundarios, iniciales); agro ecosistemas y sitios productivos (agrícolas y ganaderas)

2.- Evaluar el funcionamiento de las diversas obras de conservación de suelos y agua en las áreas

riparias y su impacto en la biodiversidad y la productividad ecológica de los cuerpos de agua.

3.- Aplicación de la normatividad ambiental en materia de Ley de Aguas Nacionales en su Art. 3 fracción XLVII, en donde se menciona la *Zona Federal* y la superficie que la enmarca de acuerdo a la anchura de los cauces.

²⁶México Rumbo a la Sustentabilidad: 40 Propuestas para la Administración Federal 2012-2018. Centro Mexicano de Derecho Ambiental, The Nature Conservancy (TNC), Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) México, Greenpeace México, Pronatura México A.C., Instituto de Políticas para el Desarrollo y el Transporte, Conservation International México, Acción Cultural Madre Tierra, A.C., Iniciativa Mexicana de Aprendizaje para la Conservación, Reserva Ecológica El Edén A. C., Reforestamos México, Amigos de Sian Ka'an, Naturalia, A. C., Faunam, Fundación Mexicana para la Educación Ambiental, Natura y Ecosistemas Mexicanos, Sociedad de Historia Natural Niparájá, Comunidad y Biodiversidad COBI, Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, GESGIAP, Comunicación y Educación Ambiental, Biocenosis A.C., Vigilancia Ambiental (OCVA), M. C. Julia Carabias Lillo, Lic. Enrique Provencio, Dra. Enriqueta Velarde



Xochimilco, barrios y asentamientos irregulares

Ricardo V. López Mera y Daniel Murillo Licea

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

El inconsciente es historia.
El individuo no tiene una historia en el sentido
de poseer una historia como un bien,
Más bien es lo contrario, estamos poseídos por
nuestra historia... es decir por nuestro Tiempo.
Vincent de Gaulejac.

Resumen

El presente trabajo aborda la cuestión de cómo construir la historia a través del discurso, el lenguaje, la oralidad y el significado de la palabra *Barrio*, así como el concepto de *lo cotidiano* desde la perspectiva de Paul Ricoeur y Michel de Certeau aplicado a un contexto específico como los asentamientos irregulares de la delegación Xochimilco y como ello ha reconfigurado el factor identitario de sus pobladores frente al proceso de urbanización de la ciudad de México en la actualidad.

Introducción: regreso a Xochimilco

Xochimilco actualmente es objeto de investigaciones de todo tipo y se han hecho cualquier cantidad de estudios de todo tipo como social, político, ambiental, antropológico, de sustentabilidad, etc. Y al hacerlo debemos hacerlo bajo la premisa de la interacción con la ciudad de México, donde la cuestión xochimilca queda de manifiesto como un elemento del pasado que busca mantenerse en la dinámica actual y que en esta correlación la proporción ha sido desigual donde la delegación ha perdido gran parte de las condiciones lacustres que la caracterizaba debido a la expansión urbana y las obras viales, por otro lado con la construcción de infraestructura hidráulica para abastecer de agua a la ciudad, así como el crecimiento poblacional natural que se dio a mediados del siglo pasado y que estos elementos se consolidaron en la década de los setenta en este delegación.

Con la expansión urbana de mediados del siglo pasado en la ciudad de México, Martha

Schteinghart¹ estima que “en el periodo de 1940 a 1975, por lo menos un tercio de la tierra ejidal fue convertida a usos urbanos”. Por su parte, María Eugenia Terrones López en su texto *Xochimilco sin arquetipo. Historia de una integración acelerada* cita a Mario Barbosa sobre el proceso de incorporación de Xochimilco a la dinámica del centro de la ciudad y señala que “la integración funcional como proveedora de agua para la metrópoli y que ocurrió en la primera mitad del siglo, y la integración territorial, que en forma tardía y acelerada se realizó durante las últimas décadas del pasado siglo”²(Terrones, 2006). Con ello, Xochimilco enfrenta actualmente una crisis para mantener y conservar su patrimonio histórico y ancestral sobre las condiciones lacustres y agricultura tradicional más representativa como es la chinampera. Patricia Romero Lankao “propone revisar la historia de Xochimilco en el siglo XX a la luz de una contradicción entre lo rural y lo urbano y define la conurbación reciente de esa área con la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) como una forma de apropiación de un entorno rural a lo urbano. Las haciendas, ranchos, pueblos y comunidades agrarias fueron sometidos a la lógica de las necesidades de la ciudad de muy diversas maneras: demanda de productos agrícolas, demanda insaciable de agua y demanda de suelos de uso urbano” (Terrones: 2006).

¹http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/F8BBNQPLC12IK368738R254MV8195I.pdf.

² Terrones López, María Eugenia. Xochimilco sin arquetipo. Historia de una integración acelerada. En Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 Vol. X, núm. 218 (37), 1 de agosto de 2006. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-37.htm> Consultado el 20 de septiembre de 2012.



Dado las características socioambientales, la Delegación Xochimilco como lo refiere Romero Lankao se encuentra en una transición permanente entre lo rural-urbano y con la declaratoria de la Área Natural Protegida (ANP) en 1992, buscaron frenar la mancha urbana, rescatar y mantener la zona lacustre, sin embargo, el conflicto por el uso del suelo tiene su origen décadas atrás, pero es con la Ley General de Asentamientos Humanos³ LGAH (1976) que se implementa con este fin y al entrar en vigor gran parte de los asentamientos humanos entraron en la categoría irregular, en este sentido se crea la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (1976) y el Plan Director de Desarrollo Urbano (1978), de los que se derivó el Programa General de Desarrollo Urbano para el Distrito Federal. En 1982 se actualiza este programa permitiendo la creación del Área de Desarrollo Urbano y el Área de Conservación Ecológica. En 1987 se actualiza nuevamente, ahora redefiniendo estas áreas a través de la Línea de Conservación Ecológica y, en 1996, la nueva versión señala el cambio de Área de Desarrollo Urbano por Suelo Urbano y el de Área de Conservación Ecológica por Suelo de Conservación.

En el año 2000, surge el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, este se encarga de regular el uso del suelo, el manejo de los recursos naturales y las actividades humanas en el suelo de conservación, donde se especifica que este territorio está siendo cada vez más afectado y amenazado por la expansión humana y aunando a ello, pone énfasis en la sustentabilidad ambiental y “con la modificación del artículo 27 constitucional de 1992 y la Ley de Aguas Nacionales del mismo año, marcaron el viraje inexorable hacia la fragmentación

³ En esta década surgieron varias leyes de las cuales destacamos 1) La ley en la regulación de los asentamientos humanos, es la Ley general de equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente (LGEEPA), mediante la figura del ordenamiento ecológico del territorio, que es un instrumento de política ambiental; 2) La Ley General de Asentamientos Humanos (LGAH) cuyo objeto general es establecer la concurrencia de los tres niveles de gobierno y las normas básicas para lograr la ordenación y regulación de los asentamientos humanos, esta Ley define lo que es un asentamiento humano, no precisa cuáles de estos pueden definirse como irregulares, aunque sí legisla al respecto. La Ley establece que, tanto la federación como las entidades federativas y los municipios, deben llevar a cabo acciones coordinadas en materia de reservas territoriales para el desarrollo urbano y la vivienda con objeto de reducir y abatir los procesos de ocupación irregular de áreas y predios, mediante la oferta de tierra que atienda, preferentemente, las necesidades de los grupos de bajos ingresos.

territorial y cambios en la tenencia de la propiedad que modificaron usos de los terrenos agrícolas y chinampas haciéndolos vulnerables a la urbanización anárquica y acelerada[...] y encontraron en esos enclaves agrarios una posibilidad de crecimiento fuera de la regulación y normatividad creada para el efecto, pues eran consideradas zonas de conservación ecológica” (Terrones, 2006).

Realizar un pasaje histórico sobre los asentamientos humanos irregulares denominados en muchos casos como *barrio* es enfrentar versiones encontradas donde el tiempo, el imaginario colectivo y el territorio juegan un papel preponderante en la formación de la identidad. Debemos tener en cuenta que a partir de que la LGAH entra en vigor a mediados de los setenta entran en la categoría irregular estos asentamientos humanos, sin embargo, al referirnos a estos *barrios* estamos hablando de lugares establecidos con diferentes grados de consolidación y de por lo menos 50 años de existencia.

La historia o la recuperación histórica de Xochimilco y de los *barrios* considerados como asentamientos irregulares no ha sido posible reconstruirlo por completo, salvo en quienes han habitado estos lugares y que gracias a los relatos orales dan cuenta de las transformaciones durante más de cincuenta años y que estos testimonios viven en la memoria colectiva y su relación directa con el presente ha generado una incertidumbre sobre el futuro de su entorno, del destino del lago, de los canales y de la producción chinampera entre otros aspectos.

Gran parte de esta ausencia de información se debe a que esta zona fue ocupada por zapatistas en las primeras décadas del s. XX y al cambio de modalidad de municipio por delegación política en 1929, donde buena parte de archivos y documentos locales desaparecieron o se extraviaron. Esto, genera sin duda espacios vacíos difíciles de rastrear documentalmente donde la memoria Xochimilca se pierde por lapsos.

Aunque la zona chinampera y el lago continúan como el referente cultural de Xochimilco, lo cierto es que tanto en pueblos llamados originarios como barrios ya sean regulares o irregulares encontramos una serie de protagonistas –originarios y vecindados- que han marcado el factor social de la delegación así como los patrones del desarrollo urbano, ocupacionales, demográficos y económicos.



Estos pueblos y barrios, pese a estar inmersos en una dinámica transitoria rural-urbana, han mantenido su ritmo local y han “realizado una historia particular en la que sus formas de identidad social han perseverado a pesar de los cambios que la modernización urbana ha impuesto a su territorio” (Terrones: 2006). Hasta cierto punto han mantenido cierta resistencia sobre estos cambios urbanos y apoyando proyectos de rescate ecológico en la zona, así como frenar la intromisión de nuevos actores que pretendan alterar el orden y modificar espacios y tradiciones.

Paul Ricoeur en su texto *Volverse capaz, ser reconocido* expone esta lucha por el reconocimiento en varios planos del individuo:

La lucha por el reconocimiento continúa en varios niveles. Empieza en el de las relaciones afectivas vinculadas con la transmisión de la vida, la sexualidad y la filiación. Encuentra su máxima expresión en la intersección de las relaciones verticales de una genealogía y de las relaciones horizontales de conyugalidad cuyo marco es la familia. Esta lucha continúa en el plano jurídico de los derechos cívicos centrados en las ideas de libertad y justicia [...] atañe no solo a capacidades individuales, sino que esta extensión es la ocasión de conflictos relativos a la exclusión vinculada con las desigualdades sociales, y relativas también a las formas de discriminación heredadas del pasado [...] se trata de la estima social que se dirige al valor personal [...] el marco de esta lucha por la estima son los diferentes lugares de la vida [...] en el acceso a la vivienda, están en las relaciones de vecindad y de proximidad, así como los múltiples encuentros con los que se teje la vida diaria. Siempre son las capacidades personales las que piden que los demás las reconozcan⁴ (Ricoeur, 2004).

⁴ Ricoeur, Paul. *Volverse capaz, ser reconocido*. Texto escrito con motivo de la recepción del premio Kluge otorgado por la biblioteca del congreso de los Estados Unidos en 2004. Consultado el 16 de septiembre de 2012. http://www.diplomatic.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Revue_des_revues_200_112B78.pdf.

Uno de los grandes problemas en Xochimilco son los gobiernos transitorios que no terminan por implementar planes a largo plazo y donde algunos proyectos y programas solo buscan recuperar parcialmente parte de la zona chinampera o aplicar alguna regulación urbana sin llegar a tener éxito y donde aún el paternalismo gubernamental esta en la mente de las personas donde este debe ser quien solucione y mejore las condiciones de vida de sus habitantes. Lo que sin duda lleva una serie de rupturas y discontinuidades de las diversas y complejas formas en que los grupos sociales han ocupado su territorio así como su cotidianidad.

Historia, comunidad, barrio... y sentido

Para iniciar con unas preguntas generales consideramos las siguientes: *¿Cuál es el sentido de la historia?*, *¿Cómo pensar la historia de un lugar, de una comunidad, de una persona o de un acontecimiento?*, *¿Qué es el tiempo?*, *¿Qué buscamos cuando relatamos acciones pasadas?*, *¿rememorar un pasado, una nostalgia, una trascendencia que se perdió o una reivindicación?*, estos son cuestionamientos frecuentes que nos hacemos para descubrir la realidad o al menos generar el conocimiento que nos ayude a entenderla y sobre todo, explicarla. Como científicos sociales nos hacemos estas preguntas es en virtud muchas veces de inquietudes acerca del funcionamiento, problemáticas de carácter social, económico, cultural o ambiental, entre otros intereses en el caso propiamente de Xochimilco y sus barrios el apoyo en el uso del discurso, del relato oral, de la observación, de la escritura, de los documentos o archivos existentes que buscan de alguna manera dar cuenta de ciertos acontecimientos, tradiciones, prácticas, rituales o de alguna otra manifestación de la cual se quiera conocer más, Paul Ricoeur pone de manifiesto que el concepto *discurso* tiene un doble significado como dialéctica del acontecimiento y como sentido⁵. Sin embargo, y ante estas evidencias debemos tener claro que la persona relata un suceso del pasado, el peso de las emociones, los sentimientos y las intenciones, las subjetividades le dan *sentido* al relato sobre algún acontecimiento de carácter social o natural. Dentro de los primeros pasos que debemos tener presente es que la vida humana no es un flujo continuo y lineal, sino más bien se presenta como una

⁵ Ricoeur, Paul. *Teoría de la interpretación. Discurso y excedente de sentido*. Siglo XXI en coedición con la Universidad Iberoamericana. México, 2011.



continuidad sujeta a discontinuidades individuales y sociales y es aquí donde el papel del tiempo juega una posición clave entre el tiempo cronológico y el tiempo vivido.

En este caso el *sentido*⁶ es lo que no se ve, o sea, lo invisible, pero está implícito en cada acción cotidiana vista en muchas ocasiones marginada de lo que pudiera ser la historia, lo *cotidiano*, en otras palabras se le consideraría como la no-historia.

Por otro lado, la memoria y la historia⁷ están muy ligadas tanto a nivel individual como colectivo, entre las categorías entre individuo⁸ y sociedad el elemento principal es la *relación* y la construcción de las redes que nacen a partir ello, comenta Norbert Elías⁹ y es donde *lo cotidiano* debe convertirse en el eje rector para mantener la memoria viva de un lugar, de una biografía individual o colectiva y la cual ayuda a distinguir, a crear identidades, a formar, reafirmar o destruir lazos y significaciones.

Cuando se menciona Xochimilco inmediatamente acuden a nuestra mente las imágenes estereotipadas de las trajineras, los canales, las chinampas, el agua y las flores, pero cuando tratamos de entender el significado que tiene para la gente que habita en esta demarcación, lo que ellos piensan y relatan es muy diferente en comparación con la cuestión académica que trata de descifrar las relaciones de su gente o tratar de resolver problemas de orden ambiental y social.

La relación de los xochimilcas con su entorno encuentra un fuerte arraigo a sus raíces agrícolas, a sus tradiciones, a sus fiestas patronales y a su rasgo más importante: la chinampa, donde crean

una fortaleza identitaria y un fuerte arraigo con la tierra que les vio nacer.

Para entender la historia de un asentamiento irregular entendido como *barrio* es complejo, debido a que es una zona de alta marginación con grandes carencias -y sobre todo con la falta de referencias, archivos o documentos-, y se convierte en un sistema cerrado que no permite fácilmente la intromisión de personas a su comunidad, debido a la desconfianza hacia los extraños y sobre todo a las autoridades, pero si agregamos que está asentado en terrenos que fueron chinampas se complica el acercamiento a los habitantes.

El conflicto actual es precisamente el habitar en estos terrenos muchos como se ha mencionado son producto de una urbanización desmedida y por otro el abandono de las chinampas y la baja rentabilidad de éstas, obviamente al incorporar leyes como LGHA, fue en función de detener el crecimiento urbano en la zona, sin embargo esto no ha detenido que nuevas personas tanto originarias como nuevos avecindados habiten en estos lugares. El hecho es *¿el seguir habitando estos espacios va en contra de la identidad local al hacer de las chinampas un espacio urbano?, ¿qué implicaciones tiene considerarse un barrio?*

Michel de Certeau en su libro *La invención de lo cotidiano 2. Habitar y cocinar*, nos acerca a un estudio de caso; *el barrio de la Croix-Rousse* y nos detalla el andar cotidiano de las relaciones que nacen a partir de la vida cotidiana de una familia. Este autor define al barrio como las relaciones que existen al interior del mismo y su sentido. Ante la falta de documentos o archivos, el referente inmediato es solicitar una entrevista con estas personas, de gran ayuda será escuchar sus relatos para ir creando un panorama de cómo surgió el barrio; la *oralidad*, el *relato* y la *observación* serán fundamentales. Paul Ricoeur menciona que el hombre es su propia historia y a la vez esta en relación con las otras de historias personales, este autor hace una tipología donde la persona está circunscrita a la capacidad de “*poder decir*”, “*poder actuar*” y “*poder contar*”¹⁰. Menciona que “El

⁶ Podríamos relacionarlo con el sentido de Max Weber, en los tipos de acción, que este va orientado hacia los otros, en su obra *Economía y sociedad*, en la primera parte Conceptos Sociológicos Fundamentales.

⁷ En palabras de W. H. Walsh la historia no es precisamente un simple registro de acontecimientos pasados, sino que lo llama registro significativo y que los hechos están conectados entre sí. En su obra *Introducción a la filosofía de la historia*. Siglo XXI. p. 13.

⁸ Ricoeur menciona que la historia personal está enredada en las innumerables historias de nuestros compañeros de existencia. La identidad personal está marcada por una temporalidad que podemos denominar constitutiva. La persona es su historia... considera la capacidad de decir, la de actuar y la de contar.

⁹ Norbert Elías nos menciona que la dualidad entre el individuo y la sociedad no es lo importante cual de estas categorías tenga más peso, sino lo que importa es la relación entre ambos. En el libro *El proceso de civilización*.

¹⁰ Esta categorización que hace Ricoeur la define como “poder decir” se debe entender una capacidad más específica que el don general del lenguaje, que se expresa en la pluralidad de las lenguas, cada una de las cuales tiene su morfología, su léxico, su sintaxis y su retórica, poder decir es producir espontáneamente un discurso sensato, decir algo se remite al sentido; se remite a la referencia extralingüística; “poder actuar” entiendo la



discurso se dirige a alguien capaz de responder, de cuestionar, de iniciar una conversación y un diálogo. La acción se hace con otros agentes, se pueden ayudar o estorbar; el relato reúne a múltiples protagonistas en una intriga única; una historia de vida se compone de una multitud de otras historias de vida”¹¹.

Pero, ¿qué transmite el hablante? Además de sus subjetividades, comunica su vida privada, vivencias y experiencias, y al hacerlo este acto se vuelve público, pero lo importante de estas experiencias es el significado. Dice Ricoeur que “para acceder a las experiencias más fundamentales del sujeto es necesario hacer un rodeo por los símbolos en los que ese sujeto se expresa y exterioriza. ‘El símbolo da que pensar’¹²”, sin duda esta referencia nos remite a la acción humana, sobre una doble vía, nuevamente el *discurso* como “*decir su hacer*” y la otra a través de la *acción weberiana* en su carácter del *sentido mentado* y dirigido hacia los otros.

Sin embargo no olvidemos que estas experiencias y acciones humanas juegan un papel en el tiempo¹³, es decir en el tiempo cronológico y en el tiempo propio de lo vivido el de la experiencia –Ricoeur busca articular estos tiempos por medio del *lenguaje* como un sistema, proponiendo *el tiempo humano*,

capacidad de producir acontecimientos en la sociedad y en la naturaleza. Esta intervención transforma la noción de acontecimientos, que no son lo que pasa. Introduce la contingencia humana, la incertidumbre, y lo imprevisible en el curso de las cosas; y por “poder contar” ocupa un lugar eminente entre las capacidades en la medida en que los acontecimientos de cualquier origen sólo se vuelven legibles e inteligibles cuando se cuentan dentro de una historia. El arte milenario de contar historias, cuando se aplica a uno mismo, produce relatos de vida que la historia de los historiadores articula.

¹¹ Ricoeur, Paul, *Volverse capaz, ser reconocido*, texto escrito por Paul Ricoeur con motivo de la recepción del Premio Kluge, otorgado por la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos en 2004, consultado 30 de mayo de 2012, disponible en: http://www.diplomatique.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Revue_des_revues_200_112B78.pdf

¹² Casarotti, Eduardo. *Ricoeur, Paul. La constitución narrativa de la identidad personal*. Consultado el 29 de mayo de 2012. Disponible en http://fp.chasque.net/~relacion/9905/filosofos_de_hoy.htm.

¹³ El problema del tiempo es articular esa distancia que en el hombre parece infranqueable entre el tiempo vivido, la temporalidad originaria o existencial, un tiempo que requiere un presente que dura, capaz de unir pasado y futuro; y el tiempo vulgar, un tiempo asociado al tiempo del mundo, decir, sin presente, compuesto de instantes sucesivos que pasan –Eduardo Casarotti.

este tiempo emplea conexiones como el lenguaje¹⁴ y esta permite relacionar tanto la experiencia personal y subjetiva-, en este sentido, el *tiempo vivido* cuando es *narrado*¹⁵, la persona trata de construir un *discurso* articulado que le de *sentido* tanto al narrador como al oyente; pero sin embargo en este ejercicio narrativo no deja de haber discontinuidades, “un individuo sin sentido de identidad carece de dirección, de un sentido de la posición o lugar que ocupa y en definitiva, de la garantía fundamental de una persona valiosa”, comenta Eduardo Casarotti¹⁶.

En otras palabras, es el *sentido* que se le atribuye a cada acontecimiento contado y por ende crea esta construcción relacional entre individuos y hacia la misma sociedad. Cada palabra, cada evento es parte de la biografía individual y como tal éste no puede ser transferido en su totalidad hacia el oyente, ni transmitir esa experiencia plena, por lo cual es el significado de las palabras, del suceso, el que perdura en el pensamiento lo que se requiere para construir ese significado.

El acontecimiento no es solamente la experiencia tal y como es expresada y comunicada, sino también el intercambio intersubjetivo en sí, al acontecer del diálogo. El diálogo es un acontecimiento que conecta dos acontecimientos, hablar y escuchar (Ricoeur, 2011:30).

De esta manera el *discurso* se conduce bajo la dinámica objetiva y subjetiva, en otras palabras, por lo *objetivo* se entiende la intencionalidad del mensaje y el reconocimiento de este y por lo *subjetivo* el *significado* o el *sentido*. El modo cotidiano que tenemos de decir a otros quiénes somos es contando la historia de nuestra vida, pero ello no implica que deje estar bajo la sospecha de la crítica lo narrado. Nietzsche entre otros autores afirman que:

Presentar la vida humana en forma de narración es siempre una manera de

¹⁴ Ricoeur se refiere al trabajo de composición, de construcción, de creación en una palabra, que confiere a la historia relatada una identidad que se puede llamar dinámica. Ver texto de Eduardo Casarotti.

¹⁵ El concepto narrado lo tomo como sinónimo de relato.

¹⁶ Este texto se encuentra en internet en la ubicación http://fp.chasque.net/~relacion/9905/filosofos_de_hoy.htm, esta referencia no cuenta con una fecha.



falsearla [...] el que cuenta la historia lo que hace es imponer desde afuera y retrospectivamente a los acontecimientos vividos un orden que no tenían cuando se vivieron.

Por lo tanto pensar en una concreción acerca de la vida íntima de un individuo o un barrio es inimaginable por la dinámica que se presenta, o al menos muchas veces no se puede ver por las personas que lo habitan, por ejemplo, todo ritual, toda ceremonia, todo código, toda historia buscan una concreción constante, un reconocimiento y éste se convierte en el escudo frente al mundo. La memoria no sólo se invoca en las fiestas patronales, religiosas, etc. sino que el sentido de la memoria va más allá, como reitero, la cotidianidad de las personas es el soporte para que sigan manteniendo su memoria viva y lo que los caracteriza. Podríamos afirmar, con licencia poética, que la cotidianidad chinampera es la memoria de los xochimilcas. Pero esta concreción en mi opinión es relativa, es una totalidad temporal con características muy particulares, las mismas tradiciones y fiestas mutan, cambian con cada generación, no siempre se ocupan las mismas circunstancias, sino que se adaptan a estas categorías entre los tiempos cronológicos y tiempos vividos y la suma de estas individualidades subjetivas produce estos cambios generación a generación.

Y por la narratividad o el relato y el lenguaje de los sujetos es vista como acción humana de *sentido* de la historia donde ellos aparecen como constructores, escritores y lectores de su propia vida en un contexto dado más no determinado.

En cuanto al *barrio*, para definirlo tendríamos que adentrarnos en dimensiones espaciales, históricas, topográficas, etc. Henri Lefebvre lo define como *una puerta de entrada y salida entre los espacios calificados y el espacio cuantificado*. El barrio aparece como el dominio en el cual la relación espacio/tiempo es la más favorable para un usuario que ahí se desplaza a pie a partir de su hábitat (De Certeau, 2010:9).

Indagar acerca de la historia nos remite a la cotidianidad por lo siguiente: las prácticas de consumo y venta de la producción chinampera han cambiado y por lo tanto hay un ambiente deprimido económico y socialmente; la migración, la cosmovisión sobre las chinampas, el agua, y por

último los factores de riesgo ambientales y sociales. Por ello:

La vida ordinaria se ha modificado profundamente, o sea en la apropiación del espacio privado o en el uso de espacios públicos. La relación con el barrio o la ciudad se ha transformado (de Certeau, 2010: XIX).

En cuanto a los barrios, la pluralidad laboral ha conducido en cierta medida al desmoronamiento de redes de pertenencia; el vínculo generacional se llena de desconcierto, producto de los diversos orígenes de sus habitantes. Las prácticas agrícolas ya no son las mismas –expuesto anteriormente– pues en el contexto actual hay una ruptura económica y crisis social en este tipo de barrios. Por ejemplo, menciona Terrones que:

...entre los antiguos trazos de los pueblos y barrios puede advertirse el entramado anárquico de los asentamientos irregulares, siempre propensos a ser “regularizados” en papeles y documentos oficiales, pero que en este contexto no son susceptibles a la remodelación urbana, a la modernización... Este proceso es paradójico pues los avecindados son recibidos con resistencia pero muchos de los terrenos donde se asientan han sido vendidos, legal o ilegalmente, por los naturales.

Con los llamados nuevos avecindados ha propiciado un nuevo reacomodo de identidades societales e incluso nuevas formas de representación frente a las tradicionales de los pueblos y barrios. Un nuevo reconocimiento o identificación social procede de esta coexistencia y definitivamente construirá nuevas identidades colectivas que responderán a esta apropiación del espacio por los distintos grupos sociales. La preminencia de los conflictos hace necesaria la refundación de nuevas identidades sociales que logren conciliar concepciones urbanas con las rurales. (2006, <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-37.htm>)



Esta fase de la urbanización popular tiene un correlato social con un futuro impredecible. Como menciona Paul Leulliot¹⁷:

Lo cotidiano nos relaciona íntimamente con el interior, se trata de una historia a medio camino de nosotros mismos [...] uno no debe olvidar ese “*mundo memoria*” [...] nos interesa esa memoria olfativa, memoria de los lugares de infancia, memoria del cuerpo, de los placeres. Tal vez no sea inútil reiterar la importancia del dominio de esta historia “*irracional*”, o de esta “no-historia [...] lo que interesa de la historia de lo cotidiano es lo invisible.

En este sentido las relaciones entre el espacio y las relaciones dictarán el curso de la historia del barrio. A este respecto Pierre Mayol en la primera parte del libro *La invención de la vida cotidiana 2. Habitar y cocinar*, somete metodológicamente el problema de investigación del barrio. Por un lado define *la sociología urbana del barrio y el análisis socioetnográfico de la vida cotidiana*¹⁸, este autor menciona que ya no se trabaja sobre objetos delimitados de manera especulativa, sino sobre *relaciones* entre objetos –yo agregaría que entre sujetos también como lo traté en párrafos anteriores- sobre el vínculo que relaciona el espacio privado con el espacio público. Su análisis de lo cotidiano lo basa en dos condiciones: *los comportamientos* y *los beneficios simbólicos esperados*.

Con estas características que resaltan *el discurso de sentido* se da en estas relaciones entre el habitante del barrio y este, es el *espacio* donde se manifiesta la coexistencia, la proximidad, la vecindad y las costumbres, como la particularidad de un modelo que se generaliza en las prácticas.

¹⁷ Paul Leulliot, prefacio en GuyThuillier, *Pour une histoire du quotidien XIX siècle en Nivernais*, Paris y La Haya, Mouton, 1977, pp. XI-XII. Este prefacio se encuentra en el libro *La invención de lo cotidiano*, 2. de Michel de Certeau, Luce Giard y Pierre Mayol. Universidad Iberoamericana. Paris: Gallimard, 1994. 1ª reimpresión en español, 2006, p. 1.

¹⁸ Estas vías metodológicas las define en el caso de *la sociología urbana del barrio* se refiere a datos cuantitativos, relativos al espacio, y a la arquitectura, se ocupa alas medidas y analiza las limitaciones materiales y administrativas que entran en la definición del barrio; y *el análisis socioetnográfico de la vida cotidiana que va de las investigaciones eruditas de los folkloristas y los historiadores de la “cultura popular”*.

Dentro de estos conceptos las prácticas culturales, como cuestiones ideológicas, políticas y religiosas y las tradiciones como grupos, familia y comportamientos, encontramos las relaciones identitarias¹⁹ que definen no sólo al barrio sino a cualquier sociedad, comunidad o grupo. Y esto nos remite nuevamente que las *relaciones* son el motor y donde se inscriben en las prácticas.

Por tanto el barrio es una noción dinámica de relaciones entre el espacio, la apropiación; entre la comprensión de la vivienda y la comprensión del espacio urbanizado; y entre la relación entre la existencia en términos vivenciales²⁰ a nivel personal y la existencia de lo social, en términos grupales. En suma, con las trayectorias individuales y las acciones por las cuales le dan forma a cada una de estas son las piezas de las prácticas culturales²¹. Dice De Certeau, al respecto:

El barrio es el sitio de un pasaje a otro, intocable porque está lejos, y sin embargo reconocible por su estabilidad relativa; ni íntimo ni anónimo: vecino. La práctica del barrio desde la infancia una técnica del reconocimiento del espacio en calidad de espacio social [...] firma que da fe de un origen, el barrio se inscribe en la historia del sujeto como la marca de una pertenencia indeleble en la medida en que es la configuración inicial, el arquetipo de todo proceso de apropiación del espacio como lugar de la vida cotidiana pública (De Certeau, 2010: 11).

A manera de conclusión

No podría concluir este texto ni se puede llegar a una conclusión, porque lejos de haberlas, toda construcción histórica a base de la oralidad, del

¹⁹ El sistema de relaciones humanas induce una práctica selectiva de espacio urbano; divide porciones de territorio cuya selección es significativa, tiene valor de oposición tanto desde el punto de vista cultural como político. La pertenencia a un barrio, cuando se corrobora por medio de la pertenencia a un medio social específico, se vuelve una marca que refuerza el proceso de identificación de un grupo determinado. Véase en *La Invención de lo cotidiano 2. habitar y cocinar*, p. 46.

²⁰ Dentro de los términos vivenciales me refiero a la primera exposición como el tiempo vivido de la acción humana y la trascendencia de su historia a través de la oralidad, del discurso y de la narratividad.

²¹ En las prácticas culturales me refiero a toda relación significativa entre el mismo individuo así como entre el mundo físico y el mundo social.



relato y la cotidianidad es una espiral que no termina o no cierra y la cual sigue generando más preguntas que respuestas. La historia marca un contexto y unas características específicas, así como unos personajes claves sobre la construcción de ésta, y tener en cuenta en que no es lineal la historia, sino que se diversifica en muchos caminos. Solo que da preguntarnos *¿la identidad xochimilca en los últimos cincuenta años que tanto ha sido modificada, como entender esa nueva identidad que se transforma cotidianamente?, ¿qué grado de cohesión existen entre los habitantes de estos barrios irregulares tan heterogéneos?*, evidentemente hay una contradicción en el tema, ciertamente el poblamiento de estos lugares y el surgimiento de nuevos asentamientos humanos irregulares corresponde a una lógica de intereses y de contradicciones. Por un lado, las autoridades implementan leyes y reglamentos para frenar el avance del poblamiento irregular y a la vez los consolidan con la introducción de servicios y por el pago de multas por afectaciones ecológicas para realizar el cambio de uso de suelo fomentando así una cultura de la ilegalidad, legitimando su ocupación; y por el otro lado, con la venta de los terrenos por parte de la gente de la región, *¿qué tanto resistirá Xochimilco el embate del crecimiento urbano? y ¿cuál es el futuro de la zona chinampera?*

La construcción histórica sobre la formación de asentamientos humanos en categoría de irregulares permite acercarse a las historias de vida de las personas, como se hace referencia en un principio hacia su subjetividad, ellos comunicarán desde su perspectiva lo que necesiten comunicar; de ello depende el objetivo que deseen alimentar o externar, para reivindicarse o para ser reconocidos por las autoridades o por la lucha que emprendan para ello, es en este punto donde tiene gran importancia el concepto de la cotidianidad, las historias individuales y la suma de estas darán el sentido y el significado, jugando un poco con los tiempos (*cronológico y de sentido*), el individuo que habita un barrio se instala en un entorno social específico, mas no determinante, la práctica y vivencia del barrio es la suma de redes y convivencias, de códigos, lenguajes, así como de valores y comportamientos con cierta coherencia en las relaciones de la vida cotidiana.

Para concluir, citamos a Pierre Mayol: *“la convivencia es el rito del barrio: cada usuario, por medio de ésta, se somete a una vida colectiva de la cual asimilada el léxico a fin de hacerse de una estructura de intercambio que le permita, a su vez,*

proponer, articular los signos de su propio reconocimiento [...] hay en la convivencia, en el consenso social que funda la identidad de un grupo humano (como el Barrio), una verdad tenue pero estructural [...] la práctica significativa es pues, la realización del impulso de la lengua, la manera como procede a partir del lenguaje y sobre éste mediante un trabajo de desmontaje y reciclaje –de transformación- de códigos, en el interior mismo de las palabras para socavar su apacible uso social” (2010: 31).

Fuentes de consulta

1. Bazant S., Jan. *Periferias urbanas. Expansión urbana incontrolada de bajos ingresos y su impacto en el medio ambiente.* México. Trillas. 2001
2. Canabal Cristian, Beatriz. *Xochimilco una Identidad Recreada.* México. UAM-X. 1997.
3. Durand, Jorge. *La ciudad invade al ejido.* México. Ediciones de la casa chata. 1983.
4. De Certeau, Michel, Giard Luce, Mayol Pierre. *La Invención de lo cotidiano 2. Habitar, cocinar.* Universidad Iberoamericana. Departamento de historia. Instituto tecnológico y de estudios superiores. México, 2010.
5. De Certeau, Michel, *La escritura de la historia: Universidad Iberoamericana*, 1985.
6. Elías, Norbert. *El proceso de la civilización. Investigaciones sociogenéticas y psicogenéticas.* Buenos Aires: FCE, 1993.
7. González Pozo, Alberto (Coordinador), *Las chinampas de Xochimilco al despuntar el siglo XXI: inicio de su catalogación.* UAM-Xochimilco, 2010.
8. Ricoeur, Paul. *La memoria, la historia y el olvido.* México: FCE, 2004.
9. ----- *Teoría de la interpretación. Discurso y excedente de sentido.* Universidad Iberoamericana-S XXI Editores. 2011.
10. Terrones López, María Eugenia. *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente, Historia de Xochimilco en el siglo XX.* México. ED. Gobierno del Distrito Federal- Delegación Xochimilco- Instituto Mora. 2004. 287pp.
11. Weber, Max. *“Conceptos sociológicos fundamentales”, en Economía y Sociedad.* México, FCE, 1992, pp. 5-45.
12. **Internet**
13. Ricoeur, Paul, *Volverse capaz, ser reconocido*, texto escrito por Paul Ricoeur



con motivo de la recepción del Premio Kluge, otorgado por la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos en 2004. Consultado 30 de mayo de 2012, disponible en:

http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Revue_des_revues_200_112B78.pdf.

14. Casarotti, Eduardo. *Ricoeur, Paul. La constitución narrativa de la identidad personal*. Revista *Relaciones*. Revista al tema del hombre. Serie filósofos de hoy (VI). Consultado el 29 de mayo de 2012. Disponible en: http://fp.chasque.net/~relacion/9905/filosofos_de_hoy.htm.



La dimensión política de la gestión del servicio público del agua en París y México, y sus respuestas a los desafíos futuros frente al cambio climático

Liliana López Zamora
Universidad Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Resumen

El cambio climático integra nuevos desafíos en la gestión sustentable de los recursos naturales en las zonas urbanas, como la cantidad disponible de agua potable en las fuentes que alimentan las ciudades, o el aumento de inundaciones por la variabilidad de los ciclos pluviales. En este estudio se analiza la gestión pública del agua en dos aspectos fundamentales; el aprovisionamiento y el servicio de drenaje y alcantarillado en dos ciudades con condiciones actuales diferentes; la abundancia del recurso en París y la escasez del agua en la Ciudad de México, considerando que el cambio climático iguala las condiciones de las zonas urbanas colocándolas en una situación de vulnerabilidad en el aprovisionamiento del recurso. Se analiza el modelo actual de cada ciudad y el estado de toma de conciencia, de los efectos climáticos y el desarrollo de planes de adaptación y mitigación, tomando en cuenta a diferentes actores: científicos, especialistas y servidores públicos, principalmente en la perspectiva de que el cambio climático requiere la toma de decisiones más allá del discurso político.

Palabras clave: Cambio climático, agua, servicio público, sustentabilidad, gestión, ciudades

Introducción

Un modelo de gestión del agua que no satisface sus objetivos o que no es capaz de responder a la presión de grupos de interés, que no es capaz de encontrar alternativas de financiamiento cuando no puede hacer frente a sus necesidades en periodos de recesión económica, que no puede crear una estructura tarifaria sostenible, “es un modelo en crisis técnica-económica y política” (Coing 2010), Si este modelo no es capaz de proteger y de conservar los recursos naturales, estará en crisis y si no es capaz de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales que afectan el mundo entero, se encuentra en riesgo, de desaparecer o de “derrumbarse”.

El cambio climático ya está manifestando impactos evidentes sobre los territorios, tales como

inundaciones y sequías, podemos observar cambios ambientales que integran nuevos desafíos en la gestión de los recursos naturales, como la cantidad disponible de agua potable en las fuentes que alimentan las ciudades o el aumento de inundaciones por la variabilidad de los ciclos pluviales. Estos impactos son más evidentes en lugares densamente poblados. Para evitar una situación de riesgo en la ciudad, causada por el cambio climático sobre el recurso agua, es necesario que la gestión del agua sea sustentable.

Las políticas públicas deben asegurar el aprovisionamiento del agua y desarrollar una gestión sustentable para todos sus usos en los territorios. Dado que la producción y la distribución del agua potable es un monopolio natural, los usuarios del recurso son consumidores cautivos. Es importante analizar cómo y porqué se toman las decisiones de política pública en materia de gestión del agua en diferentes ciudades; para adoptar las mejores prácticas que permitan un uso sustentable del recurso.

En el caso de las ciudades de París y de México, hablamos de dos escenarios diferentes; por un lado la escasez de agua en la Ciudad de México y la abundancia en París, con dos escenarios en la gestión del servicio público; la gestión pública en la Ciudad de México y la gestión privada o gestión delegada en París, sobresale la modificación de la estructura de cuotas del servicio del agua en la Ciudad de México y la remunicipalización de la gestión del servicio público en París ambas en 2010. Sin embargo, el cambio climático pone a las dos ciudades en la misma condición, de vulnerabilidad. Podemos preguntarnos ¿Cómo reaccionarán las dos ciudades frente al cambio climático?

Se analiza el desempeño del servicio público que gestiona el agua en ambas ciudades, los objetivos y pendientes de lo que cada una considera buena gestión. Se analizaran indicadores repartidos en dos grupos; los indicadores comunes, que podrían ser comparables entre ambas ciudades, e indicadores que muestran la visión particular de los objetivos



que cada ciudad identifica como importantes. El cambio climático se convierte en la variable primordial que agrega incertidumbre y subraya la importancia capital de la gestión del agua. Para esto se interrogó a diferentes actores involucrados. A través del análisis de sus respuestas intentamos responder si la red de actores son capaces de reaccionar creando cuadros de gestión para hacer frente al cambio climático y reaccionar frente a éste o toman decisiones para resolver problemas en función de presiones de grupos de interés, hasta que son urgentes y no en función de su importancia.

Los actores de tres sectores: público, científico y especialistas, identificarán los desafíos de la gestión del recurso frente a los efectos del cambio climático, las soluciones encontradas, sus límites y los obstáculos para encontrar las mismas, finalmente en la conclusión, se evocan otras posibles soluciones para resolver los desafíos.

Contexto y problemática

Aunque el agua ha sido considerada como un patrimonio común y se ha elevado a rango de derecho en Francia y México, la gestión del servicio público del agua toma la forma de un bien o de un valor económico. Las soluciones propuestas para asegurar el acceso al agua en los países en desarrollo impulsan que el agua sea tratada como un bien económico, con la presión para el establecimiento de derechos de propiedad para definir los derechos de uso del agua, la adopción del principio "el agua paga el agua" y el consecuente establecimiento de precios y tarifas sin subsidios, la promoción de la integración de asociaciones publicas-privadas basados en las premisas de que los organismos privados pueden realizar las inversiones que no realiza el sector público, que aquellos tienen la experiencia en materia de conocimientos técnicos y que cuentan con los recursos materiales y financieros, propiciando que el agua sea considerada como un bien económico y que la gestión se lleve a cabo según las leyes de oferta –el aprovisionamiento- y demanda –fijación de precios y tarificación, corriendo el riesgo de no considerar el agua como un patrimonio y por lo tanto de no aplicar una gestión integral.

En ésta el tratamiento del agua es indispensable para devolver el agua limpia al ciclo completo. Pero según la ciudad y sus medios tecnológicos y financieros, esto puede no realizarse. El paradigma hidráulico del siglo pasado, adoptó el sistema de "todo al drenaje", que requirió grandes ríos para la eliminación de aguas negras, este siglo debe entrar

en un nuevo paradigma donde el tratamiento de las aguas residuales no sea opcional y donde el ciclo de vida completo del producto deba estar integrado en el manejo de los recursos.

La ciudad de París

París tiene su fuente principal de agua en la cuenca Sena-Normandía, es atravesada por el río Sena, pero el agua no es potable. La mitad del recurso para la ciudad proviene de las fuentes de agua y de pozos profundos, que llevan el recurso a la ciudad a través de 4 acueductos. La fuente más lejana se encuentra en Armentières. La otra mitad del recurso proviene de aguas superficiales, del Sena y la Marne, que son tratadas en Ivry, Orly y Joinville.

En Francia, el agua es un bien común, sin embargo, el medio que la contiene puede ser de propiedad pública o privada. Los municipios (comunales) son responsables de la gestión del servicio público de agua potable, del saneamiento del agua de lluvia y de la elección de su gestión, normalmente delegan esto a empresas privadas, a través de contratos de tratamiento, arrendamiento o concesiones de largo plazo, para la distribución de agua y el mantenimiento del sistema de drenaje.

En París las fuentes de agua son propiedad de la ciudad, se decide la concesión de suministro de agua y la gestión de servicios sanitarios. La infraestructura actual del sistema de aguas de París fue creada a finales del siglo XIX, el 95% del agua es tratada y los lodos residuales se utilizan como fertilizantes en forma de composta.

A partir del 1 de enero de 2010, el gobierno municipal a través de su empresa pública *Eau de Paris* se convirtió en operador público de agua en la ciudad, después de 20 años de gestión por parte de tres empresas concesionarias. Esta es una característica de París, ya que el 75% de las comunales de gestión delegan el servicio del agua a empresas privadas.

Los municipios situados en la corona de París organizan su gestión en una asociación municipal, SEDIF (el Syndicat des Eaux d'Ile de France) delegando su gestión a Veolia, antes *Compagnie Générale des Eaux*, desde hace casi 100 años y esto genera una diferencia de alrededor de 1€/m³ entre el precio que pagan los parisinos y los habitantes de los municipios, siendo mas alto para éstos últimos.



Esta participación histórica de las empresas francesas les ha dado la experiencia en el mercado del agua, hoy en día el 40% del mercado mundial del agua privatizada está controlada por tres grupos franceses: *Générale des Eaux* (antes *Vivendi* hoy *Veolia Environment*), Suez (antes *Lyonnaise des Eaux* y su subsidiaria *Ondeo*) y la Sociedad de Planificación Urbana y Rural (SAUR) esto es lo que actualmente conocemos como “El modelo francés de gestión del agua”.

Desde el siglo XIX, París cuenta con una doble red de agua de diferente calidad: agua potable para consumo humano y agua no potable o agua cruda, utilizado principalmente por los servicios municipales de suministro de lagos y ríos para el riego de los espacios verdes para el lavado de la vía pública y, por último, para la limpieza de alcantarillado.

La ciudad se encuentra en una situación de abundancia del recurso, pues tiene un consumo de agua de 550 000 m³/día o 150 l/hab/día y una capacidad de producción de 1,7 millones de m³/día, una capacidad de almacenamiento de agua potable de 1,4 millones de m³/día y una red de distribución de 3600 km. A partir de los 90s el consumo de agua en París ha disminuido, en 2009 el consumo fue de 150 a 165 litros por persona por día.

Actualmente se enfrenta a dos problemas, la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias, que contaminan los acuíferos que alimentan los ríos, en general la calidad es buena en la cuenca aguas arriba, aguas abajo se degrada, debido a la urbanización y la industrialización, para resolver éste último, se creó la planta de tratamiento Achères la segunda planta de tratamiento en el mundo de la tecnología en el volumen de agua tratada. El otro problema es la pérdida de los humedales de importancia ecológica.

Actualmente el agua es suficiente para el uso actual, pero la presión sobre las fuentes de agua para la ciudad, así como sobre los humedales de los alrededores va en aumento. Otra causa de presión sobre el recurso son las aguas que se vierten involuntariamente sobre el río Sena que degradan la calidad del agua, pues el área metropolitana de París sufre la mayor presión antropogénica del país.

La Zona Metropolitana del Valle de México

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es el área urbana más grande del país, cuenta con tres fuentes principales: el agua subterránea en

71%, la cuenca del río Lerma-Cutzamala en un 26,5%, y el río Magdalena, el 2,5%.

El drenaje de la ciudad corre a través del Gran Canal y el río Tajo Nochistongo a Tula. Por esta razón, se le ha llamado la región hidropolitana. Este sistema esta formado de cuatro cuencas: la del Lerma, Cutzamala, Valle de México y Tula. Las fuentes principales se encuentran en el oeste, al norte y al sur de la ciudad. Esto da lugar a una distribución desigual del agua, que evidencia la escasez del recurso.

En México, el agua es propiedad de la nación, es el Estado el que otorga concesiones a través de los derechos de uso de agua. Los encargados de la gestión son los municipios. El agua en el Distrito Federal es administrada por la Región XII Aguas del Valle de México, incluyendo 116 municipios del Estado de México y 16 delegaciones. En el estado de México, hay 36 organismos operadores municipales que ofrecen el servicio de distribución de agua potable, saneamiento, alcantarillado y tratamiento de aguas. Los municipios deciden si ellos mismo se encargan de la gestión del servicio o lo concesionan, por lo que, no todos los municipios tienen un organismo operador privado.

La gestión actual del agua en el DF es pública y se concesionaron a cuatro consorcios, que dividen a la ciudad en cuatro partes, actividades como elaboración del censo de usuarios, instalación de medidores de regularización y manejo del catastro de la red primaria de agua potable, de la red secundaria de drenaje, el tratamiento de agua, la instalación de nuevas tomas de agua, la medición del consumo, la facturación, la recepción de pagos de derechos, el mantenimiento, la reparación y el reemplazo de los medidores. En una tercera etapa, se les otorgarían otros servicios como el suministro de agua, la reparación de fugas, el mantenimiento y desarrollo de la red de drenaje y agua potable, de acuerdo a la modalidad de contratos de servicios.

Los beneficios de la gestión con entes privados radica, según el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) en mejoras financieras para la medición, facturación y cobranzas, la eficiencia de la gestión de servicios ha aumentado de un 19,95% a 51,8%, pero en una evaluación independiente elaborada en 2010, se observa un retraso en las tareas encargadas, como la actualización del inventario de usuarios y la instalación de medidores.



El recurso tiene tres usos principales: Sector doméstico 67%, industria 17%, las escuelas, los hospitales y las oficinas en un 16%, el consumo de agua en México es muy heterogénea según la clase social: en algunas zonas irregulares, es de 28 litros *per cápita* por día, en las zonas de ingresos medios, 275 a 410 litros y en zonas con altos ingresos 800 a 1000 litros. En promedio, 223 litros diarios por habitante. La distribución y disponibilidad del agua depende de las fuentes que abastecen cada zona de la ciudad, las delegaciones con menos agua se alimentan sólo de fuentes subterráneas del Valle de México, y no por el sistema Lerma y Cutzamala, como es el caso de Tláhuac y Xochimilco. Sin embargo, también hay diferencias, por ejemplo, Iztapalapa es la delegación más poblada, con una alta concentración de familias de bajos ingresos, recibe agua del sistema Lerma - Cutzamala, pero tiene un suministro pobre e irregular.

El volumen de agua subterránea extraída es más importante que el agua de lluvia reabsorbida, esto evidencia un riesgo futuro de agotamiento de las aguas subterráneas. Por esta razón la ciudad sufre hundimientos del suelo del orden de 10-25 cm por año, siendo la zona oriente la más afectada. El porcentaje de pérdida por fugas es otra problemática importante. La ciudad continúa creciendo debido al alto costo del uso de suelo en el centro. Los desarrolladores construyen nuevas viviendas en los municipios conurbados que antes eran zonas de recarga de acuíferos y de evapotranspiración de la ciudad, excavan pozos, cada vez más profundos, que alteran la calidad del agua del subsuelo y da lugar a una mayor competencia por el agua con las poblaciones originarias. El porcentaje de utilización del agua tratada es muy baja, gran parte se utiliza para el riego de zonas agrícolas, por el nitrato y fósforo que contienen, pero éstos fomentan el desarrollo de bacterias y enfermedades, además de que se contaminan de fuentes de agua, con un impacto en la calidad del agua de la ciudad.

Podemos resumir el actual modelo de gestión del agua en México por tres características: la exportación de agua de la cuenca, la sobreexplotación de los acuíferos y la importación de cuencas externas de agua, históricamente se solucionó la escasez mediante la importación de agua de río para la ciudad y la evacuación por el drenaje de aguas residuales y pluviales fuera de la ciudad.

El paradigma hidráulico de la Ciudad de México es cuestionable; ya que cambió el curso natural de la cuenca endorreica hacia al oeste del país, y además expulsa más agua de la que recibe. Como respuesta a la escasez de agua en la ciudad, se tomó en 2010 la decisión de aumentar las tarifas de consumo de agua. Todos estos elementos crean un problema de abastecimiento de agua. Si sumamos los efectos potenciales del cambio climático, el resultado es que millones de personas están amenazadas por una creciente escasez de agua, es decir un "estrés hídrico".

Los temas de interés de cada ciudad en el desempeño del servicio público.

Aunque en ambas ciudades hay indicadores equivalentes, se encuentran diferencias sobre en todo en la distribución, frecuencia y calidad del servicio, siendo los principales:

- cobertura de agua potable
- cobertura de drenaje
- cobertura de tratamiento de agua
- consumo por día por habitante
- disponibilidad de agua.

En las tarifas en México se observan cuatro tarifas diferenciadas por el uso y la zona, mientras que en París solo se diferencia la tarifa del agua potable y del agua dura. Cabe señalar que en México se estableció un mínimo de agua de 20m³ en un acuerdo con la Organización Mundial de la salud (OMS), en París no existe un mínimo de agua vital que permita establecer tarifas diferenciadas.

En París el número de consumidores excede el número de habitantes pues se consideran usuarios domésticos y comerciales, mientras que en el DF el número de usuarios registrados es mucho menor que los 8 millones de habitantes.

Los indicadores específicos de cada ciudad reflejan lo que ellos consideran relevante para evaluar la eficiencia del servicio. Por ejemplo para el DF son importantes; la productividad, la oferta, el ingreso por m³, el costo de operación, la eficiencia física y comercial. Mientras que para París es importante, la tasa de renovación de la red de agua, el índice de avance en la protección del recurso, la tasa de desbordamiento en propiedades de los usuarios, la tasa de reclamación y quejas, la cantidad de lodos anual por tratamiento de aguas.

Estos indicadores reflejan diversas preocupaciones con respecto a las finanzas sanas del servicio, la



satisfacción de la demanda en cuanto a la calidad más que a la cantidad, las preocupaciones ambientales, la experiencia de los eventos anteriores como inundaciones, la implementación de la prevención y el avance hacia una visión del ciclo del agua completo. Con ellos se puede observar que el estado actual de los recursos hídricos plantea desafíos para la futura gestión del agua en las dos ciudades.

Para México, los retos de los organismos operadores de gestión son principalmente para mejorar la calidad del acceso a servicios de agua y la eficiencia económica. Por ello, el debate público y el privado en México es importante porque las instituciones financieras están presionando para la intervención del sector privado, con el fin de lograr una mayor eficiencia en el servicio que siempre ha sido público en México, pero que abrió la puerta a la participación de las empresas privadas, aunque mantiene subvenciones excluyendo el principio de "el agua paga el agua", recomendado por la Organización de las Naciones Unidas.

Para París, el reto sigue siendo mantener la tarifa de agua pues la disminución del consumo también se traduce en menores ingresos financieros, además de la protección de los recursos, la satisfacción del servicio y la prevención de los daños a los usuarios.

El análisis científico de los efectos del cambio climático.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC en inglés) fue creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para evaluar la información científica sobre los riesgos técnicos y socio-económicos relacionados con el cambio climático causado por las actividades humanas. En 1992, el IPCC publicó escenarios de emisiones utilizados para operar modelos de circulación general y analizar escenarios de cambio climático, llamados escenarios IS92 fueron los primeros escenarios globales para mostrar los efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los análisis globales de éste grupo, así como las investigaciones nacionales, estén o no a favor de las tesis de antropización de los efectos del calentamiento global, convergen en que el impacto preciso del cambio climático en los recursos hídricos es incierto.

El agua de la ciudad y el impacto del cambio climático

La mitad de la humanidad vive en ciudades, y en los próximos veinte años, casi el 60% de la población mundial vivirá en zonas urbanas. (ONU, 2010) En las ciudades, se observan impactos significativos en el ciclo hidrológico natural. La urbanización aumenta las superficies impermeables, la cubierta vegetal se reduce y los sistemas de drenaje limitan la acumulación de agua en las superficies urbanas en y de los humedales.

La construcción de infraestructura crea un "ciclo del agua" en paralelo al ciclo natural, para el abastecimiento de agua potable y para mantener las condiciones higiénicas a través de la evacuación de las aguas residuales y pluviales, que consiste en:

1. Extracción de agua (agua superficial y / o subterránea)
2. Tratamiento de agua para hacerla potable.
3. Distribución a los usuarios a través de una infraestructura subterránea y una red de canalizaciones para llevarla a las casas habitación.
4. El uso de agua distribuida y / o agua recogida directamente por los usuarios (agua subterránea, agua de lluvia, etc.).
5. Descarga de aguas negras y grises que acarrean desechos humanos o de la limpieza, y el agua para uso doméstico: ducha, baño, lavadora de platos, la ropa, el agua y el uso industrial y comercial.
6. Recolección, contención de las aguas residuales y / o pluviales para diversos usos.

Estos cambios en el ciclo del agua en las ciudades se combinan con los efectos previstos del cambio climático (cambios en la temperatura regional, frentes fríos en invierno - las olas de calor o canícula en verano y reducción de los caudales y los niveles de agua subterránea, y sequías) estos efectos se reflejan en la distribución del agua de la ciudad y en el rendimiento de los servicios de infraestructura hidráulica urbana, más específicamente, en posibles cambios en las características de las precipitaciones causadas por el cambio climático que afectarán al suministro de agua potable y el drenaje (Duchesne 2005).

Esto le otorga una relevancia fundamental a la capacidad de las ciudades para resistir con sus sistemas cuando se trata de acontecimientos que pueden ser una amenaza, que puede dañar o destruir (WB 2008 citado por Soto 2009) definiéndose como la resiliencia de las ciudades.

Los efectos del cambio climático en París

Actualmente en París se llevan a cabo grandes esfuerzos para la modelar escenarios que sirvan para proyectar los impactos sobre los recursos



hídricos. Retomando estudios realizados por Julien Boe, Florence Habets y Agnès Ducharne, se identifican los siguientes efectos e impactos:

La cuenca del Sena representa el 12% del territorio nacional. Se concentra el 30% de la población nacional, una gran parte se encuentra en el área metropolitana de París, con gran potencial industrial. Actualmente, según Ducharne, tiene una fuente de agua suficiente alimentada por las lluvias y las aguas subterráneas. No se considera escenarios catastróficos (Ducharne 2008).

Efectos

Principalmente pueden observarse:

- Aumento de la cantidad de lluvia en invierno (0-40%), con posibles inundaciones y las inundaciones consiguientes.
- La disminución de las lluvias de verano (50% o más), y junto con una disminución en las tasas de estiaje (en torno al 60%), dejando predecir sequías más severas y olas de calor.
- Aumento de la temperatura media , (en Francia se calcula alrededor de 2,5 ° C a 4 ° C en primavera y verano, convergen en un mínimo 2º grados.

Efectos sobre la cuenca del río Sena en París:

- Aumento sistemático de estiaje severo y del número de días que se presenta
 - Incertidumbre de los periodos de inundaciones extremas (Ducharne 2008)
 - Disminución de las tasas medias de la cantidad de agua en otoño, verano y en invierno un incremento que no compensa la disminución, por una mayor evaporación (Boe)
 - Reducción de las nevadas y de la altura de la cobertura de nieve (Habets 2009)
 - Disminución significativa en el escurrimiento
 - Disminución de la precipitación total al horizonte del 2050
 - Aumento de la evapotranspiración potencial del 16%
 - Reducción del flujo en otoño e invierno

Sobre la evolución de la recarga de las aguas subterráneas:

- Cambios en la temperatura promedio estadísticamente significativos
- Déficit cercanos a la cantidad de extracción total actual (suelo + superficie)

- Duplicación de la extracción actual del manto freático
- Posible reducción en la humedad del suelo.
- Reducción significativa de recarga del 35%
- Menores niveles de agua subterránea

Impactos

El efecto directo del cambio climático es suficiente para poner en duda la viabilidad de los cultivos de riego como se han realizado hasta la fecha. Pues la temperatura y la hidrología dependen de la influencia del clima sobre la calidad del agua. (Ducharne 2003).

- Problemas de la sequía más intensos.
- La contaminación por nitrógeno de las actividades agrícolas en una proyección a 2100 (Ducharne 2009) aumentará, y su impacto en las actividades agrícolas es importante porque genera un círculo impactos / efectos.
- Las modificación del flujo afectará el volumen y la duración de la extracción en las grandes presas.
- El aumento de la temperatura del agua y el aire impactarán sobre los procesos bioquímicos y por lo tanto sobre la biodiversidad.
- El aumento de CO2 afectarán la evapotranspiración de la cubierta vegetal.
- Los acuíferos sufrirán cambios en la concentración de nitrato por los cambios en la recarga con impacto en la vida acuática.

Los flujos son, en Francia, las variables de mayor impacto en el ciclo hidrológico. Los cambios temporales del flujo en el invierno son poco comunes, pero con una alta variabilidad temporal a lo largo del año, impactaría con un ligero descenso en la cantidad del líquido en el Sena.

Para el Sena

- En verano, cambios muy importantes, con un fuerte descenso del flujo desde el 2000 y una fuerte disminución de la variabilidad interanual.
- Debido al aumento de la temperatura, hay un efecto combinado de aumento de la evaporación con una disminución de la precipitación en todas las estaciones, excepto el verano donde una reducción de la evaporación se produce.
- Incremento en el número de días de estiaje, con lo que los flujos intensos



disminuyen con impactos negativos asociados con flujos más bajos que no serán compensados por una reducción de los impactos de las inundaciones.

- La caída de nieve disminuye drásticamente a baja altura, y menos a medida que asciende, la profundidad de la nieve disminuye en todas las altitudes, con un efecto negativo en el turismo.

- La humedad del suelo disminuye, independientemente de la temporada, excepto en las zonas montañosas en invierno y/o primavera, lo que afecta la agricultura.

- Escaso escurrimiento, amplifica el estiaje de los acuíferos, con un impacto significativo sobre los recursos de agua para hidroelectricidad.

Los efectos del cambio climático en la Zona Metropolitana de Valle de México.

Para los efectos del cambio climático en México, se retoman dos estudios, "El impacto del cambio climático en el servicio de abastecimiento de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México"¹ de Gloria Soto y "La vulnerabilidad de las fuentes de agua potable en México en el contexto del cambio climático"² Oscar Escolero.

Estos estudios utilizan modelos de circulación global (MCG) para estimar los impactos derivados escenarios de cambio climático en el sistema de abastecimiento de agua de la ZMCM.

Efectos

-Aumento en la temperatura global del planeta entre 1,1 y 6,4 ° C (IPCC 2007); (Soto 2009)

¹ Soto analiza 2 escenarios de emisiones de GEI, el A1B y B1, para el período 2046-2085. Es una estimación de los cambios en la ZMCM con los datos de clima del Servicio Meteorológico Nacional (Servicio Meteorológico Nacional) el órgano responsable de la recopilación de datos nacionales para la base de datos "III Eric, 2006", elaborado por la Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para obtener los registros históricos y la ZMCM estacional. Debido a la falta de series en todas las estaciones meteorológicas, un período de 30 años fue elegido para las estaciones con datos completos durante este período.

² Escolero toma en cuenta los cuatro escenarios del IE-EE para identificar la relación entre la temperatura y la precipitación

- El aumento de la temperatura esperada en la ciudad, de 0,3-1 ° C respectivamente para el escenario B1 durante la época de estiaje y para el escenario A1B durante todo el año (Soto 2009), entre 1,3 y 1,9 ° C (Escolero 2009)

- Para la ZMCM se observa un aumento en la temperatura media anual para el área urbana, y ningún cambio en el área de conservación. Este cambio puede ser atribuido a las "islas de calor", causadas por la urbanización.

- En las zonas urbanas, se observa una disminución en el promedio de precipitación anual, con un ligero aumento en el área de conservación. (Soto 2009)

-Disminución de las precipitaciones durante la temporada de lluvias, de 2 a 5% y variaciones - 8% - 5% durante la temporada de estiaje. De acuerdo con otro modelo más extremo, variaciones de 0 a 11% durante la estación lluviosa y una reducción del 12-23% en la temporada seca. (Escolero 2009)

- La evapotranspiración ZMCM es de 60%, se observa un aumento de la evaporación en el escenario A1B y disminución para el escenario B1.

- Disminución de la infiltración debido a la temperatura y la urbanización

Impactos

- Disminución del volumen de agua con impacto en la reducción del flujo establecido en el Distrito Federal para atender la demanda de los volúmenes de los municipios periféricos del agua suministrada por la CONAGUA, especialmente durante el estiaje.

-Limitación de la aplicación de la reducción de la oferta.

-Reducción de las reservas de los sistemas de abastecimiento de agua en la ciudad,

En general, con repercusiones en el ciclo hidrológico, tales como cambios en:

- La carga de los acuíferos

- Erosión

- Intrusión salina

- Los cambios en el flujo de las aguas superficiales y subterráneas

-Reducción el volumen de la cuenca sobreexplotada debido a los cambios en la precipitación.

- Disminución de la disponibilidad de agua, de un 10 a un 17%, puede darse como una



combinación de años extremadamente secos o húmedos (Escolero 2009). Esto nos lleva a diseñar un escenario con millones de personas expuestas a un mayor estrés hídrico y molestias especialmente la disponibilidad de agua para las zonas residenciales irregulares. (Soto 2009).

Sobre la recarga.

-El aumento de la temperatura y la evaporación disminuye el impacto de la recarga de aguas subterráneas.

-Continuación de la sobreexplotación del acuífero que disminuirá la calidad del agua por salinización de fuentes. Por tanto, podemos considerar el agravamiento de este problema, las delegaciones más amenazados son GustavoA.Madero, Venustiano Carranza e Iztacalco.

Sobre el consumo

- Aumento en el consumo de agua durante el tiempo de flujo bajo, debido al aumento de temperatura. Este aumento es de 30 millones de m³ por año en el escenario B1 y 90 millones de m³ por año en el escenario A1B.

Sobre el sistema de alcantarillado y la recarga

-La alteración de las precipitaciones en el escenario A1B se traduciría en una disminución del 20% en la precipitación, con dos destinos del agua de lluvia: las aguas residuales y la recarga en el área de la conservación para el primero, Mientras que en el escenario B1 se espera que aumente en un 23% de agua, que aumentaría el flujo hacia el desagüe con el consiguiente riesgo de inundaciones, la recarga de aguas subterráneas considera un aumento del 66%. (Soto 2009)

-También se prevé un riesgo a inundaciones y deslaves de tierra para las personas que viven junto a precipicios y barrancos, en zonas de alto riesgo.

La vulnerabilidad de la ciudad

La mayor vulnerabilidad de la ciudad proviene de municipios y zonas periféricas con agua ineficiente, un empeoramiento de la falta de disponibilidad de agua para las zonas de asentamientos irregulares, la falta de agua disponible para el centro, y el Norte, que están lejos de las fuentes de agua del sistema Lerma-Cutzamala y las fuentes subterráneas.

En México, hay una escasez de agua en el recurso por el crecimiento de la población y los usos agrícolas, urbanos e industriales que pueden ser exacerbados por los efectos del cambio climático, como inundaciones y sequías, afectando a la economía.

- Aumento de la desigualdad en el abastecimiento de agua y otros servicios básicos para toda la población de la ciudad, se acentuarán aún más las diferencias en la prestación de servicios y las condiciones inadecuadas de vivienda, aumentando la vulnerabilidad de estos a las tormentas, inundaciones, deslizamientos y desprendimientos de rocas.

- Aumento de los eventos de inundaciones como ya han sucedido en los municipios conurbados: Valle Dorado 2009, Valle de Chalco (2000 y 2010).

-Además de la problemática existente del suministro de agua por tandeos en algunas áreas de la delegación Iztapalapa con presencia de exceso de hierro y manganeso, podría presentarse más comúnmente.

Estos dos estudios sugieren que, en términos de impacto, existe una vulnerabilidad de la ciudad que podría agravarse.

En ambas ciudades, se espera un impacto sobre las sequías, en París en el verano y en México en todas las estaciones, así como sobre en la calidad y cantidad de agua extraída, la recarga de las aguas subterráneas, la evapotranspiración y la proyección de posibles inundaciones.

Otros impactos potenciales para las ciudades

Es difícil distinguir entre los efectos locales y globales, del cambio climático, pero los dos efectos se combinan para producir un clima más extremo con precipitaciones y sequías más intensas. En las zonas urbanas, algunos autores han considerado otros impactos específicos en el suministro de agua y alcantarillado.

Los principales impactos en el suministro de agua

Podemos distinguir los impactos directos e indirectos (CUB 2009, Assouline 2007)

- Impactos directos:



- Verano seco con periodos más largos con un aumento de las fuentes de temperatura que genera un menor volumen de agua disponible para la evacuación de aguas superficiales o subterráneas. Y por lo tanto una degradación de la calidad de los recursos en los puntos de extracción
- Disminución de la eficacia de la infraestructura por la disminución de los niveles en los puntos de extracción.
- Precipitaciones con un invierno más corto y más intenso, que promueven la escorrentía, pero que no son propicias para la renovación de las aguas subterráneas y aumentan el riesgo de inundaciones que pueden deteriorar la calidad del agua extraída.

- Impactos indirectos:

- La menor disponibilidad de agua superficial se traducirá en constante necesidad de recurrir aún más a la extracción de aguas subterráneas, reduciendo aún más la contribución potencial a las cuencas superficiales.
- El aumento esperado de olas de calor se traducirá en un aumento de la demanda de agua potable y no potable, con una disminución de los recursos disponibles.
- El aumento de las lluvias torrenciales crea un riesgo de aumento de los volúmenes vertidos a los ríos sin tratamiento, lo que deteriora la calidad del agua que escurre a los lechos de los ríos.
- El aumento de la temperatura aumenta la velocidad de evaporación del agua y afecta a la humedad atmosférica, lo que acelera la descomposición del material orgánico, lo que afecta el crecimiento de las plantas y produciendo la propagación de enfermedades.

Los principales impactos en el alcantarillado

El aumento de la temperatura puede acelerar la reducción del sulfato y causar problemas mediante el aumento de sulfhídrico (H₂S) que se traduce en incremento de olores, de la corrosión y empeora las condiciones de seguridad para el personal que trabaja en el sistema de desazolve (CUB 2010). Por tanto, será necesario readaptar estos sistemas.

Una posible disminución en el flujo puede causar un aumento en la concentración de los flujos con un

tiempo más largo para la evacuación, o estancamiento.

Del mismo modo, la reducción de los caudales limitará la potencia de la dilución natural y aumentara el impacto de los vertidos urbanos en el medio acuático.

El aumento de los periodos secos durante el verano causara menos oxidación de la red por el agua de lluvia.

El aumento de la intensidad de la lluvia puede requerir más estructuras para canalizar el agua de lluvia y las capacidades actuales de desbordamiento, con el consiguiente riesgo de inundaciones y la producción de lodos, habrá necesidades de bombeo y dragado más frecuentes.

Por último, los impactos pueden ser paradójicos en algunas zonas la cubierta vegetal del suelo podría mejorar por el aumento de la absorción del agua, pero el aumento de las precipitaciones, debe diferenciarse de la intensificación que si puede tener efectos negativos.

Según el Observatorio Nacional francés sobre los Efectos del Calentamiento Global 2009, existen restricciones para los usuarios, tales como la disminución del suministro de agua, menor disponibilidad de agua para la agricultura, la intensificación del tratamiento de aguas residuales será necesario, con los consiguientes aumentos de costos, lo que hace necesario desarrollar estructuras para la canalización del agua de lluvia. La producción de energía se verá afectada de dos maneras: reduciendo la eficiencia de la refrigeración y los conflictos entre las necesidades de los usuarios y los de las hidroeléctricas.

La adaptación es un aspecto clave de los impactos del cambio climático sobre el agua y el sistema de drenaje público, se relacionan con la disponibilidad de la infraestructura en términos de suministro de agua, servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. La capacidad de recuperación de las ciudades puede verse limitada por factores como el crecimiento incontrolado, contaminación creciente, las instituciones que no cumplan con las necesidades de la sociedad, las subvenciones no tienen en cuenta los costos ambientales. Los impactos del cambio climático, como hemos visto, puede reducir esta capacidad, pero el diseño de un sistema fuerte puede significar tanto una mayor



resistencia como un camino hacia la sustentabilidad en la gestión del servicio agua.

Los desafíos para los actores de la administración pública.

Se construyó un sistema analítico de tres actores de cada ciudad con el fin de probar la inclusión del tema del agua en la identificación de los impactos del cambio climático en la gestión, las soluciones y las limitaciones vislumbrados para ello se hizo uso de una metodología etnográfica (aplicación de entrevistas con respuestas abiertas para dar más libertad a la inclusión de toda la información conocida por los actores)

La red de actores en París

Un actor en el servicio público; Julie Purdue, Directora del Gabinete de Anne le Strat, Presidente de *Eau de Paris*, un científico; Julien Boe, especialista en modelización sobre cambio climático, y un especialista de una problemática, Christian Metairie, Vice-Presidente de la Comunidad de Aglomeración de Val de Bièvre un municipio conurbado de París en donde se encuentran fuentes de agua que alimentan la ciudad.

La red de agentes en México

- Un servidor al público: se buscó una entrevista con el Director General del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), Lic. Ramón Aguirre Díaz, pero finalmente no se concretó la entrevista por lo que se decidió sustituir esta entrevista por los siguientes documentos oficiales:

- Hacia un Programa de Cambio Climático en la Ciudad de México. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Mayo 2007.
- El Programa de Acción Climática. Ciudad de México 2008-2012. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente.
- Cambio climático dentro del contexto de sistemas de aguas del Distrito Federal. Jorge Planchú, Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Septiembre 2007.
- Informes de prensa sobre las declaraciones del Director General del Sistema de Agua de México (SACM), Ramón Aguirre Díaz.

Un científico: Dra. Gloria Soto Montes de Oca, miembro del Centro Virtual de Cambio Climático, coautora de "El impacto del cambio climático en el servicio de suministro de agua en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", y un especialista de una problemática específica, Héctor

E. Madrid Luna, Director Adjunto de la Oficina de Estudios y Gestión de Proyectos de agua, drenaje y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua CONAGUA, por ser ésta institución el organismo de gestión de los recursos hídricos nacionales, es fundamental para la gestión del agua en la ZMCM..

Balance de la situación y proyectos de solución

Ambas ciudades tienen una red de actores que identifican la problemática que podría introducir el cambio climático. Como ellos mismos explican, aún carece de estudios más detallados sobre temas específicos, a una escala adecuada. Si bien los funcionarios públicos de ambos países informaron de una falta de conocimiento sobre el manejo de recursos, no es actualmente una preocupación crítica. Esto puede ser una consecuencia de la otra, no se preocupan por las cosas que no conocen.

Para París

En París, no encontramos un modelo específico para la ciudad, los estudios abarcan toda la cuenca del Sena, con utilidad para la aglomeración. Se reconoce de la dificultad de integrar múltiples elementos en un solo estudio, pero con los existentes se puede avanzar en el tema. Se observa un interés para avanzar en la comprensión y solución de los impactos, lo que podría ayudar a una mejor gestión de los recursos, hay mucho que hacer, pero se han identificado en estas lagunas y, por lo que están tratando de desarrollar estudios.

Los funcionarios parisinos no consideran un riesgo latente por cambio climático, sobre la cantidad de agua disponible, y por lo tanto no hay un impacto en la producción de agua potable que está garantizada; pero puede haber impactos en términos de calidad. París considera que para disminuir el impacto de variaciones de temperatura, su red de agua no potable es una solución, que se están analizando. Además se están organizando acuerdos con los municipios conurbados para encontrar soluciones a la contaminación, la disponibilidad de agua, las sequías y la protección de los recursos.

No se hizo mención de los impactos indirectos, tales como reducción de la eficacia de la infraestructura por la reducción de los puntos de extracción pues consideran que tienen suficientes fuentes de agua. Tampoco hubo mención de los impactos indirectos, tales como el impacto de la calidad superficial del agua y el impacto de inundaciones y descargas en el lecho del río.



• En México

También hace falta mayor desarrollo de investigaciones sobre los efectos del cambio climático específicos, se identifica una falta de organización de las instituciones locales encargadas de la generación de información en el método de recolección de los sistemas de información. Se recomienda avanzar en estudios sobre el efecto de la temperatura sobre el estado de los acuíferos y las mediciones en el agua subterránea.

Hay interés por avanzar en la investigación, pero los investigadores han identificado otras limitaciones, como la falta de información mencionada, la falta de coordinación entre las instituciones de investigación y las de gestión y administración, así como una restricción presupuestaria. La percepción del riesgo de los impactos del cambio climático sobre los recursos en las instituciones es diferente. Mientras que para dos actores, existe un riesgo de falta de agua, para otro, no es un riesgo la escasez, sino un riesgo generado por la vulnerabilidad de la infraestructura de la ciudad con respecto al agua.

Hay una identificación de soluciones en temas muy específicos como el tema de fugas y de inundaciones, pero también se identifican problemas para los cuales no hay mención de soluciones, como las olas de calor, la falta de importancia en la agenda de los políticos, la falta de eficiencia en los recursos operativos y humanos en el sistema alcantarillas.

En términos del objetivo de la gestión sustentable, la conclusión es que la Ciudad de México busca el desarrollo sustentable, pero requiere grandes inversiones y largos plazos de espera para el desarrollo de la infraestructura necesaria. Se buscan nuevas fuentes para asegurar el agua para las generaciones futuras y reducir el impacto sobre las aguas subterráneas.

No hubo mención sobre posibles impactos indirectos sobre la reducción de los niveles de eficiencia de los puntos de extracción, pero el problema ya existe en el agua subterránea.

No hubo ninguna mención de los impactos indirectos de la contribución a los ambientes superficiales en términos de la calidad del agua por el aumento del volumen vertido y el deterioro de los lechos de ríos, que se encuentran alrededor de la ciudad..

En el caso de las dos ciudades, por último, no ha habido mención sobre las repercusiones en el sistema de alcantarillado, que genera olores y corrosión de la infraestructura, o la seguridad del personal o la dilución de alcantarillas o sobre el medio ambiente, o el aumento del costo de las obras para canalizar el agua para el dragado de la red.

En cuanto a acciones de adaptación autónoma y planificada, la primera se refiere a los cambios introducidos no específicamente para disminuir las consecuencias del cambio climático, pero puede reducir los impactos, y la segunda es el resultado de políticas para reducir los impactos. Aunque para París, el cambio climático no es una preocupación permanente hay una tendencia a desarrollar mas acciones planificadas que autónomas. En cuanto a México, debido a su vulnerabilidad, las acciones autónomas están más presentes que las acciones planificadas, pero teniendo en cuenta las necesidades y limitaciones de inversión, esta situación es más favorable y es una oportunidad para incluir el desarrollo sustentable en todas las políticas.

En ambas ciudades existe una falta de conocimiento por parte de la población sobre el cambio climático que impide una participación más activa como actores en la gestión del agua y crea una falta de comprensión de la política pública. Ambas ciudades están considerando la posibilidad de invertir para concientizar a la población.

Propuesta final

Finalmente proponemos la adopción del sistema de gestión integral del agua propuesto por la Organización de las Naciones Unidas, integrando estrategias concretas como

- a) el uso eficiente del agua por la población, lo que significa no sólo la realización de campañas permanentes de información sobre el agua, sino también la concientización de los niños y sus padres en el sistema educación formal,
- b) b) Una mayor inversión en infraestructura para agua potable y para el tratamiento de aguas industriales, duras, grises y negras,
- c) c) Un sistema eficaz de tarificación del agua, especialmente para los grandes usuarios que deben adoptar sistemas para recuperar la mayor parte del agua utilizada,
- d) Establecer las bases para la promoción de la inversión privada en áreas tales como



- plantas de tratamiento de aguas residuales y en infraestructura redes secundarias de agua no potable,
- e) La adopción de nuevas tecnologías para garantizar un nivel mínimo de absorción de agua de lluvia en los acuíferos de las ciudades, así como de técnicas innovadoras como la re-inyección de agua o la "cosecha de agua de lluvia",
 - f) Promover el crecimiento planificado de las ciudades frente tomando en cuenta los nuevos esquemas climáticos, teniendo en cuenta la gestión integrada del agua como uno de los pilares de los planes de expansión de las ciudades.

Conclusión

Es crucial aceptar la existencia de alteraciones de los ciclos climáticos, como se evidencia en los estudios científicos incluidos en este estudio. Las consecuencias afectan los recursos particularmente escasos, como el agua potable. Es así que una buena gestión del agua se convierte en un reto para abastecer de agua potable a la población y para el sistema del saneamiento urbano. El cambio climático es un fenómeno que afecta la vida diaria de la mayoría de las ciudades y que, sumado a otros factores como la falta de planificación y la mala gestión de los recursos hídricos, aumenta su vulnerabilidad. La incertidumbre puede ser una razón atractiva para ignorar el cambio climático en la toma de decisiones, pero los costos pueden ser más altos.

Hemos observado que el cambio climático no es la principal preocupación de los funcionarios públicos ni de los usuarios, debido a la falta de información y conciencia de los problemas existentes, por lo que es indispensable mejorar la eficiencia de la transferencia de conocimiento desde la investigación a los responsables de las políticas públicas.

Por lo tanto, podemos concluir que la posibilidad de adaptación está determinada por la situación económica de cada ciudad, pero también por las prioridades de los tomadores de decisiones en la planificación del espacio urbano y la inversión.

Fuentes de consulta

1. Cambio climático dentro del contexto de sistemas de aguas del Distrito Federal. Jorge Planchú, Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Septiembre 2007.
2. Coing, Henri. 2011. *Préface sur L'Eau mondialisée : La gouvernance en question* Schneier-Madanes, Graciela. Paris, Diffusé par Éditions La Découverte. 4e éd. Paris. 220 p.
3. Consejo Consultivo del agua. 2010. *La Gestión del Agua en las Ciudades de México. Indicadores de desempeño de organismos operadores*. Primer reporte 01.2010.
4. El Programa de Acción Climática. Ciudad de México 2008-2012. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente.
5. Escolero Fuentes, Oscar. 2009. *Vulnerabilidad de las Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de México en el Contexto de Cambio Climático*. Centro Virtual de Cambio Climático. Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal. Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM. 169 p.
6. Evalua DF. Informe Final. 2010. *Evaluación externa del diseño e implementación de la política de acceso al agua potable del gobierno del distrito federal*. Consejo de evaluación del Gobierno del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal y PUEC-UNAM, 13 de mayo de 2010. 259 p.
7. Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2000. *Scénarios d'émissions*. Résumé à l'intention des décideurs, en français. Rapport spécial du Groupe de travail III du GIEC, OMM, PNUE, Publié pour le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 27 p.
8. Habets, Florence, Julien Boé, Michel Déqué, Agnès Ducharne et al. 2011. Impact du Changement climatique sur les ressources en eau du bassin versant de la Seine. Programme Piren-Seine. Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine. Agence Seine-Normandie. Résultats du projet GIECC – RexHySS, No.13, Septembre 2011.
9. Hacia un Programa de Cambio Climático en la Ciudad de México. Gobierno del Distrito Federal. Secretaria del Medio Ambiente. Mayo 2007.
10. http://participation.lacub.fr/IMG/pdf/eau_ass_ainissement_010910/5.Diagnostic/eau_assa_inissement_010910_27_changement_climati_que.pdf
11. La CUB Communauté Urbaine de Bordeaux. 2010. *L'influence du changement climatique*



sur la gestion de l'eau. La situation au 27 mai 2010. Le projet Eau et Assainissement. Documents. Fiches du diagnostic n°27 Changement climatique. 13 p. (mis en ligne 01/09/10) En ligne sur :

12. Libreros Muñoz, Vladimir. 2003. Empresa privada y servicio de agua en México, Distrito Federal. Evaluación de una década. Programa Universitario de estudios sobre la ciudad (PUEC-UNAM) PRINWASS Segunda Conferencia Internacional. México D.F., abril 2003.
13. Mailhot Alain et Sophie Duchesne, « *Impacts et enjeux liés aux changements climatiques en matière de gestion des eaux en milieu urbain* », Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 2, septembre 2005, 9 p. En ligne, mis en ligne le 01 septembre 2005. En ligne : <http://vertigo.revues.org/1931>.
14. Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique France. 2009. *Changement climatique, coûts des impacts et pistes d'adaptation, rapport au Premier ministre et au Parlement*, La Documentation française, Paris, 193 p. Egalement disponible en texte intégral au format PDF à cette adresse http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_onerc_cle098a8d-1.pdf
15. Perló Cohen et González Reynoso. 2009. *¿Guerra por el agua en el valle de México?*. UNAM Coordinación de Humanidades, Programa de estudios sobre la ciudad (PUEC). México. 287 p.
16. Soto Montes de Oca, Gloria et Marina Herrera Pantoja. 2009. *Estudio sobre el impacto del cambio climático en el servicio de abasto de agua de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Centro Virtual de Cambio Climático. Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal. Universidad Iberoamericana. Universidad of Est Anglia. México. D.F. Agosto 2009. 67p.
17. Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP). 2010. *Les indicateurs techniques et financiers* 2009. 46 p. Site : www.siaap.fr



Energía y Medio Ambiente

Tahalia Elena Olivera Fujiwara

Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM

Introducción

De manera común la protección ambiental y los grupos ecologistas se encuentran ligados con la idea de biodiversidad, no obstante, para garantizar la permanencia de ésta es necesario mitigar las enormes presiones que la actividad humana ha ejercido sobre el ambiente que lo rodea. Bajo los reflectores se encuentran las comodidades de la vida moderna, a las que aspiran un número cada vez mayor de personas que habitan los países en vías de desarrollo.

Desarrollo

El transporte, la producción industrial, la construcción y la prestación de servicios son algunos ejemplos de los sectores en los que la energía se demanda, incluso actividades como la agricultura se ha modificado, por ejemplo los Estados Unidos tienen una producción agrícola sumamente tecnificada en la que las maquinas realizan el arado, la siembra e incluso la recolección de algunos frutos, de ahí que la cantidad de agricultores requeridos por hectárea, disminuya seriamente —asimismo se requiere personal capaz de manejar ésta maquinaria, por lo que el tipo de capacitación requerida cambia— y en compensación a la energía humana se emplea diesel, gasolina o electricidad para la producción

Como consecuencia de tecnificación del campo se genera mayor rendimiento de los cultivos que acompañado con el uso de pesticidas, cultivos y semillas modificadas genéticamente, lo que genera más presión en el ambiente, en primer lugar porque se propician los monocultivos, con lo que se puede provocar la pérdida de la biodiversidad, ya que se modifican drásticamente el entorno.

En segundo lugar, porque se demandan energéticos, generalmente de origen fósil, en el proceso: arado, siembra, monitoreo, recolección, empaque y embalaje, la cantidad dependerá del porcentaje de tecnología empleada, además de la utilizada comúnmente en la distribución de los insumos y productos, con lo que se genera mayor contaminación ambiental.

En resumen, podemos observar que en la actualidad nuestro entorno se encuentra lleno de manifestaciones tecnológicas por lo que vivir sin electricidad se convertiría en todo un reto para los habitantes de este siglo y la falta de ella se transformaría en todo un caos, como ha sucedido con algunos grandes apagones por ejemplo, el registrado en 2003 en ciudades de los Estados Unidos y Canadá en donde fueron afectadas más de 50 millones de personas y de acuerdo a algunos analistas, las pérdidas económicas ascendieron entre 4 y 10 millones de dólares tan sólo en los Estados Unidos. (Heredia, 2004)

A pesar de que el nivel del desarrollo actual se ha alcanzado gracias a una economía basada en los combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón, entre otros.) su producción, uso y transporte ha generado una serie de problemas; en primer lugar tenemos conflictos bélicos que en la mayoría de los casos se derivan de la lucha por el control de estos recursos entre los que podemos destacar la Guerra del Golfo Pérsico, en 1989, cuyo móvil fue la existencia de grandes yacimientos de petróleo en la región de Kuwait, lo cual movió el interés de las grandes potencias por controlar el territorio.

Asimismo, su uso genera grandes desigualdades entre los estados debido a que algunos tienen mayores capacidades de desarrollo poseen este tipo de recursos o la capacidad económica suficiente para proveerse ya que mientras regiones como Europa gastan millones de dólares euros en satisfacer las necesidades energéticas de su población países de África encuentran esta carencia como uno de los motivos que les impide lograr su desarrollo.

En este sentido, son reveladores los siguientes datos: En 1990, la población mundial era de 5,295 millones de personas de los cuales el 70.2% pertenecían a los denominados países en desarrollo; en cuanto a las interrelaciones población-consumo energético, solamente en América del Norte —Estados Unidos y Canadá—, con una



población de un 5.2% de la población mundial, se consume el 25% de toda la energía primaria producida en el mundo; la Unión Europea, por su parte, con una población del 8.6%, consume el 17% de la energía. En el lado opuesto se sitúan los países subdesarrollados, los cuales con una población del 70.2% consumen solamente el 32.6% de toda la producción mundial de energía primaria. (Domingo, 2000, 26)

Esto representa un grave problema, primero porque el crecimiento demográfico no corresponde a la cantidad de recursos naturales y segundo porque este tipo de consumo promovido por el sistema económico imperante genera una gran cantidad de desechos de todo tipo entre los que destacan las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático. Por lo que podemos afirmar que las actuales estructuras energéticas son absolutamente incompatibles con un desarrollo sostenible de la humanidad y generan inequidad entre los habitantes del planeta.

A pesar de lo anterior, los estados se han empeñado en priorizar el empleo de este tipo de fuentes debido a que su costo es relativamente bajo y porque se creía que eran inagotables no obstante, diversos estudios científicos demuestran que las reservas de petróleo existentes en el mundo se agotarán en un plazo no superior a 50 años frente a ello los sectores público y privado se han empeñado en encontrar soluciones a mediano plazo para lograr hacer frente al encarecimiento y la escasez de hidrocarburos. (Domingo, 2000, 27)

Ahora bien, hay que mencionar que precisamente es en éstos tiempos de carestía e incremento de los precios en los que se alienta el cambio tecnológico, como sucedió con la crisis del petróleo de los años setenta, misma que propició la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas para la elaboración de energía a partir de combustibles alternativos que permitieran la continuidad en el abastecimiento y evitar los altos costos. Asimismo el uso, generación y transportación de la energía ha contribuido grandes problemas ambientales por ejemplo; la contaminación del aire, el cambio climático, la deposición ácida, el agujero de la capa de ozono, entre otros.

En base a ello podemos determinar que uno de los retos al que se enfrentan las naciones, es garantizar un abasto constante de los recursos energéticos que les permita asegurar los niveles de desarrollo que han alcanzado e inclusive, incrementarlos siempre y cuando se tomen en cuenta los efectos

ambientales que el transporte, uso y generación poseen para los habitantes de una nación.

Para este propósito es necesario afianzar la disponibilidad a un precio accesible ya que si ésta es abundante y barata, favorecerá el crecimiento o por el contrario, si escasea y es costosa, representa un límite al crecimiento económico, ya que debemos recordar que el valor de las mercancías se encuentra íntimamente ligado al valor de la energía por lo que su encarecimiento se traduce en la disminución de los niveles de competitividad en el mercado internacional, al tiempo que se incrementa el número divisas internacionales destinadas a este fin. (Pardo, 1993, 15)

En el caso de México la dependencia de hidrocarburos es doble ya que en primer lugar la exportación de petróleo es el mayor sostén económico de nuestro país, en segundo porque forma parte de la seguridad energética nacional. Por lo anterior podemos determinar que uno de los grandes retos en la política energética mexicana es la sostenibilidad de la energía, para la cual se deberán emplear un conjunto de técnicas que permitan alcanzar la eficiencia de los procesos de producción de electricidad con la tecnología mas adecuada.

Implicaciones del Uso de las Energías Renovables

En este apartado se hará referencia a las ventajas y desventajas del uso de las diferentes energías alternativas así como la posibilidad que tienen de desarrollarse y competir en el mercado ante recursos como el petróleo el cual hasta el momento abastece la mayor parte de las necesidades energéticas mundiales, en 2011 esta ascendió al 41.3% de acuerdo a datos de Agencia Internacional de la Energía. (IAE, 2012, 28)

Energía solar

El sol es una fuente energética inagotable, gratuita y al alcance de todos; en realidad los seres vivos hacen uso constante de ella, desde aspectos básicos como la fotosíntesis en las plantas, el aprovechamiento pasivo o la generación eléctrica a través de paneles fotovoltaicos utilizados por el hombre. Cabe destacar que la mayoría de las fuentes energéticas provienen de una u otra manera del sol ya que esta interviene en la generación de vientos, es absorbida por las plantas e interviene en el ciclo hidrológico permitiendo la recarga de los mantos acuíferos.



Igualmente, la cantidad de energía solar que no se transforma constituye la energía solar directa la cual aprovechan los seres vivos del planeta (Pardo, 1993, 196-197) la cual puede ser aprovechada como fuente de iluminación, en los cultivos agrícolas o para generar electricidad, ya sea a través de su conversión térmica o fotovoltaica dependiendo del dispositivo empleado para ese fin. En el primer caso, es decir, la energía solar térmica se puede emplear para calentar agua que puede ser consumida para usos higiénicos y sanitarios, además el vapor resultante de los procesos de producción puede aprovecharse para la generación de electricidad con lo que se garantizará un abastecimiento con mayor eficiencia e incluso en sistemas de calefacción en donde los comparados con algunos sistemas tradicionales resultan económicamente competitivos.

Las zonas rurales son sin duda los lugares más idóneos para el uso de esta energía, debido a que la disponibilidad energética frecuentemente no es tan grande como en las ciudades además, cuentan con grandes espacios que pueden dedicar a una instalación solar de gran tamaño la cual proporcione una autonomía energética considerable asimismo, el uso de cocinas solares permite a los habitantes de zonas apartadas preparar los alimentos sin necesidad de combustible el cual en ocasiones representa mucho esfuerzo para conseguirlo o un gasto sustancial del ingreso familiar.

Por otra parte la energía fotovoltaica puede emplearse a pequeña escala para iluminar, refrigerar y prestar otros servicios, especialmente en áreas geográficas remotas o inaccesibles y zonas rurales en los que la red eléctrica general no puede llegar o la extensión hasta esos lugares es muy costosa. Por el contrario, a gran escala se han construido plantas fotovoltaicas que pueden ser utilizadas como fuente energética complementaria de la red general, otro uso es en los llamados edificios ecológicos o inteligentes que consisten en el uso de paneles fotovoltaicos en su estructura ya sea en fachadas o en la sustitución de ventanas.

Las mayores virtudes de los sistemas solares fotovoltaicos son su facilidad de uso, el escaso mantenimiento debido a que las celdas no sufren desgastes considerables, lo que aumenta el tiempo de vida (Comisión Europea, 2003, 18-19) del sistema además, debido a la complejidad en la construcción de los módulos es necesario contar con personal especializado y un buen control de proceso de producción lo cual generaría nuevas fuentes de empleo y su carácter poco contaminante,

ya que ésta únicamente puede generarse durante la fase de construcción de los módulos fotovoltaicos. (Domingo, 2000, 32)

Desde el punto de vista ambiental, la producción de electricidad a partir de la energía solar tiene efectos positivos ya que, debido a la ausencia de combustión no genera emisiones contaminantes además, evita el consumo de combustibles fósiles con lo que contribuye a la seguridad energética —sobre todo en países que careen de estos recursos— finalmente, la ausencia de grandes tendidos eléctricos contribuye a disminuir las repercusiones ocasionadas por los postes y cables eléctricos sobre el entorno, principalmente en la población de aves y por ende, contribuye a mejorar la imagen rural y urbana

La mayor dificultad de la energía solar en sus dos formas de aprovechamiento reside en su intermitencia. El gran problema con que se enfrenta la generación de electricidad a partir de módulos fotovoltaicos es el costo tan alto de las celdas, así como la dependencia de baterías en el caso de las pequeñas instalaciones no conectadas a la red; de igual manera la mala distribución geográfica del silicio podría representar un obstáculo para la industria ya que los países dependerían de la obtención de la materia prima para construirlos.

Energía eólica

La energía eólica ha sido empleada por el ser humano desde épocas muy remotas; sólo cabe recordar el uso de antiguos molinos de viento empleados en Europa durante la Edad Media. A raíz de la crisis energética de los años setenta, el uso de energías renovables surge como una de las principales opciones que permitían abastecer a las diversas regiones; de esta manera la energía eólica comenzó a aprovecharse por medio de máquinas eólicas, convirtiéndola en energía potencial ya sea para transformarla en electricidad por medio de aerogeneradores o bien, para utilizarla directamente como energía mecánica gracias a los aeromotores.

Algunas de las aplicaciones más importantes de la energía eólica se llevan a cabo en medios apartados o de difícil acceso son: el Bombeo de agua y riego, generación de electricidad a pequeña y gran escala, acondicionamiento y refrigeración de almacenes y productos agrarios; secado de cosechas; calentamiento de agua; acondicionamiento de naves de cría de ganado; empleo de aerogeneradores para dispositivos de ayuda a la navegación; repetidores de radio, televisión y estaciones meteorológicas; en plantas de desalinización del



agua de mar; electrólisis del agua; producción de abonos, entre otros. (Domingo, 2000, 128)

El aprovechamiento de la energía eólica presenta grandes ventajas, las de mayor importancia se refieren a su inagotabilidad y bajo costo, aunados a la facilidad en la manipulación y transporte. Además, es una fuente cuyo impacto ambiental es relativamente bajo ya que los aerogeneradores producen emisiones nocivas solamente en el momento de su construcción y a la hora de su funcionamiento no genera emisiones de CO₂. De la misma forma, puede desplegarse tanto en tierra como a distancia de la costa y constituye una industria importante para la exportación de tecnología. (Comisión Europea, 2003, 7)

Como toda fuente energética la eólica origina impactos, sobre todo en el ambiente, los cuales se relacionan más con el tamaño de las máquinas y el espacio que ocupan, debido a que los lugares en donde los vientos son favorables para su uso no coinciden con asentamientos humanos, los aerogeneradores modifican el paisaje debido a sus dimensiones y falta de estética. El ruido se presenta como otro grave problema ya que se produce al choque del aire con las aspas, de igual manera los aerogeneradores pueden ocasionar interferencias en las telecomunicaciones. Por lo demás, la única fuente contaminante es el aceite necesario para la lubricación de los elementos móviles, la cual podría evitarse si se utilizan lubricantes vegetales; su distribución territorial es amplia; aunque genera fuentes de empleo y permite la distribución eléctrica en zonas aisladas por lo que contribuye a la cohesión económica y social de las regiones.

Las mayores desventajas del uso de esta fuente son por un lado, la intermitencia, ya que al igual que el sol no es permanente sin embargo, puede subsanarse con instalaciones combinadas que permitan el abastecimiento continuo y por el otro, la posible incidencia sobre las poblaciones de aves, ya sea por el choque contra los aerogeneradores o por las líneas de distribución eléctrica. Para evitar estos problemas, es necesario realizar un estudio de la avifauna existente en la región en donde será instalado el parque eólico para minimizar los accidentes e instalar los tendidos eléctricos subterráneos con el fin de minimizar los impactos.

Energía hidráulica

El uso de la energía hidráulica es remoto; los árabes por ejemplo, la utilizaban entre otras cosas, para moler grano, bombear agua y para el riego. La generación de electricidad a partir de este método

se encuentra bastante difundida en la actualidad, ya que en distintos puntos del planeta se encuentran grandes presas que permiten la transformación de este tipo de energía.

Existen diferentes métodos para la obtención de electricidad a partir de la fuerza de los ríos, el más difundido es el uso de presas, cuyo propósito es la acumulación del agua que corre desde las partes altas hacia el mar, a través de la división del río por medio de un dique y la formación de un embalse, el cual permitirá formar un salto en el que sea liberada la energía cinética contenida en el agua, transformándose en energía potencial, regulada a través de compuertas para ser conducida hasta la casa de máquinas donde hace girar las turbinas, ya sea al pie de la presa o en tubería forzada, conectadas a un generador para producir electricidad.

Por otra parte, encontramos plantas reversibles que permiten absorber energía sobrante, lo que representa una gran ventaja en los mercados eléctricos, convierten la energía sobrante de horas valle en energía de horas punta, la transformación de calidad que esto supone y la plusvalía correspondiente, justifican por sí mismas el consumo de energía por bombeo. Del mismo modo gracias a la reversibilidad se consigue una garantía de la potencia instalada, pues el funcionamiento de la central se hace independiente de los caudales naturales, ya que para disponer de éstos en horas punta, basta haber bombeado previamente, lo que representa una valiosa adecuación entre la demanda de consumo y la oferta.

La cantidad de generación de energía hidráulica en un país se encuentra intrínsecamente relacionada con la pluviosidad de los ríos que posee y de su orografía sin embargo, antes de realizar una instalación de este tipo se deberán evaluar las diversas implicaciones que conlleva tanto de tipo económico como social y sobre todo las de índole ambiental, ya que son variables y dependen, en gran medida, del tamaño y clase de instalación de la que se trate, debido a que la ésta se realizará en un ecosistema con gran densidad biótica por lo cual se corre el riesgo de producir daños de dimensiones no asumibles.

Entre sus ventajas se encuentran: la nula emisión de gases atmosféricos debido a que no utiliza combustibles fósiles para su generación. Tal vez la mayor ventaja de este tipo de generación, es su alto grado de eficiencia que oscila entre el 80 y 90% frente al 30% de rendimiento medio de la



electricidad producida a partir de petróleo y carbón. De igual forma hay que destacar que los costos de producción son bajos frente a otro tipo de fuentes, debido a la gran difusión, avances tecnológicos y poco mantenimiento de sus instalaciones además, es la única fuente renovable que no tiene problemas de almacenamiento, ya que las presas permiten almacenar grandes cantidades de agua por largos periodos de tiempo; asimismo las aguas de los mantos acuíferos subterráneos son aumentadas por cargas desde el embalse.

La hidroeléctrica puede ser una opción para abastecer zonas en donde la energía es pobre, ya que requiere de instalaciones sencillas y garantiza la mejora de las condiciones de vida de las poblaciones; al mismo tiempo, la instalación de centrales hidráulicas a pequeña escala minimiza el impacto ambiental y puede ser utilizada localmente con lo cual, las pérdidas de energía y los costos en la distribución pueden ser reducidos, además este tipo de plantas pueden ser utilizadas para producir hidrógeno, cuyas técnicas y tecnologías se encuentran aún en desarrollo.

Energía de las mareas

Las mareas pueden ser aprovechadas para generar electricidad; el principio es semejante al de la energía hidráulica, es decir se debe contener el agua en un depósito artificial (llamado estuario de entre 4 y 5 metros de amplitud) cuyo objetivo será retener el agua cuando sube la marea para que al bajar la marea, el agua salga por las compuertas y mueva las turbinas, que a su vez harán funcionar el generador eléctrico. Este procedimiento también puede funcionar de manera que las turbinas trabajen en los dos sentidos; de esta forma la energía no sólo se producirá cuando baja la marea, sino también cuando sube.

Debido a sus necesidades se han desarrollado diferentes variedades de centrales mareomotrices: de ciclos elementales o múltiples, es decir de un sólo embalse o de varios con presas intermedias y de simple o doble efecto, con turbinas en un sólo sentido o turbinas reversibles además se pueden combinar con sistemas de almacenamiento por bombeo de agua, lo cual incrementa la eficiencia de la central.

Los grandes obstáculos a los que se enfrenta el uso de esta fuente son: la corrosión de los materiales por el contacto continuo con el agua salada, la falta de desarrollo tecnológico y los costos elevados de la instalación debido a la falta de su comercialización además, la producción eléctrica se encuentra

limitada al incremento y descenso de las mareas, aproximadamente tres horas, dos veces al día en el caso de las centrales de un solo ciclo, aunque puede incrementarse a través del uso de centrales multiciclo o con el bombeo del agua con la energía excedente. (Pardo, 1993, 195)

De igual manera se habrá de tomar en cuenta la ubicación de la central, con el fin de no incidir demasiado en el entorno, ya que es importante tomar en cuenta que el mar es un hábitat muy rico y que cualquier alteración en él, puede generar desequilibrios para una o varias de las especies que lo conforman y con ello alterar el equilibrio biológico, por lo que antes de realizar cualquier instalación será necesario llevar a cabo un estudio minucioso del impacto ambiental que generará, con la finalidad de no alterar en demasía el medio; otra solución sería la instalación de centrales en pequeños "entrantes" de la costa en los que el impacto de la obra será mínimo.

Del mismo modo, habrá de tomarse en cuenta que en ocasiones las ventajas son considerables ya que, en primer lugar, se eliminan las emisiones atmosféricas además, las instalaciones combinadas pueden representar una opción para el abastecimiento energético en las regiones costeras ya que las centrales raramente disminuyen drásticamente su producción, debido a que la variación máxima existente es de sólo un 5% anual además, las mareas no pueden ser interrumpidas por sequías, como en el caso de la hidroeléctrica, debido a que éstas se basan en el ciclo lunar.

Energía Geotérmica

El calor interno de la corteza terrestre representa una fuente energética ya utilizada por el hombre, para usos sanitarios o medicinales, como en el caso de las aguas y lodos termales. Sin embargo, fue hasta 1904 cuando se realizó el primer intento para utilizar el vapor geotérmico en la generación de electricidad no obstante, el interés mundial por la energía geotérmica comenzó a desarrollarse gracias a las recomendaciones de la Conferencia Nuevas Fuentes de Energía en el marco de la ONU celebrada en Roma en 1961.

Existen dos maneras de aprovechar las fuentes geotérmicas: la primera de ellas se refiere a la calefacción de viviendas (aguas termales o vapor) y la segunda a la generación de electricidad. En el primer caso, el agua termal o vapor se distribuye por medio de tuberías o bombas con el fin de proporcionar un ambiente más cálido. Con el objeto de aprovechar esta fuente para la generación



eléctrica se deberán perforar una serie de pozos de los que se extraerá el vapor, del cual se sustraen los sólidos y algunos gases, este vapor será conducido por medio de tuberías hacia las turbinas conectadas a un generador para producir electricidad y el excedente se envía a un condensador para transformarse en estado líquido y ser reinyectado en el mismo acuífero para ser reutilizado.

Existen algunas desventajas en el uso de esta fuente energética sobre todo de tipo ambiental ya que las plantas geotérmicas pueden originar contaminación por ruido durante la perforación y liberación de vapor, que en ocasiones afecta a la vida silvestre asimismo, pueden causar alteraciones físicas de los ecosistemas si son modificados los cursos de las corrientes fluviales o el medio geológico como consecuencia de los sondeos y las perforaciones, con los cuales se pueden producir hundimientos o actividad sísmica por la extracción o inyección de fluidos en el proceso además, las aguas pueden ser contaminadas debido al alto contenido de minerales y el aire ya que emite gases como el hidrógeno y algunos sulfuros aunado a ello, se encuentra la baja eficiencia de sus plantas ya que su producción es mucho menor que la de las centrales alimentadas por combustibles fósiles (entre el 15% y el 20% menos) debido a la baja temperatura. (Domingo, 2000, 35)

Sus principales ventajas son: la mínima cantidad de emisiones contaminantes –menos del 1 por 1000 de las que produce una central de carbón– por lo que su uso representa una opción para aumentar el abastecimiento de manera segura y sostenible debido a que las emisiones de CO₂ son mínimas además, no desprende SO₂ ni NO_x, por lo cual, la deposición ácida es reducida; asimismo, la energía geotérmica es adecuada para diferentes usos como la producción eléctrica y los diferentes procesos agrícolas e industriales en los que se requieren agua caliente, vapor o calor.

Gracias al uso respetuoso hacia el ambiente es posible disminuir la contaminación química generada por la liberación natural de la misma energía geotérmica y el tiempo de construcción para una planta es relativamente corto, aproximadamente tres años desde la planeación hasta la etapa de operación. Por otra parte puede resolver los problemas energéticos en regiones cercanas a los puntos idóneos para el uso de esta técnica siempre y cuando se realice un estudio minucioso de los impactos ambientales que una instalación de este tipo puede originar.

Biomasa

Se entiende como biomasa el conjunto de la materia orgánica que conforma a los seres vivos implicados en la cadena alimenticia. Tiene diversos usos debido a la gran flexibilidad que posee ya que puede ser utilizada directamente en la generación de calor y electricidad, a través de diferentes técnica, asimismo destacan la transformación de los residuos en gas, aceite y carbón, la producción de abonos, productos químicos y finalmente algunos combustibles que pueden obtenerse directamente por extracción en plantas productoras de hidrocarburos o a través de procesos termoquímicos o biológicos según su naturaleza y contenido de humedad.

Este tipo de biocombustibles tiene ciertas ventajas frente a los combustibles fósiles ya que contienen bajos niveles de azufre y en general contribuyen a mejorar la calidad del ambiente debido a que disminuyen la cantidad de desechos sólidos. Por otra parte el biogás puede sustituir al gas doméstico, al gas natural y al metano (después de su purificación) ya sea como fuente de calor, alumbrado o como combustible en motores de combustión interna o acoplados a generadores de electricidad.

En el caso de la generación eléctrica ésta se lleva a cabo por medio de la transformación de la biomasa en vapor con el cual se acciona una turbina conectada a un generador, aunque también pueden emplearse para su aprovechamiento: turbinas de gas, motores diesel o de combustión interna. Las plantas de baja potencia tienen inconvenientes que habrán de tomarse en cuenta a la hora de su planeación ya que, por un lado suponen una inversión alta, así como recursos para el gran número de personal ocupado, ya que la cantidad de personas que opera una instalación de este tipo no tiene relación directa con la potencia de la misma.

En general el uso de la biomasa presenta pocos inconvenientes los cuales pueden ser subsanados si se tiene cuidado tanto en el momento de utilizar la tierra para este fin ya que se corre el peligro de destinar granos que pueden ser empleados para consumo humano, incrementando el precio de los alimentos, actualmente los estudios se han centrado en el desarrollo comercial de alternativas de generación eléctrica que no presenten estos problemas: el primero de se refiere a la gasificación de la biomasa para utilizarla en motores de ciclos combinados de turbina de gas y turbina de vapor o bien en un motor diesel.



Los inconvenientes de esta técnica se refieren a las posibles impurezas las cuales pueden incidir negativamente en su combustión y manejo asimismo, los metales alcalinos tienen un efecto corrosivo en los materiales, en cuyo caso es preciso enfriar el gas, condensar estos productos y filtrarlos antes de poder ser empleados, por último se encuentra el uso de biocombustibles líquidos para generación eléctrica, los cuales facilitan el almacenamiento para su transformación en electricidad mediante motores diesel.

Los biocombustibles líquidos (bioalcoholes y aceites vegetales) también pueden emplearse para sustituir los carburantes de motores térmicos; en el caso de los motores de encendido con chispa, los bioalcoholes son una alternativa tecnológicamente experimentada y difundida en países como Brasil, (Pardo, 1993, 211) ya sea para sustituir el uso de gasolina o para disminuir los índices de emisiones. Los aceites vegetales, en cambio, por su naturaleza y comportamiento más próximo al del gasóleo, se adaptan mejor para sustituirlo, total o parcialmente, en motores diesel con lo que se pueden disminuir las emisiones de CO₂ ya que al contrario de lo que se cree, las emisiones procedentes de la biomasa no contribuyen a incrementar la concentración de gases de efecto invernadero en la biosfera ya que este CO₂ ha sido previamente fijado en la fotosíntesis por lo que no hay emisión neta de CO₂.

Conclusiones

En general, como en el resto de las energías alternativas habrán de valorarse las externalidades conexas al uso de la fuente como la generación de empleo, el mantenimiento de la vida rural, la conservación de los bosques, la prevención de la desertización, el incremento en la cohesión económica y las posibles implicaciones ambientales con el fin de determinar la conveniencia de su uso. (Pardo, 1993, 213)

La enorme ventaja que presenta las energías renovables frente a las fuentes de energía convencionales, es que existe una reducción continua y significativa del valor de generación a lo largo de los últimos 20 años. No obstante, la solución a veces no se encuentra en una sola fuente sino que es producto de la combinación de algunas de ellas, lo cual permita sustituir a una cuando la otra se encuentre ausente. Asimismo, deberán ser analizadas las implicaciones sociales y políticas que conllevan pero sobre todo las económicas, ya que debido a éstas en ocasiones, los estados abandonan las acciones a favor del entorno, ya sea porque no se encuentran verdaderamente

comprometidos con el bienestar general o porque los costos dentro del sistema internacional y las interrelaciones que en él coexisten no lo permiten.

Fuentes de consulta

1. Agencia Internacional de la Energía (2012) *Key World Energy Statistics 2011*. IAE, París
2. Comisión Europea. (2003) Dirección General de Empresa. "Atraer el Sol" en: *Innovación & Transferencia de Tecnología*; Luxemburgo, No. 3, Año 03. Mayo 2003. pp. 18-19.
3. Domingo López, Enrique (2000) *Régimen Jurídico de las Energías Renovables y la Cogeneración Eléctrica*. Ministerio de Administraciones Públicas. Colección Estudios. Madrid. 2000. p.27.
4. Heredia, Lourdes (2004) "EE.UU.: el apagón puede repetirse" BBC Martes, 6 de abril de 2004. En: http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/international/newsid_3602000/3602843.stm consultada el 16-07-2010.
5. Pardo Abad, Carlos. (1993) *Las Fuentes de Energía*. Ed. Síntesis; Madrid,



Marco legal aplicable en el proceso de evaluación de impacto ambiental de obras y actividades desarrolladas en el Distrito Federal

Rosa Aurora Osorio Orozco

Bloque temático: Energías alternativas y Legislación ambiental

Resumen

Para la toma de las decisiones de carácter público adecuadas en materia de protección al ambiente, se requiere de la aplicación de diversas acciones, tanto tecnológicas, como político-administrativas y legales. A su vez, dichas acciones deben poseer un determinado programa integral de seguimiento, elaborado con base en los resultados de la evaluación rigurosa de la situación e impacto ambiental, con la finalidad de revelar la complejidad de la problemática, que por ende incluye, un diagnóstico sistémico del desarrollo histórico del proceso de deterioro ambiental, a través de la adaptación de indicadores ambientales confiables y representativos. En este sentido, la Evaluación del Impacto Ambiental es uno de los instrumentos de la Política Ambiental mexicana, que tiene como propósito garantizar un enfoque preventivo que ofrezca certeza pública acerca de la viabilidad ambiental de diversos proyectos de desarrollo.

Dentro de este planteamiento, la revisión del marco jurídico aplicable en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental es de vital importancia, puesto que permite visualizar el radio de acción legal-institucional con el que cuenta la creación de indicadores de impacto ambiental. En efecto, el marco de leyes y reglamentos reconoce la importancia de cada indicador en el equilibrio ecológico y la protección al ambiente. En el caso del marco normativo, se establecen tanto valores de las concentraciones, como los períodos máximos y mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, o combinación de ellos, propios de cada indicador.

Introducción

Desde la década de 1960, México ha experimentado un exponencial crecimiento poblacional, concentrándose con mayor densidad en las zonas urbanas. El Distrito Federal (o Ciudad de México), en su calidad de sede de los Poderes de la Unión y capital del Estado mexicano, ha resultado la entidad federativa con mayor incremento poblacional.

En efecto, el Distrito Federal, abarca una superficie territorial de 1,495 km², lo que representa el 1% de la superficie total del país, siendo por ello la entidad federativa con menor extensión. El número de habitantes en 2010 fue de 8'851,080 habitantes, constituyendo así la segunda entidad con mayor población (después del estado de México, con 15'175,862), representando el 7.8% de la población total. Sin embargo, es el estado con mayor densidad poblacional, contando con 5,920 habitantes/km², seguido por el estado de México con 679 habitantes/km²¹. En términos económicos, en 2009 el Distrito Federal aportó el 17.7% del PIB nacional, seguido por el estado de México con un 9.2%².

Son diversas las problemáticas que esta situación trae consigo, sin embargo el incremento poblacional y con ello su asentamiento en zonas urbanas (regularmente reducidas), es uno de los más importantes, entre otras razones, porque se encuentra caracterizado por la explotación desmedida de los recursos naturales y por la fuerte presión ejercida al entorno natural por parte de las actividades humanas bajo fines de satisfacción socioeconómicas, a través de obras y actividades de desarrollo.

Ante esta problemática, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es considerada un mecanismo de la Política Ambiental mexicana que tiene como propósito garantizar un enfoque preventivo que ofrezca certeza pública acerca de la viabilidad ambiental de diversos proyectos de desarrollo.

¹ INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010*. Versión electrónica en <http://www.censo2010.org.mx/>.

² INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2001-2009*. Versión electrónica en http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bv_inegi/productos/derivada/regionales/pib/2005_2009_seg/P_IBE2009.pdf.



En el caso específico del Distrito Federal, aunque hay indicadores de sustentabilidad que son manejados por el Gobierno del Distrito Federal (GDF), a través de su Secretaría del Medio Ambiente (SMA-DF), no se cuenta aún con indicadores asociados directamente al impacto ambiental generado por las obras y actividades desarrolladas en la entidad federativa.

Dentro de este planteamiento, la revisión del marco jurídico (leyes, reglamentos y normas) aplicable en el proceso de EIA es de vital importancia, ya que permite visualizar el radio de acción legal-institucional con el que cuenta la creación de indicadores de impacto ambiental.

Cabe señalar que México, en tanto Federación, cuenta con tres ámbitos de gobierno: el Federal, el estatal y el municipal. En este sentido, la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 Constitucional, establece que los Congresos de los estados tiene facultad para expedir leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico. Consecuentemente, el marco jurídico aplicable al proceso de EIA en el Distrito Federal, constará de dos niveles de gobierno: el Federal y el Local. En este sentido, con el propósito de enriquecer el Proyecto General, el presente trabajo de investigación ofrece una revisión y reflexión de los ordenamientos jurídicos que regulan el proceso de EIA de obras y actividades desarrolladas en el Distrito Federal.

Por ende, el objetivo general de la investigación se centra en el análisis comparativo entre los instrumentos jurídicos de orden federal y local, aplicables al proceso de EIA de obras o actividades desarrolladas en el Distrito Federal. Asimismo, como objetivo específico se propone elaborar un mapeo y comparación, por nivel de gobierno, de los Límites Máximos Permisibles de daño ambiental, aplicables a los indicadores de impacto ambiental propuestos por el Proyecto General.

La evaluación del impacto ambiental como instrumento de la política ambiental

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) es uno de los instrumentos de la Política Ambiental con aplicación específica e incidencia directa en las actividades productivas. Es considerada una herramienta esencial para prevenir, mitigar y restaurar los daños ambientales. Su principal función es ofrecer una certeza pública acerca de la viabilidad ambiental de diversos proyectos de desarrollo, es decir, se encuentra destinada a

regular la ejecución de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana³. En otras palabras, tiene como finalidad "(...) examinar las consecuencias ambientales, benéficas y adversas, de un proyecto de desarrollo propuesto y asegurarse de que estas consecuencias estén consideradas en el diseño del proyecto."⁴

La EIA tiene su origen en los Estados Unidos de Norte América, a través de la aprobación de la National Environmental Policy Act (Ley sobre Política Nacional Ambiental) de 1969.

En efecto, en la Sección 102, núm. 2, letra C, de este ordenamiento se establece:

"Todas las Agencias del Gobierno Federal deberán incluir en cada recomendación o informe sobre propuestas para legislación, y otras acciones federales importantes que afecten significativamente la calidad del ambiente humano, una declaración detallada hecha por el oficial responsable sobre el impacto ambiental de la acción propuesta y demás circunstancias descritas en esta sección"⁵.

Sin embargo, este instrumento tomó relevancia internacional hasta la *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo* de 1992, a través del Principio 17 que a la letra dice:

"Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente."

En el plano de América Latina, la tendencia fue que la EIA se fue incorporando en los sistemas jurídicos

³ Instituto Nacional de Ecología. *La evaluación del impacto ambiental. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*, México, 2000, págs. 5-6.

⁴ OCDE, 1992a:7. Citado en André, Pierre; *et. al. Environmental assessment for sustainable development. Processes, actors and practice*, Presses Internationales Polytechnique, Montreal, 2004, pág. 29.

⁵ Retomado de Brañes, Raúl. *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, 2ª edición, Fundación Mexicana para la Educación Ambiental/Fondo de Cultura Económica, México, 2000, pág. 216.



con la finalidad de la protección al ambiente a través de la expedición de leyes marco en la materia.

En el caso de México, la EIA aparece por vez primera en la Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA) de 1982, cuyo artículo 7° establecía:

“Los proyectos de obras públicas o de particulares que puedan producir contaminación o deterioro ambiental que excedan los límites mínimos permisibles marcados en los reglamentos y normas, deberán de presentarse a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, para que ésta los revise y pueda resolver sobre su aprobación, modificación o rechazo, con base en la información relativa a una manifestación de impacto ambiental, consistente en las medidas técnicas preventivas y correctivas para minimizar los daños ambientales durante su ejecución o funcionamiento”.

Si bien la LFPA no contenía explícitamente a la EIA como mecanismo preventivo para la protección al ambiente de manera integral, incluía algo similar, enfocado en temas de contaminación de suelo y aire. Aunado a ello, delimitar la obligación de presentación de manifestación de impacto ambiental sólo a los proyectos que “puedan producir contaminación o deterioro ambiental”, permitía la discrecionalidad y subjetividad para la determinación de cuáles proyectos deberían sujetarse a la aprobación de la Secretaría (entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), a la par de que la EIA era un procedimiento costoso y complejo. Además, la carencia de la reglamentación necesaria en la materia, provocó que su aplicación fuese bastante accidentada⁶.

Posteriormente con expedición de la LGEEPA en 1988 (y más aún, con la publicación del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental en el 2000), la EIA comienza a tener injerencia real en la Política Ambiental nacional, puesto que es a partir de este ordenamiento que se concibe al ambiente como un *todo*, sentando las bases para que el cuidado y la protección del mismo se deba de realizar a partir de una visión holística, más allá de la regulación de la contaminación de aire y suelos. Aunado a ello, por primera vez se establece la especificación de las obras y actividades sujetas a evaluación, lo que reducirá la discrecionalidad y subjetividad de la

LFPA⁷. Por último, desde la publicación de la LGEEPA, se han derivado diversos reglamentos que han reforzado el carácter integral de esta ley. En este sentido, en materia de EIA, se crea el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.

Actualmente, como herramienta de la Política Ambiental en México, la EIA se encuentra dirigida a efectuar análisis detallados de diversos proyectos de desarrollo donde se pretende realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos ambientales, tanto positivos, como negativos, que pueden ocasionar su ejecución. A partir de ello es posible entonces, establecer la factibilidad ambiental del proyecto, y en su caso, determinar las condiciones para su ejecución, así como las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales que serán necesarias tomar para evitar o reducir al mínimo los efectos nocivos sobre el ambiente⁸.

Marco jurídico aplicable en el proceso de evaluación de impacto ambiental en la escala federal y local

México en tanto Federación, cuenta con tres ámbitos de gobierno: el Federal, el estatal y el municipal. En este sentido, la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 Constitucional, establece que los Congresos de los estados tiene facultad para expedir leyes en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico. Consecuentemente, el marco jurídico aplicable al proceso de EIA en el Distrito Federal, constará de dos niveles de gobierno: el Federal y el Local.

⁷ El hecho de que determinadas obras o actividades de competencia federal no requieran de la EIA, no implica que ellas queden fuera de toda normatividad y que su impacto sobre el ambiente quede fuera de toda regulación. En efecto, para ello la LGEEPA establece en su artículo 29: “Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera.”

⁸ Instituto Nacional de Ecología. *Op. cit.*, pág. 7.

⁶ Brañes, Raúl. *Ibid*, pág. 218.



Escala Federal

Uno de los pilares fundamentales de todo Estado de Derecho, es el principio de la “Supremacía Constitucional”. Esta idea supone que todos los ordenamientos jurídico-administrativos que modelan la forma determinada de cada Estado, se encuentran derivados en la Carta Magna, siendo en consecuencia concurrentes con los preceptos delimitados en ella. En México, la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* representa la Ley Suprema de la Unión, estando fundamentada en su artículo 133, que a la letra dice: “Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los Tratados que estén de acuerdo con la misma (...) serán la Ley Suprema de toda la Unión (...)”⁹. En consecuencia, el examen del sistema jurídico aplicable en el proceso de EIA a escala local, parte de las disposiciones constitucionales en la materia de la protección al ambiente.

En este sentido, los preceptos constitucionales que sustentan la protección al medio ambiente son: Artículo 4, párrafo quinto; Artículo 25, párrafo primero y sexto; Artículo 27, párrafo tercero; Artículo 73, fracción XVI, base 4 y fracción XXIX, inciso G.

En este orden de jerarquía, la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* (LGEEPA), es considerada a la Ley Marco Ambiental, ya que contiene los preceptos generales que regulan la protección del ambiente. La aplicación de esta ley compete al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En materia de EIA, esta Ley establece un sistema de concurrencias en materia de EIA, en el que delimita las funciones específicas para cada nivel de gobierno: en el artículo 5°, fracción X se establecen las facultades destinadas a la Federación; en el artículo 7°, fracción XVI las correspondientes a las entidades federativas; en el artículo 8°, fracción XIV, las consignadas a los municipios; y el artículo 9° las demarcadas para el Distrito Federal.

A la par de esta distribución de concurrencias entre los diferentes niveles de gobierno, dentro del Capítulo IV (del Título Primero) denominado “Instrumentos de Política Ambiental”, la LGEEPA incluye como a uno de estos instrumentos a la EIA. En la Sección V del referido capítulo, la LGEEPA

establece los mecanismos administrativos para realización de la EIA de instancia Federal. Por su parte, en el artículo 28 se enlistan las obras y actividades que requieren autorización en materia de EIA de competencia Federal. Por último, el procedimiento administrativo de la EIA se encuentra regulado por los artículos 30 al 35 Bis 3.

Por último, de esta Ley Marco se desprende el *Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental* (RMEIA), el cual al igual que la LGEEPA, la aplicación del mismo es competencia del Ejecutivo Federal, a través de la SEMARNAT.

La LGEEPA junto con el RMEIA, estructuran jurídica y administrativamente la EIA de competencia Federal. Es decir, la LGEEPA en lo general y el RMEIA en lo particular. En este sentido, el RMEIA detalla las disposiciones establecidas por la LGEEPA en cuanto a la distribución de funciones correspondientes a la instancia Federal. Asimismo, el procedimiento de EIA de competencia Federal se encuentra reglamentado por los artículos 9° al 50 del RMEIA.

Escala Local

En lo local, la *Ley Ambiental del Distrito Federal* (LADF), estructura el marco de referencia de la protección al ambiente en la entidad. La aplicación de esta ley compete principalmente a la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA-DF).

En materia de EIA, en el artículo 9°, fracciones V y VI, la LADF establece las facultades de la SMA-DF en materia de EIA. Aunado a ello, en el artículo 19, fracción V, define a la EIA como un instrumento sobre el que se elabora y ejecuta la política de desarrollo sustentable del Distrito Federal. Por último, el Capítulo VI, del Título Tercero (que va del artículo 44 al 61), se encuentra destinado a la regulación del procedimiento de EIA en el Distrito Federal.

En este orden de ideas, de la LADF se desprende el *Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal* (RLADF), donde la aplicación del mismo corresponde principalmente a la SMA-DF. En el RLADF, la EIA se encuentra regulada en el Capítulo III, del Título Segundo. Este capítulo abarca del artículo 20 al 28. A diferencia del resto de los instrumentos jurídicos que regulan la EIA, el RLADF destina sus artículos a especificar la documentación requerida para presentarla, así como de algunos tiempos administrativos.

⁹ Reformado mediante decreto publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 18 de enero de 1934.



Por otra parte, al igual que el RLADF, el *Reglamento en Materia de Impacto Ambiental y Riesgo* (RIAR), también se deriva de la LADF, a la vez que su aplicación compete al Gobierno del Distrito Federal a través de las autoridades ambientales.

El RIAR, junto con las disposiciones contenidas en la LADF y el RLADF, crean el soporte legal y administrativo de la EIA en la escala local. En similitud con el nivel Federal, la LADF regula a la EIA en lo general, mientras el RLADF y el RIAR lo hacen en lo particular. En este sentido, el artículo 4° del RIAR enlista a mayor detalle las competencias propias de la Secretaría en materia de EIA. Asimismo, cabe resaltar que las obras o actividades que requieran autorización en materia de impacto ambiental y riesgo de competencia local, se encuentran enlistadas a detalle en el artículo 6° del mismo. Por último, el procedimiento de EIA de competencia Local se encuentra reglamentado por los artículos 33° al 56.

Para finalizar este apartado, tanto las *Normas Oficiales Mexicanas* (NOM's) en materia ambiental en lo Federal, así como las *Normas Ambientales del Distrito Federal* (NADF's) en lo Local, tienen como propósito la implantación de reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables en la regulación técnica de la protección al ambiente. Es decir, toda norma ambiental debe establecer tanto los valores de las concentraciones, así como los períodos máximos y mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, o combinación de ellos.

Análisis comparativo entre el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental a nivel federal y local

La EIA como instrumento de Política Ambiental en México, se encuentra organizada a través de un sistema de concurrencias entre el ámbito Federal y el de las entidades federativas. En el caso específico del Distrito Federal, este instrumento se configura de manera semejante a su homólogo Federal. Razón de ello es que ambos procesos dan inicio con la presentación de un Informe Preventivo o de una Manifestación de Impacto Ambiental (en la modalidad correspondiente), otorgando así a la EIA carácter preventivo. Asimismo, ambas estructuras se auxilian de mecanismos tales como la consulta a expertos, consulta pública y visitas técnicas o de inspección. Aunado a ello, tanto a nivel Federal, como a nivel Local, el resolutivo de la EIA puede

concluir en tres diversas opciones (autorizado, autorizado de manera condicionada y negado).

Sin embargo, a pesar de estas similitudes, el procedimiento de EIA cuenta con diversas diferencias entre ambas escalas:

1. El marco jurídico aplicable en el proceso de EIA no es el mismo entre ambos niveles de competencia. En el Federal, aplica sólo la Constitución Política, la LGEEPA y el su Reglamento en la Materia, a la par de las NOM's aplicables. Por su parte, cabe señalar que el Distrito Federal, en su calidad de entidad federativa, se encuentra en todo momento sujeta a los ordenamientos legales de instancia Federal, es por ello que a este estado aplican, además de la Constitución Política, la LGEEPA y las NOM's, la LADF, el RLADF, el RIAR y las NADF's.
2. La autoridad en materia de impacto ambiental en lo Federal, se encuentra representada por la SEMARNAT, a través de su Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental, mientras que en lo local la SMA-DF, específicamente la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental, es la instancia responsable.
3. El procedimiento de EIA es concebido de manera diferenciada entre ambos ámbitos de gobierno. En este sentido, mientras en lo Federal, la EIA es entendida como el procedimiento a través del cual la SEMARNAT establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico, en lo Local, la EIA se concibe como el procedimiento a través del cual la SMA-DF evalúa los efectos que sobre el ambiente generan los programas, obras y actividades. En otras palabras, la concepción de la EIA se encuentra a razón de que la autoridad Federal, por una parte, establece los principios sobre los que descansa el procedimiento en general, y por otra, la autoridad Local se encuentra sólo facultada para implementar el procedimiento.
4. Las diferencias entre las facultades correspondientes a cada nivel de gobierno se encuentran basadas, principalmente, por



aquellas que son exclusivas y las que no son exclusivas de la Federación. En este sentido, aquellas obras o actividades que por su magnitud, intensidad de impacto, uso o manejo de sustancias peligrosas o índice de riesgo, se encuentran atribuidas a la Federación. Todas aquellas que no muestren alguna de estas características y que se encuentren enmarcadas en el territorio del Distrito Federal, son de competencia Local.

5. Estudios presentados. A partir de la especificidad de obras o actividades sujetas a la jurisdicción de cada nivel de competencia, los estudios de daño ambiental se encuentran diseñados acorde a ello. En este sentido, en la escala Federal los estudios de daño ambiental que pueden ser presentados en el procedimiento de EIA son el Informe Preventivo, el Estudio de Riesgo y la Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional y Particular. Por su parte, el ámbito Local también se auxilia de la presentación del Informe Preventivo. Sin embargo, la Manifestación de Impacto Ambiental posee modalidades diferentes: General y Específica. Aunado a ello, la EIA Local reconoce al Estudio de Daño Ambiental como mecanismo de evaluación de daño provocado por alguna obra o actividad iniciada sin previa autorización.

Leyes, reglamentos y normas aplicables a los indicadores de impacto ambiental propuestos en el proyecto general “Desarrollo de indicadores ambientales a nivel local para evaluación del impacto ambiental: Caso Distrito Federal”

En el Proyecto General *Desarrollo de indicadores ambientales a nivel local para evaluación del impacto ambiental: Caso Distrito Federal*, a partir de una revisión y un análisis exhaustivo de indicadores ambientales existentes en la escala internacional, regional y nacional, así como la sistematización de la información proporcionada por la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental (DEIA) de la SMA-DF¹⁰, se creó una propuesta de posibles criterios

para la construcción de los indicadores de impacto ambiental.

La propuesta de criterios fue puesta en evaluación en un taller de trabajo, en el cual se dieron cita especialistas y expertos en el tema de los ámbitos público y académico. En este espacio de discusión se presentaron diversas experiencias de desarrollo de indicadores ambientales, tanto a nivel nacional, como en el Distrito Federal.

Posterior a la discusión generada por las presentaciones de los ponentes, se llevó a cabo el llenado de la evaluación de los indicadores propuestos, a partir de que cada participante asignó, acorde a su área de conocimiento, un valor de relevancia para cada indicador. Por último, posterior a un Seminario con expertos en materia de Impacto Ambiental a nivel internacional (Pierre André, Canadá) y nacional (Roberto M. Margáin, SEMARNAT), se acordó establecer una tabla de indicadores comunes, en la que se establecían los indicadores definitivos propuestos por el Proyecto General (véase Tabla 1).

Estos indicadores de impacto ambiental se encuentran sujetos a un marco de leyes y reglamentos, así como a un marco normativo. Bajo esta premisa y con la finalidad de otorgar un sustento legal-normativo a los indicadores propuestos por el Proyecto General, por una parte, se realizó un mapeo exhaustivo de las leyes y reglamentos, tanto Federales, como Locales, aplicables a cada indicador propuesto. Por otra parte, se rastrearon los Límites Máximos Permisibles establecidos en las NOM's y en las NADF's, para cada indicador de impacto ambiental.

Consideraciones finales por indicador

Indicador Aire. El indicador de aire posee un amplio respaldo de referencias legales y normativas que pretenden regular no sólo las emisiones contaminantes a la atmósfera, sino además la contaminación ambiental originada por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores, todos ellos perjudiciales para el equilibrio ecológico y el ambiente.

¹⁰ La sistematización de la información se refiere a la revisión y análisis de expedientes en materia de EIA de la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental de la SMA-DF. Dicha revisión tuvo como objetivo la búsqueda

de indicadores de impacto ambiental utilizados por varios promoventes en las MIAs, pertenecientes a las tres Unidades Directivas (Industria y Servicios, Desarrollo Inmobiliario y Proyectos en Suelo de Conservación).



Tabla 1. Propuesta de indicadores ambientales comunes para la Evaluación de Impacto Ambiental en la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal

Área temática	Tema	Subtema	Indicador ambiental	Unidad de medición	
Aire	Contaminación	Emisiones	CO ₂	ppm	
			NOX	ppm	
			SOX	ppm	
			PM10	µg/m ³	
		Auditiva	Ruido	dB	
Agua	Cantidad	Agua potable	Uso de agua potable	m ³ /s	
		Agua residual	Producción de agua residual	m ³ /s	
			Uso de agua tratada	m ³ /año Mas ha	
			Capacidad de infiltración		
			Re-uso de agua tratada	%	
	Calidad	Descargas	SDT	mg/l	
			DQO	mg/l	
			DBO	mg/l	
	Residuos	Sólidos urbanos	Residuos orgánicos e inorgánicos	Generación	Ton %
				Reciclaje	Ton %
Manejo especial			Residuos de la construcción	Generación	ton %
		Reciclaje		Ton %	
		Suelo	Uso	Modificación del uso de suelo	Superficie de construcción respecto al total
Compactación				Velocidad	cm/año
Degradación	Erosión		Índice de erosión	m ³ de suelo retenido	
				m ² suelo protegido	
	m ² de suelo saneado				
Contaminación	Acidificación	pH			
Energía	Consumo	Uso de energía	Consumo	kW	
		Uso de energía alternativa	% energía alternativa	%	
Vegetación	Árboles	Cantidad	Árboles	Número	
		Valor ambiental	Puntaje asignado	Puntaje	

Fuente: Perevochtchikova, María. et al. (2010).



Sin embargo, para los fines del presente proyecto, la referencia normativa fue insuficiente para poder obtener los Límites Máximos Permisibles en cada uno de los indicadores ambientales expuestos en el subtema de contaminación por emisiones.

No obstante, en el subtema de contaminación auditiva, se pudo encontrar un parámetro de medición de ruido en cada nivel de gobierno. Aunado a ello, cabe destacar que la gran margen de normatividad existente en materia de aire, se encuentra expedida en las NOMs, y lo menos en las NADFs.

Indicador Agua. El indicador de agua, al igual que el de aire, cuenta con un enorme acervo legal que regula la explotación, uso y aprovechamiento del agua; la concesión, asignación y permisos de descarga; la contaminación y tratamiento del agua; la construcción de obras hidráulicas, y los demás aspectos relativos a la gestión integrada de los recursos hídricos, propuestos por los representantes de los usuarios del agua de los diferentes usos.

Empero, la normatividad existente no contiene parámetros de uso de agua potable, producción de agua residual, uso de agua tratada y capacidad de filtración. Aunado a ello, si bien es cierto que la normatividad en materia de descargas es muy amplia, también lo es que no contempla indicadores tales como los SDT, DQO y DBO. Por último, la normatividad federal es más extensa que la local.

Indicador Residuos. Al igual que los indicadores anteriores, este tema tiene una amplia base legal que pretende regular la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos.

En cuanto a la normatividad aplicable al indicador, la gran mayoría de estas referencias se encuentran dedicadas a la regulación de los residuos peligrosos, siendo insipiente para los residuos sólidos urbanos y más aún para los residuos de manejo especial.

A diferencia de los indicadores anteriores, para los fines del proyecto, las referencias sobre generación y reciclaje de los residuos de la construcción pertenece a la normatividad local, aunque no por ello deja de ser insuficiente.

Indicador Suelo. En el tema de suelo la legislación ambiental es basta y pretende regular el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en

su caso, la restauración del mismo. Sin embargo, fenómenos como la compactación del suelo no se encuentran contemplados en ninguna referencia legal. En la parte normativa, subtemas como la modificación del uso de suelo, erosión y acidificación del mismo es insipiente, ya que no se encontraron normas que regularan los parámetros establecidos en el proyecto. Además, la normatividad local en este tema, es casi inexistente.

Indicador Energía. El indicador de energía eléctrica como tema ambiental es muy insipiente. Ello se ve reflejado en la poca normatividad de carácter ambiental que trate el tema. Asimismo, la generación de energía alternativa también es un tema muy abandonado en la legislación ambiental.

Indicador Vegetación. El tema de arbolado es muy escaso en la legislación ambiental. Sin embargo en lo normativo se logró obtener parámetros de medición para los subtemas de cantidad y valor ambiental, ambos pertenecientes a la normatividad local.

Consideraciones finales. Los temas de indicadores propuestos que contaron con respaldo normativo aplicable fueron:

- a) Aire. Sólo este indicador cuenta con un aparato normativo, perteneciente a ambos niveles de gobierno, aplicable en los subtemas “emisiones” y “ruido”.
- b) Residuos. Sólo hay referencias Locales aplicables en el subtema “residuos de manejo especial”, en cuanto generación y reciclaje.
- c) Energía. La densidad de potencia eléctrica para alumbrado se encuentra establecida sólo por la normatividad Federal.
- d) Vegetación. Los subtemas “cantidad de árboles” y “valor ambiental”, se encuentran regulados sólo por la escala Local.

A grandes rasgos, los indicadores propuestos por el Proyecto General son ampliamente reconocidos y regulados, tanto por la Constitución Política, como por las leyes y reglamentos en la materia. Sin embargo estos indicadores carecen de un respaldo normativo que sustente su aplicabilidad.

Conclusiones

La EIA es un instrumento de la Política Ambiental en México de carácter preventivo, destinada a la



regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana¹¹.

En este sentido, este instrumento de Política Ambiental debe proporcionar, tanto a los tomadores de decisión, como a los promoventes, un panorama veraz acerca de la presión ejercida sobre el ambiente por las obras o actividades desempeñadas, el estado actual del mismo y las medidas de mitigación, compensación y reparación por el daño producido. Sin embargo, la aplicación de la EIA se ha visto accidentada por una serie de limitantes.

Si bien es cierto que la EIA cuenta con un amplio respaldo jurídico, tanto a nivel Federal, como a nivel Local, también lo es que existe una enorme carencia de normatividad aplicable.

En efecto, la gran problemática de la EIA en materia legal es la carencia de Normas Oficiales Mexicanas y de Normas Ambientales del Distrito Federal que establezcan Límites Máximos Permisibles de concentración de elementos y compuestos que produzcan daños severos al ambiente. Sin la existencia de estas herramientas legales, la aplicabilidad de la EIA se ve seriamente limitada.

Por otra parte, la misma amplitud del marco jurídico aplicable al procedimiento de EIA, conlleva a que el mismo sea confuso y tedioso para los promoventes.

Asimismo, el sistema de sanciones por daño ambiental es muy laxo, a la par de que la gran mayoría de las faltas ambientales son de carácter administrativo, y no de carácter penal.

A grandes rasgos podemos afirmar que el derecho ambiental se sitúa en medio de la paradoja que promulga normas de protección al ambiente mientras se perpetúan modos de producción generadores de deterioro y daño ambiental.

Fuentes de consulta

1. Aceves Ávila, Carla. *Bases fundamentales de Derecho Ambiental Mexicano*, Porrúa, México, 2003.
2. André, Pierre; *et. al. Environmental assessment for sustainable development*.

Processes, actors and practice, Presses Internationales Polytechnique, Montreal, 2004.

3. Borrero, José María. "Promesas y Límites del Derecho Ambiental", en Leff, Enrique, *et al* (compiladores). *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe*. SEMARNAT/INE/UAM-X/ONU-PNUMA, México, 2002.
4. Brañes, Raúl. *Manual de Derecho Ambiental Mexicano*, 2ª edición, Fundación Mexicana para la Educación Ambiental/Fondo de Cultura Económica, México, 2000.
5. Campbell, Scott. "Planning: green cities, growing cities, just cities? Urban planning and the contradictions of sustainable development" en Satterthwaite, David (ed.). *The earthscan reader in sustainable cities*, Earthscan Publications, Reino Unido/Estados Unidos, 2001, págs. 251-273.
6. Cañón de la Rosa, Juliana María; Erasso Camacho, Germán. *El papel del derecho penal en la tutela del ambiente* (trabajo de grado presentado para optar al título de abogado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2004.
7. Carabias, Julia; *et. al. Ecología y medio ambiente en el siglo XIX*, Pearson Educación, México, 2009.
8. Cases Méndez, José Ignacio. "Participar no es sólo votar: mecanismos de articulación de la participación social en España", en Cases Méndez, José Ignacio (editor). *Catástrofes medioambientales. La relación social y política*, Tirant Lo Blanch, Valencia, 2010, págs. 151-184.
9. Castro-Gómez, Santiago. *Althusser, los estudios culturales y el concepto de ideología*, Organización de Estados Iberoamericanos. Versión electrónica en <http://www.oei.es/salactsi/castro3.htm>.
10. Corona Rentarías, Alfonso. *Economía ecológica: una metodología para la sustentabilidad*, Facultad de Economía (Universidad Nacional Autónoma de México), México, 2000.
11. Organización de las Naciones Unidas, *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano*. Versión electrónica en <http://www.prodiversitas.bioetica.org/doc89.htm>.

¹¹ Instituto Nacional de Ecología. *La evaluación del impacto ambiental. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*, México, 2000, pág. 6.



12. García Guzmán, Maximiliano. "Marco normativo para el diseño de políticas públicas sobre cambio climático en México", en *Dinámicas políticas, sociales, económicas y culturales frente al cambio climático*, FCPyS-PINCC, México, en prensa.
13. Gil Corrales, Miguel Ángel. *Gestión pública de políticas ambientales en México*. Fondo de Cultura Económica- SEMARNAT-INE, México, 2007.
14. Girardot, Hebert. "Sustainable cities: a contradiction in terms?" en Satterthwaite, David (ed.). *The earthscan reader in sustainable cities*, Earthscan Publications, Reino Unido/Estados Unidos, 2001
15. Gutiérrez, Roberto. "Walt W. Rostow: Réquiem por un historiador económico", *Revista Ciencia Ergo Sum*, Noviembre 2003-Febrero 2004, año/vol. 10, número 003, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
16. Instituto Nacional de Ecología. *La evaluación del impacto ambiental. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*, México, 2000.
17. INEGI, *Modelo de Presión - Estado - Respuesta (PER)*, documento virtual en <http://www2.inegi.gob.mx/estestint/ficha.asp?idf=559>.
18. Juárez Peña, Adolfo. *Reflexiones en torno al régimen jurídico de la protección al ambiente en México*. Ed. Laguna/H. Congreso del estado de Morelos XLVIII Legislatura/H. Congreso del estado de Guerrero LVII Legislatura, México, 2002
19. López, Iván. "Sostenibilidad y cambio social", en Cases Méndez, José Ignacio (editor). *Catástrofes medioambientales. La relación social y política*, Tirant Lo Blanch, Valencia, 2010, págs. 185.
20. Lozada Maestre, Roberto. "La percepción y el análisis de riesgos", en Cases Méndez, José Ignacio (editor). *Catástrofes medioambientales. La relación social y política*, Tirant Lo Blanch, Valencia, 2010, págs. 75-150.
21. Pardo Buendía, Mercedes. "De las medidas de corrección al principio de Precaución del medioambiental", en Cases Méndez, José Ignacio (editor). *Catástrofes medioambientales. La relación social y política*, Tirant Lo Blanch, Valencia, 2010, págs. 207-232.
22. Perevochtchikova, María; et. al. *Desarrollo de indicadores ambientales a nivel local para la evaluación de impacto ambiental: caso Distrito Federal* (protocolo de la propuesta del proyecto de investigación para la convocatoria del Fondo Mixto CONACYT – Gobierno del Distrito Federal, M0031-2009-01), México, 2009.
23. --; et. al. *Desarrollo de indicadores ambientales a nivel local para la evaluación de impacto ambiental: caso Distrito Federal* (I Informe de actividades), México, 2010.
24. --; et. al. *Desarrollo de indicadores ambientales a nivel local para la evaluación de impacto ambiental: caso Distrito Federal* (Informe Final de actividades), México, 2011.
25. Pérez Vaquero, Carlos. *Diez claves para entender el derecho del medio ambiente*. Versión electrónica en <http://www.derechoycambiosocial.com/revista021/derecho%20del%20medioambiente.pdf>.
26. Rodríguez Velázquez, Daniel. "El cambio climático, reto social", en Reséndiz Rodríguez, Rafael (coord.). *Gobernabilidad y desarrollo sustentable desde la perspectiva de las ciencias sociales*. FCPyS-UNAM, 2011.
27. SMA-DF. *Agenda Ambiental de la Ciudad de México, 2007-2007*, versión electrónica en
28. <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/agendambiental2008/03suelo.pdf>.
29. ---*Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. Versión electrónica en: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/>
30. ----*Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2007-2012*. Versión electrónica en: http://www.paot.org.mx/centro/gaceta/2008/febrero2008/Programa_semarnat_2008.pdf
31. Satterthwaite, David. "Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development?" en *The earthscan reader in sustainable cities*, Earthscan Publications, Reino Unido/Estados Unidos, 2001, págs. 80-106.
32. Valcárcel, Marcel. *Génesis y evolución del concepto y enfoques sobre desarrollo*, Departamento de Ciencias Sociales- Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2006.
33. Valverde Viesca, Karla; Salas-Porras, Alejandra (coord). *El desarrollo: diversas*



perspectivas en las ciencias, las instituciones, el Estado, la democracia, la cultura y la sociedad civil. Gernika, México, 2005.

34. Wences Simon, Isabel. "Sociedad Civil y ecologismo", en Cases Méndez, José Ignacio (editor). *Catástrofes medioambientales. La relación social y política*, Tirant Lo Blanch, Valencia, 2010, págs. 29-74.
35. Zamitz Gamboa, Héctor (coord). *Gobernabilidad y desarrollo sustentable.* Instituto Nacional de Administración Pública, México, 2010.

Leyes

36. Constitución Política de la República Mexicana de 1857, *DOF*, 12 de febrero de 1857.
37. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, *DOF*, 5 de febrero de 1917.
38. Ley Ambiental del Distrito Federal, *DOF*, 13 de enero de 2000.
39. Ley de Aguas del Distrito Federal, *DOF*, 27 de mayo de 2003.
40. Ley de Aguas Nacionales, *DOF*, 1° de diciembre de 1992.
41. Ley de Desarrollo Rural Sustentable, *DOF*, 7 de diciembre de 2001.
42. Ley de Desarrollo Rural Sustentable del Distrito Federal, *DOF*, 31 de enero de 2008.
43. Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, *DOF*, 7 de febrero de 1996.
44. Ley de Planeación del Desarrollo del Distrito Federal, *DOF*, 27 de enero de 2000.
45. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, *DOF*, 22 de abril de 2003.
46. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, *DOF*, 22 de diciembre de 1975.
47. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, *DOF*, 25 de febrero de 2003.
48. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, *DOF*, 28 de enero de 1988.
49. Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos, *DOF*, 8 de octubre de 2003.
50. Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, *DOF*, 29 de diciembre de 1998.
51. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, *DOF*, 17 de junio de 2009.
52. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, *DOF*, 28 de noviembre de 2008.
53. Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, *DOF*, 28 de noviembre de 2008.
54. Ley para la Retribución por la Protección de los Servicios Ambientales del Suelo de Conservación del Distrito Federal, *DOF*, 4 de octubre de 2006.
55. Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley de Responsabilidad Civil por el Daño y el Deterioro Ambiental.

Reglamentos

56. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, *DOF*, 29 de enero de 2004.
57. Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal, *DOF*, 3 de diciembre de 1997.
58. Reglamento de la Ley Ambiental en Materia de Impacto Ambiental y Riesgo, *DOF*, 26 de marzo de 2004.
59. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, *DOF*, 12 de enero de 1994.
60. Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, *DOF*, 29 de enero de 2004.
61. Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, *DOF*, 7 de octubre de 2008.
62. Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, *DOF*, 31 de mayo de 1993.
63. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en Materia de Organismos, Instancias de Representación, Sistemas y Servicios Especializados, *DOF*, 5 de octubre de 2004.
64. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas, *DOF*, 30 de noviembre de 2000.
65. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, *DOF*, 25 de noviembre de 1988.
66. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, *DOF*, 30 de noviembre de 2006.
67. Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y



el Financiamiento de la Transición Energética, *DOF*, 2 de septiembre de 2009.

68. Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, *DOF*, 25 de enero de 1990.
69. Reglamento Interno de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *DOF*, 21 de enero de 2003.
70. Reglamento Interno del Comité de Planeación para el Desarrollo del Distrito Federal, *DOF*, 6 de enero de 1984.

Normas

71. NADF-001-RNAT-2006: Norma Ambiental para el Distrito Federal "Que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal."
72. NADF-005-AMBT-2006: Norma Ambiental para el Distrito Federal "Que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras, que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras ubicadas en el Distrito Federal."
73. NADF-007-RNAT-2004: Norma Ambiental para el Distrito Federal "Que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el distrito federal."
74. NADF-008-AMBT-2005: Norma Ambiental para el Distrito Federal "Que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocinas, lavanderías y tintorerías."
75. NADF-009-AIRE-2006: Norma Ambiental para el Distrito Federal "Que establece los requisitos para elaborar el índice metropolitano de la calidad del aire."
76. NOM-001-SEMARNAT-1996: Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales."
77. NOM-002-SEMARNAT-1996: Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal."
78. NOM-003-SEMARNAT-1997: Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicio al público."
79. NOM-007-ENER-2004: Norma Oficial Mexicana "Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales."
80. NOM-013-ENER-1996: Norma Oficial Mexicana "Eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios."
81. NOM-015-CONAGUA-2007: Norma Oficial Mexicana "Infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y del agua."
82. NOM-021-SSA1-1993: Norma Oficial Mexicana "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población."
83. NOM-022-SSA1-1993: Norma Oficial Mexicana "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población."
84. NOM-023-SSA1-1993: Norma Oficial Mexicana "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población."
85. NOM-025-SSA1-1993: Norma Oficial Mexicana. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (PM10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (PM10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población."
86. NOM-034-ECOL-1993: Norma Oficial Mexicana "Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición."



87. NOM-035-SEMARNAT-1993: Norma Oficial Mexicana "Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición."
88. NOM-037-SEMARNAT-1993: Norma Oficial Mexicana "Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición."
89. NOM-038-SEMARNAT-1993: Norma Oficial Mexicana "Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición."
90. NOM-060-ECOL-1994: Norma Oficial Mexicana "Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal."
91. NOM-062-ECOL-1994: Norma Oficial Mexicana "Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios."
92. NOM-079-ECOL-1994: Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición."
93. NOM-080-SEMARNAT-1994: Norma Oficial Mexicana "Que establece los límites Máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición."
94. NOM-081-SEMARNAT-1994: Norma Oficial Mexicana "Que establece los Límites Máximos Permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición."
95. NOM-138-SEMARNAT/SS-2003: Norma Oficial Mexicana "Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación."
96. NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004: Norma Oficial Mexicana "Que establece los criterios para determinar las concentraciones de

remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio."

97. NOM-155-SEMARNAT-2007: Norma Oficial Mexicana "Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata."

Sitios web

98. Cámara de Diputados: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/>
99. Centro de Información Ambiental de la Ciudad de México: http://www.tierradeideas.com/centro/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=39
100. Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A.C.: <http://www.ciceana.org.mx>
101. Comisión de Recursos Naturales: <http://www.sma.df.gob.mx/corena/>
102. Comisión Económica para América Latina y el Caribe: <http://www.eclac.org/>
103. Comisión Nacional del Agua: <http://www.conagua.gob.mx/>
104. Instituto de Investigaciones Jurídicas: <http://info4.juridicas.unam.mx/ijure/fed/default.htm?s=>
105. Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx?>
106. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://www.semarnat.gob.mx/>
107. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php>
108. Sistema Nacional de Indicadores Ambientales: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/SNIA/Pages/snias.aspx>
109. The Club of Rome: <http://www.clubofrome.org/>

Anexo

Temas que pueden ser objeto de estudio en el contexto del cambio climático

1. Sustentabilidad ambiental, gobernabilidad y calidad de vida.



2. Migración y cambio climático.
3. Geopolítica mundial y recursos naturales estratégicos.
4. Salud, alimentación y cambio climático.



El capital sinérgico en el proceso de desarrollo endógeno territorial

Pérez Balcázar Anthony

Consultor en desarrollo local y sustentabilidad territorial
Agencia para el Desarrollo Local y la sustentabilidad Territorial ADELS
Email: anthony.prbl@gmail.com

Introducción

En las últimas dos décadas del siglo XX y lo que va del siglo XXI, hemos asistido en un paradigma de escala global; complejo, contradictorio, uniformizante y universal, dando origen a continuas transformaciones en los contextos de escala local. Los efectos, no sólo se sitúan en la desigualdad económica local, pobreza, divergencia y desempleo, sino también, en aquellos que intervienen como parte del territorio, los individuos. Ante estos malestares, a finales de los 80's y en lo que va de nuestra era, se han generado diversas contribuciones que responsabilizan al individuo en el propio desarrollo de su localidad, es decir, partir de abajo hacia arriba con variables propiamente endógena. Lo que se pretende, es responsabilizar a los territorios de su propio desarrollo haciendo uso de su potencial endógeno (recursos agrícolas, institucionales, geomorfológicos, humanos y de infraestructura), cuya finalidad es un desarrollo auto-sostenible y competitivo, la formación de un contexto puramente local adaptado prácticamente al contexto global y la determinada complejidad adaptada a la global, todo ello a partir de la existencia de capitales intangibles (cognitivo, simbólico, cultural, institucional, psicosocial, social, cívico, mediático y humano) que por medio de un capital sinérgico fermente y potencialice de forma sistémica cada uno de estos capitales.

Con la finalidad de defender ésta tesis, el siguiente trabajo muestra los resultados de un estudio exploratorio-comparativo en tres comunidades de México: San Pedro Nexapa, Estado de México, en el cual se muestra que, aun con un amplio potencial local, pero ante la ausencia de algunos capitales el desarrollo se difumina; en el caso de Tlalnepantla, Morelos, en éste sostengo que ante la existencia, acumulación y fermentación de capitales mediante un capital sinérgico permite el desarrollo endógeno sostenible y; finalmente para San Nicolás de los Ranchos, Estado de Puebla nuestro que el hecho de que existan y se potencialicen diversos capitales

(no todos) pero no su sinergia, pues ante la ausencia del capital sinérgico, el desarrollo se encuentra inerte.

El desarrollo endógeno desde la perspectiva de Sergio Boisier

Boisier (2005) considera al desarrollo endógeno, como una propiedad emergente de sistemas complejos, altamente sinergizado, adaptativo y con un funcionamiento semejante a la capilaridad, adaptado prácticamente a la complejidad global. Es decir, el proceso de desarrollo del territorio es emergente a partir de factores subjetivos caracterizados como capitales intangibles potencializados y articulados por un capital sinérgico en un contexto complejo y sistémico, en el que interactúan en una función de sinapsis; es capilar, ya que es un fenómeno de pequeña escala que se expande desde abajo, hacia arriba y hacia los lados; y adaptativo, el cual permite al territorio adaptarse al contexto complejo en el que interactúan muchos elementos, permitiendo de esta forma la reducción de la complejidad del territorio.

El Desarrollo Endógeno no está basado simplemente en la dotación y acumulación de capitales intangibles, ni en el potencial endógeno territorial, sino en el uso de estos. Por ende, la teoría de desarrollo endógeno ha planteado una nueva dinámica en el proceso de desarrollo de las comunidades desde el nivel local, adaptado prácticamente a la complejidad global, sinergizados y con un proceso semejante a la capilaridad (Boisier, 2007: 82-84). Son aquellos capitales que recaen en el individuo los que logran generar un stock de desarrollo, me refiero en este sentido a los capitales intangibles, que teniendo como catalizador al capital sinérgico se logra generar un desarrollo desde abajo. Se trata que mediante la acumulación de capitales intangibles (cognitivo, simbólico, cultural, social, cívico, institucional, psicosocial, mediático y humano) exista una mayor posibilidad y oportunidad de que las regiones construyan sinergia



cognitiva que les permitirá dinamizar el proceso de producción en red, una acumulación económica para incentivar el desarrollo endógeno, ello con la finalidad de dar un buen uso al potencial endógeno de cada territorio, su disponibilidad, su aprovechamiento, su sostenibilidad, así como de su competitividad¹.

La acumulación de capitales intangibles, teniendo como catalizador al capital sinérgico de un territorio, permite el buen uso de su potencial local permitiendo el desarrollo endógeno territorial. Así mismo, como instrumentos que permite fortalecer las fuerzas del desarrollo generando competitividad dentro del mercado global. En este sentido el territorio se considera como un actor indirecto de la competitividad al transformarse en una plataforma sistémica de ella, ya que en el territorio se encuentra la malla de soporte, en el cual anidan las actividades productivas, siendo tal malla un sistema de cooperación fabril de eficiencia variable (Boisier, 2007:9), pero también es considerado como un actor directo de la competitividad en la medida en que es un espacio contenedor de una cultura propia que se traduce mediante prácticas sociales históricas, en la elaboración de bienes y/o servicios insolublemente ligados a tal cultura, a partir de las cuales se pueden construir nichos específicos de comercio de elevada competitividad (Boisier, 2007:9).

La acumulación de capitales intangibles y un capital sinérgico como catalizador, también incentiva prácticas democráticas, pues el estar ligados los individuos a un territorio requiere que dentro del territorio la administración pública local éste concertada con la sociedad. La administración pública local como agente más cercano al ámbito político-administrativo, es la institución más importante dentro del territorio, ya que de ella dependen las políticas públicas funcionales, las cuales permitan incrementar el estado competitivo de la región, no solo en el sentido de competitividad de mercado, sino también de una competitividad y mayor participación política de la sociedad. De tal forma que permita el nivel de relación, confianza y solidaridad entre la institución pública y la sociedad. Un capital intangible parte de una instancia cualitativa y de factores subjetivos, en la cual el

actor tiene habilidades colectivas de producción, un discurso sistemático de autoidentificación social, la forma de plantearse frente a los procesos económicos, un alto nivel de autoconfianza, una creencia colectiva de construir futuros, un tejido organizacional con ganas de desarrollarse, el poder de los medios de comunicación y la capacidad de mejorar las habilidades (Boisier, 2005; 73-80) es decir, que cada persona dentro de la comunidad es un ente observado como un bien y no como un fin, donde él mismo individuo se convierte en el eje de desarrollo de su región teniéndose un alto nivel de autoconfianza en el hacer y el querer hacer las cosas, de esta forma lo que hace surgir al capital intangible es el propio individuo.

Un, capital sinérgico, es definido como aquella capacidad social, mejor, a la capacidad social (como expresión más totalizante) de promover acciones en conjunto dirigidas a fines colectivos y democráticamente aceptados (en todo su sentido de la palabra) por una comunidad, con el conocido resultado de obtener así un producto final que es mayor que la suma de los componentes. Se trata de una capacidad normalmente latente en toda sociedad, es decir el capital sinérgico acumula o en su caso crea estos capitales intangibles y al mismo tiempo funciona como fermento de estos, a tal grado de agilizar la sinapsis entre dichos capitales, la interactividad y el cambio de información entre los actores. Este proceso de capital sinérgico no es automático, se requiere de un impulsor y tal actor no puede ser sino el gobierno del respectivo territorio, como agente concreto del Estado en ese nivel (Boisier, 2004: 11)Entonces, se debe prestar atención a que el desarrollo de los territorios depende básicamente del individuo como propiedad del territorio, refiriéndonos previamente a un capital intangible como tal, ya que cada una de estas características de intangibilidad constituyen un capitales subjetivos, los cuales son definidos de la siguiente manera;

Capital cognitivo; hace referencia a la dotación de conocimiento científico y técnico disponible de una comunidad. Conocimiento acerca del propio territorio (su geografía, su historia, entendido y no meramente relatado) una serie de saberes científicos y tecnológicos susceptibles de ser usados en los procesos de crecimiento y desarrollo a partir de los recursos naturales de la región (Boisier, 2004: 5)

Capital simbólico; es entendido como el poder de hacer las cosas con la palabra... “es un poder de

¹ Para profundizar ver, Canzanelli, Giancarlo (2004) *La valorización del potencial endógeno. El Método PASC para identificar y seleccionar los recursos locales con potencial económico y de inclusión social*, Jeneva.



consagración o de revelación". Para construir región, para generar imaginarios, para movilizar energías sociales latentes, para generar autorreferencial, incluso, para construir imágenes corporativas territoriales. Nombrar un territorio como región, es construirlo, es hacer uso de un capital simbólico (Boisier, 2004: 5).

Capital cultural; es el acervo de tradiciones, mitos y creencias, lenguaje, relaciones sociales, modos de producción y productos inmateriales (literatura, pintura, danza, música, etcétera) y materiales específicas a una determinada comunidad (Boisier, 2004: 5) y como una cultura del desarrollo, se entiende al conjunto de actitudes hacia procesos económicos que en la virtuosidad mezclan cooperación y competencia.

Capital institucional; conjunto de atributos estructurales que idealmente deben estar incorporadas en las instituciones; la capacidad para actuar y tomar decisiones velozmente, la flexibilidad organizacional, la propiedad de maleabilidad, la resiliencia del tejido institucional, la virtualidad, esto es, la capacidad de entrar y salir de acuerdos virtuales y sobre todo la inteligencia organizacional, vale decir, la capacidad de monitorear el entorno mediante sensores y la capacidad de aprender de la propia experiencia de relación con el entorno (Boisier, 2004:6).

Capital psicosocial; es la relación entre pensamiento y acción, corazón y mente de las personas. Cuestiones tales como autoconfianza colectiva, fe en el futuro, convencimiento de que el futuro es socialmente construible [...], capacidad para superar el individualismo y sobre todo ganas de desarrollarse (Boisier, 2004: 7).

Capital social; representa la predisposición a la ayuda inter-personal basada en la confianza, en que el otro responda de la misma manera cuando sea requerido, es una confianza poseída por toda una comunidad en la cual la historia y la tradición indica que una ayuda a una persona o un grupo, será en algún momento, recíprocamente devuelta. Por tanto es racional ayudar recíprocamente. (Boisier, 2007: 77).

Capital cívico; está asociado a las prácticas políticas democráticas, de confianza en las instituciones públicas, preocupación personal por la *res-publica* o, como se diría, por los negocios y asuntos públicos, de asociatividad entre los ámbitos

público-privado, de la conformación de redes de compromisos cívicos (Boisier, 2004: 8).

Capital mediático; éste capital hace referencia, a los medios masivos de comunicación social, que tan importante papel desempeñan en el éxito de una propuesta de desarrollo, es decir el poder enorme de los medios de comunicación (Boisier, 2007: 80).

Capital humano; entendido como el stock de conocimientos y habilidades que poseen los individuos, así como de su salud y educación. El capital humano según Boisier en el artículo *Desarrollo Territorial a partir de la Construcción de Capital Sinérgico* menciona que la acumulación se debe a dos formas que Robert Lucas puntualizo; dedicando horas de trabajo a este fin (going to school) o dedicándolas a aprender en la acción o mediante la experiencia (learning by doing). (Boisier, 2004: 9)

1. Articulación sistémica de los capitales intangibles en los estudios de caso

1.1 Características socio-demográficas²

San Pedro Nexapa es una delegación del municipio de Amecameca, Estado de México. Es la delegación más grande de este municipio con 4,633 habitantes de las cuales 2,394 son femeninas y 2,239 masculinos, ubicado en la Sierra Nevada al pie del Popocatepetl, tiene 98°44'07" de longitud oeste y 19°04'59" latitud norte y tiene una altitud de 2,690 metros sobre el nivel del mar, respectivamente su entorno son al este con Santiago Xaliztla, municipio de San Nicolás de los Ranchos Estado de Puebla, al Oeste con la delegación de San Diego Huehucalco, al Sureste con Zoyatzingo y el municipio de Ozumba, al Sureste con el municipio

² Para profundizar más a detalle, ver. INEGI (2010a) Censo de población y vivienda. San Pedro Nexapa, municipio de Amecameca, Estado de México [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>

(2010b) Censo de población y vivienda. Tlalnepantla, Estado de Morelos [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>

(2010c) Censo de población y vivienda. San Nicolás del los Ranchos, Estado de Puebla [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>



de Atlautla y al Norte con la cabecera municipal de Amecameca (PMD, 2010) De acuerdo al Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2010a) los ciudadanos se dividen en 1,965 menores de edad y 2,289 adultos, de los cuales 264 tiene más de 60 años. Los recursos naturales de San Pedro Nexapa son abundantes, ya que cuenta con un área forestal de 9,202 hectáreas.

Tlalnepantla, Morelos, es una región ubicada al norte del Estado de Morelos sobre el corredor biológico Ajusco-Chichinautzin y cuya ubicación geográfica respectiva es; al norte con el distrito federal; al oriente con el municipio de Tepoztlán, al sur con Tlayacapan, al oriente con Totolapan y al noroeste con el municipio de Juchitepec, Estado de México. Tlalnepantla tiene una altitud promedio de 2,566 metros sobre el nivel del mar siendo el municipio más alto del Estado de Morelos y con una extensión territorial de 124.1 km². Su población hasta el 2010, según fuentes INEGI (2010b), es de 6,636 habitantes de los cuales 3,330 son hombres y 3,306 mujeres.

San Nicolás de los Ranchos perteneciente a la región socioeconómica IV del Angelópolis y situado en la parte centro del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: 19°01'24'' y 19°08'30'' de latitud norte y 98°28'24'' y 98°39'00''. Colinda al norte con los municipios de Domingo Arenas, Huejotzingo y Calpan, al sur con Tochimilco, Tianguismanalco y Nealticán, al Este con San Jerónimo Tecuanipan y al Oeste con Amecameca, municipio del Estado de México y el Volcán Popocatepetl. El municipio cuenta con una población de 9,749 habitantes.

Estudio comparativo

Tlalnepantla, Morelos, en cuanto al *capital cognitivo*, se puede mostrar una alta representatividad, en el que se reconoce la ubicación geográfica del territorio debido al proceso de comercialización del producto, sus principales acontecimientos históricos y reconocimiento de su historia conocimiento principalmente enfocado a cuestiones inmateriales como danzas, fiestas religiosas, pinturas y edificaciones arqueológicas, de igual forma tiene las habilidades necesarias para manejar medios tecnológicos y orográficos que incrementan y facilitan la producción a través del aprendizaje en talleres y asambleas, momentos precisos de comercialización.

En contraste con la comunidad de San Nicolás de los Ranchos en Puebla, el capital cognitivo es de

menor representación que en Tlalnepantla, ya que aunque los habitantes tienen cierto conocimiento de la geografía del territorio, su historia, ciclos de producción y comercialización, no han mejorado sus saberes científicos y tecnológicos de una forma óptima de tal manera que faciliten e incentiven cada vez más el modo de producción, así como de su comercialización. Finalmente, la experiencia de San Pedro Nexapa en este capital, es menor que San Nicolás, conocen su ciclo de producción, pero no así de su comercialización su historia y geografía territorial. Lamentablemente, están sumergidos en la lógica del individualismo y el racionalismo instrumental, el cual permite ver los recursos como un medio y no como un fin, deforestando el medio ambiente a tal grado de destruirlo masivamente.

De acuerdo al *capital simbólico*, Tlalnepantla es la comunidad que posee un capital simbólico de alta representatividad. Pues el simple hecho de nombrar a su territorio la *capital del nopal*, están haciendo uso del capital, asimismo el uso de la palabra ha permitido a los individuos de la sociedad tener buenas relaciones sociales, así como de oportunidades de desarrollo a través de la organización, lo cual les ha permitido comercializar su producto de una forma óptima a tal grado de la exportación, tanto en el interior del país como en el exterior, y clausurar su territorio ante las de su entorno pues el conocimiento difuso, en cuanto al modo de producción y comercialización, sólo permanece en el interior de la comunidad. En el caso de San Nicolás de los Ranchos el capital simbólico, aunque existe es de menor representatividad que en Tlalnepantla.

El individualismo, el sistema patriarcal y la corrupción, ha impedido que los habitantes se conglomeren para realizar proyectos productivos, lo que ha paralizado el capital simbólico, sin embargo, el uso de *capital mediático* para promocionar el feria del Chile Enogada y el molcajete más grande del mundo, ocasiono una alta demanda de nuez de castilla, por lo que, productores de este producto se dispusieron a hacer uso de la palabra para organizarse y poder generar un proyecto productivo, relacionarse con instituciones educativas, fundaciones privadas y el gobierno federal, de tal forma que han conseguido recursos de FIRA, SAGARPA y Fundación Produce.

Esta organización se ha convertido en un referente para los pequeños productores incluso productores mayores para hacer uso del capital simbólico, el cual, les permita asociarse y realizar proyectos



productivos que mejore la calidad de vida de la población. Es destacable el grado de concertación público-privado de ésta organización, pero se requiere que la institución pública local mejore la confianza y cooperación con sus habitantes lo que incentivaría iniciativas productivas benéficas para la comunidad.

Mientras en la comunidad de San Nicolás de los Ranchos el capital simbólico se puede ver en menor medida que en Tlalnepantla, es de mayor representatividad que San Pedro Nexapa. En este sentido, en San Pedro Nexapa, se le atribuye la falta de este capital debido a la pobreza, la existencia de una lógica individualista y la falta de un buen líder comprometido con su comunidad, lo cual dificulta la organización de grupos, asambleas, discutir asuntos que mejoren la producción y por lo tanto la falta de persuasión no sólo para atraer inversión, sino también para poder vender el producto dentro y fuera del territorio. Esto ha generado que los productores no influyeran para que su comunidad sea un mejor lugar para vivir, ni de tomar el papel de productor y comercializador que por medio de la palabra movilice imaginarios para insertar su producto al mercado.

Como podrá apreciarse, el hecho que existan diferentes niveles de capital intangible en estas comunidades es gracias a la difusión del conocimiento en las comunidades por medio del capital simbólico, pues este ha permitido generar ciertas interacciones basadas en la comunicación social. Dependiendo de la acumulación de éste capital depende el nivel de capital cognitivo. Haciendo resaltar que la sinergia entre uno y otro capital esta profeso.

El capital cultural, es aquel capital que genera cierta identidad y pertenencia, así como una diferenciación del territorio a las de su entorno. En este sentido, la acumulación y existencia de capital cultural en las comunidades estudiadas son de aspectos similares: En Tlalnepantla Morelos, aun, con una división del pueblo la presencia del capital es muy representativa, pues considerando que existe una competencia entre los grupos opositores donde la transferencia del conocimiento para la realización de las fiestas y por tanto la difusión de los productos inmateriales en la comunidad, ha generado una identidad, diferenciación y sentido de pertenencia territorial de los habitantes, consecuentemente, el uso de *capital mediático* para difundir los productos inmateriales ha forjado a Tlalnepantla a tener una cierta diferenciación.

Asimismo, la producción excesiva del Nopal y la propia narrativa productiva ha generado cierta *diferenciación funcional* ante las demás comunidades, ya que Tlalnepantla ha adquirido cierto reconocimiento nacional e internacional en la producción del nopal y no necesariamente en un *tradicionalismo* en el modo de producción, sino también en la adquisición de estas prácticas de producción por parte de los productores de manera colectiva, generando así, un amplio campo de competitividad comercial y productiva. De esta manera, se ha incentivado una cultura de cooperación para la construcción de escuelas, espacios deportivos y ampliación del centro de acopio.

En el caso de San Nicolás de los Ranchos, el capital cultural es de menor representatividad que Tlalnepantla, en cuanto a bienes inmateriales y modos de producción, sin embargo, el capital disminuye en la medida que no exista una cultura del desarrollo que emprenda y mejore los niveles de producción para generar una competencia regional, nacional o hasta internacional, por lo tanto de desarrollo. Para este caso, el capital se puede observar en los modos de producción tradicional, ya que el conocimiento adquirido es gracias a un *orden jerárquico basado en la herencia*.

De la misma forma, los valores adquiridos por herencia de los antepasados han enfocado a los habitantes a participar y cooperar de manera colectiva en la mejora de escuelas, centros de salud, calles, etc., pero no así a una cooperación que incentive un modo de producción colectiva, el cual les permita organizarse y crear proyectos productivos, así como el incremento del ocio por el trabajo. En este sentido, no hay una cultura del desarrollo. Por lo que se requiere de una sinergia institución-productor hacia el modo de producción, realización de proyectos y gestión de recursos, para poder detonar una cultura emprendedora de competencia colectiva.

El proceso individualista y el bajo capital psicosocial en San Pedro Nexapa, ha inmovilizado el proceso de acumulación del capital cultural. Mientras en Tlalnepantla y San Nicolás de los Ranchos el capital cultural ha promovido una cultura por la cooperación interpersonal para la mejora de servicios, el cual, les ha permitido tener una mejor calidad de vida, en San Pedro Nexapa no se ha incentivado este proceso, dificultado la organización de grupos para trabajar en red y la creación de proyectos



productivos, pues sólo existe una ayuda intrafamiliar.

Por otra parte, en cuanto al modo de producción, la comunidad ha adquirido los conocimientos por enseñanzas de los antepasados, así como, la baja calidad de vida a la que esta emergida la mayoría de la población, pues no tienen los recursos necesarios para la adquisición de herramientas que incremente el ocio por el trabajo. Los habitantes han adquirido una lógica economicista, en la cual los elementos inmateriales, y por medio del *capital mediático*, los ha convertido en un medio para la obtención de recursos económicos, tal es el caso la difusión de las fiestas en comunidades de su entorno, de sus adornos navideños, venta de carbón y de la elaboración de medicina alterna con hiervas y hongos. Por tanto, un capital cultural que ha permitido crear cierta diferenciación ante las demás comunidades.

El capital cognitivo, el capital psicosocial, el capital mediático y el simbólico, son factores para que el capital cultural se acumule. En este sentido, el amplio capital cognitivo funge dentro del capital cultural como una oportunidad de desarrollo, pues los habitantes al percatarse de las demandas del consumidor incentivan el ocio por producir y por tanto una cultura emprendedora, como lo es en el caso de San Pedro y Tlalnepantla.

Por lo que se refiere al capital psicosocial, su papel funge en la mente, corazón y acción de los habitantes, pues con el simple hecho de tener una mente sentimentalmente destrozada (pobreza) dificultará que la comunidad se conglomere u organicé para realizar proyectos productivos, de una cooperación interpersonal, colectividad y solidaridad para mejorar espacios educativos, deportivos, de recreación, salud, entre otros.

Tal es el caso de San Pedro Nexapa. Respectivamente, el *capital mediático*, en las tres comunidades ha tenido un papel fundamental para el bienestar de la comunidad, como se dijo, la difusión de los elementos inmateriales atrae cierto interés de habitantes de otras regiones a visitar estas regiones, los cuales ingresan recursos económicos en el territorio. Por último, el capital simbólico, permite la difusión y transferencia del conocimiento entre los miembros de la comunidad, en cuanto a convencimiento para dedicarse a la principal actividad de la comunidad.

La existencia del *capital institucional* es de alta representatividad en Tlalnepantla, tanto el Plan Municipal de Desarrollo, como en el aspecto empírico, relación coherente que ha facilitado el proceso de desarrollo endógeno territorial. Ya que, existe cierto compromiso –tanto en el Plan como en la acción– por parte de las autoridades locales para mejorar las condiciones de vida de la población, cuyo resultado se fundamenta en la *inteligencia organizacional* para poder relacionarse con instituciones estatales y federales que faciliten la gestión de recursos para mejorar la actividad de Tlalnepantla (producción de Nopal Verdura), como lo es la construcción de un centro de acopio, agroindustria y mejora de caminos. La institución en concertación con el COMUNOTLA y otros organismos públicos-privados a través de la gestión de cursos y talleres, ha mejorado el proceso de producción y comercialización. Entre otro de los aspectos que se destaca en la comunidad, es el nivel de democratización que se ha alcanzado, pues en la comunidad, la coordinación institucional con las distintas organizaciones productoras ha generado un proceso de confianza, tanto para tomar en cuenta posturas relacionadas a la producción, como en la rendición de cuentas de forma transparente.

Para San Nicolás de los Ranchos el capital institucional es de muy baja representación a comparación con Tlalnepantla. En gran medida esto se debe a la falta de compromiso institucional, a la flexibilidad y velocidad para la toma de decisiones, de resiliencia institucional, la falta de capacidad o inteligencia organizacional para cooperar con instituciones públicas y privadas externas a la comunidad, así como de la *inconsistencia* y *pertinencia* para aplicar iniciativas que generen, como principal motor de este capital, confianza en la institución. Desde este contexto, se requiere de adaptación (o en su caso un cambio) institucional al entorno, de iniciativas de desarrollo local que impulsen proyectos productivos que aprovechen de forma adecuada el potencial local y de concertación con instituciones públicas y privadas, el cual pueda facilitar la gestión de recursos para el logro de sus objetivos planteados en el PMD.

La comunidad de San Pedro tiene un capital institucional con muy baja representatividad a diferencia de San Nicolás. El problema de la falta de capital institucional se encuentra en la base del Plan Municipal de Desarrollo, así como de la alta burocratización en la institución pública, la cual dificulta la velocidad y flexibilidad en la toma de



decisiones, así también de la coordinación institucional. En este sentido, mientras San Nicolás y Tlalnepantla tienen una cierta pertinencia en la elaboración de su plan de desarrollo adentrado al paradigma del desarrollo endógeno, en San Pedro no, pues su PMD está enfocado dentro de una lógica economicista, en la cual pretenden desarrollar la comunidad a partir del aumento del contribuyente, principalmente de pequeños comerciantes –de acuerdo con éste parámetro, la cuota es referida a comerciantes que venden dulces, frituras y otros productos, principalmente fuera de las escuelas– generando de alguna forma mayor índice de pobreza, pues como anteriormente mencione, los recursos financieros recuperados son repartidos entre la masa política. Por otra parte, no hay coordinación e inteligencia organizacional para generar concertación con los ciudadanos e instituciones público-privadas, las cuales les permita incentivar políticas pertinentes de acuerdo a las principales demandas de la comunidad, así como de políticas que permitan hacer buen uso de su potencial local. Finalmente, no tiene la resiliencia necesaria para resolver los principales conflictos que pongan en jaque el bienestar de la comunidad.

La alta acumulación y catalización de los capitales antes mencionados, en torno a la comunidad de Tlalnepantla, refleja la existencia de los demás capitales, pues como menciones, cada uno de ellos se acumula dependiendo de la acumulación de otro capital. Respectivamente, el *capital psicosocial* que a mí consideración es uno de los más importantes en el proceso de desarrollo endógeno, el cual permite al individuo desarrollarse o en su caso fracasar a partir de un sentimiento difuso en el interior de la mente que a su vez se manifiesta en su acción, es de alta representatividad en Tlalnepantla, Morelos. Naturalmente, esto se debe al éxito que han tenido los habitantes de la comunidad, pues tienen una mente basada en pensamiento-acción, es decir el tiempo igual a dinero ha canalizado el sentir, el saber y los ha impulsado a salir adelante.

Este proceso, les ha impulsado a tener fe en el futuro, una confianza colectiva para continuar desarrollándose y la eliminación del miedo a triunfar. Proceso que quizá no era planeado pero que ha mezclado el saber y el sentir, impulsándolos a llegar más lejos de lo que hasta ahora han llegado. Contrariamente en San Pedro Nexapa, la pobreza, la marginación, la falta de apoyo del gobierno para encaminar iniciativas que mejoren la calidad de vida de los habitantes, los ha inclinado a no creer en el futuro, han perdido las esperanzas de triunfar

individualmente y sobretodo de mejorar la calidad de vida de los habitantes. Sin embargo, entre los miembros preexiste una autoconfianza colectiva para desarrollar proyectos productivos, hechos que permitirán a la comunidad triunfar.

Por otra parte, en San Nicolás de los Ranchos con un capital psicosocial mayor que San Pedro pero menor que Tlalnepantla, es una comunidad que, aunque con adversidades, posee un espíritu emprendedor. Los habitantes gracias al nivel de *capital social* que existe dentro de su territorio, posee esas ganas de triunfar, de salir adelante, de la fe en el futuro. Solamente que la comunidad debido a sus sistema patriarcal y paternalista, tiene impregnado un miedo por triunfar, pues *no está preparada para trabajar en conjunto en aspectos productivos*, pues como se dijo, hay cooperación en cuanto aspectos políticos sociales, educativos y culturales, pero se requiere de un paso para enfocarse a los aspectos productivos y de desarrollo.

Como parte del esfuerzo de la comunidad de Tlalnepantla para triunfar y salir adelante, se debe en gran medida de la alta representatividad de *capital social*. La confianza entre los habitantes, ha generado un proceso de cooperación para resolver asuntos que dañen su productividad reforzando de alguna forma la solidaridad para crear una gran diversidad de organizaciones actúa a beneficio de un bien común en la región, el cual ha venido integrando a la sociedad de Tlalnepantla. Asimismo, la confianza y solidaridad existente entre los habitantes les ha permitido contribuir a proyectos productivos, pues no solamente con tiempo y dinero, sino también con ideas que beneficien lo mayor posible a los productores, lo que incrementa la cooperación interpersonal, tanto en lo productivo como en lo, cultural, social (construcción de camino, puentes y otros) y educativo (mejora de espacios escolares). Por tanto, construyen un nicho de ayuda recíproca.

Mientras en Tlalnepantla el capital social es de alta representatividad enfocado a aspectos productivos, sociales, educativos, culturales y productivos, en San Nicolás de los Ranchos es de menor representatividad. Del mismo modo, la comunidad de San Nicolás debido al tamaño de la población y el de participar en actividades que beneficien la comunidad, ha fortalecido un proceso de confianza y solidaridad la cual genera una sociedad protectora, cubriendo y defendiendo su producción.



Estos elementos, en torno a una sociedad protectora han constituido un rasgo destacado de cooperación interpersonal y participación social en torno a mejora de espacios educativos, deportivos, de salud, cooperación para construcción y rehabilitamiento de calles y caminos que permitan un mejor acceso a la comunidad, asimismo de participación política. Sin embargo, no han amalgamado esfuerzos para constituir grupos u organizaciones que incentiven esfuerzos para la elaboración de proyectos productivos. En este sentido, existe la necesidad de enfocar ese capital social a cuestiones productivas; para la organización de grupos que permitan amalgamar esfuerzos para la gestión de recursos a dependencias públicas y privadas, que en su caso mejoraría el nivel productivo impulsando la competitividad local y por tanto la mejora de la calidad de vida de la población, cuestión que debe ser tomada por la autoridad local. De esta manera se alteraría la lógica tradicional de una cultura emprendedora, hasta entonces ligada a las demandas agrícolas de los pobladores de San Nicolás.

Contrariamente a Tlalnepantla y San Nicolás de los Ranchos, en San Pedro Nexapa el capital social de menor representatividad, en cuanto a lo productivo, ya que sus habitantes desconfían de sí mismos, lo que ha dificultado la cooperación interpersonal para apoyar a la formación de grupos u organizaciones que permitan incentivar proyectos productivos, los cuales mejoren la calidad de vida de la población. Sin embargo, existe predisposición de ayudar a las personas, siempre y cuando se ponga en peligro la integridad de las personas, así como en aspectos productivos.

El *capital cívico* en la región de Tlalnepantla es altamente representativo, ya que las habitantes confían y retoman ciertas prácticas que incentivan las prácticas políticas democráticas en la región. Esta diversificación de prácticas democráticas, así como son impulsadas por los habitantes de la comunidad, también lo son por la institución pública, la cual ha permitido acrecentar el capital cívico a partir del compromiso para trabajar en conjunto (marcado en el PMD), así como del apoyo para gestionar recursos e incentivar el desarrollo social, lo que ha permitido confiar en el gobierno local e incentivado la participación en comicios electorales, asambleas de grupo, demostraciones y capacitaciones laborales y sobre todo en asambleas para la rendición de cuentas, tanto de la gestión municipal como de las organizaciones. Del mismo modo, el capital cívico es reflejado en una forma más particularizada, pues existe interés en participar

dentro de la organización, lo que genera cierta interacción a partir de la difusión del conocimiento de los líderes en asuntos y resolución de problemas con las instituciones municipales.

Respectivamente, San Nicolás de los Ranchos tiene una menor representatividad de capital cívico que Tlalnepantla, Morelos. Pues la mayoría de la población participa en asambleas públicas, reuniones con políticos, participar en propuestas y en comicios electorales con la finalidad de obtener remuneraciones económicas, puestos de representación política y mejora de infraestructura, pero no así a asambleas o audiencias en las cuales exista una rendición de cuentas de las gestiones administrativas. Esto se debe, en gran medida al sistema patriarcal y paternalista, ya que más allá de ganarse la *confianza* a partir de puestos públicos, despensas, remuneraciones económicas, etc. se enfoque a otorgar incentivos que mejoren el nivel de producción, de impulsar la inversión, los cuales permitan el aumento del empleo y mejora de los ingresos locales, de la revalorización del patrimonio cultural y natural, quienes conjuntados generen redes de compromiso cívico, una identidad y un proceso de territorialización. Por tanto, la competitividad local y regional. De seguir así el sistema, el desarrollo endógeno no será posible, se requiere de un cambio total de la institución pública local.

El papel de los capitales intangibles en San Pedro Nexapa no es de un todo óptimo, en el caso del capital cívico. En la comunidad no existe confianza en el gobierno local, no hay interés por asistir a foros, mesas de diálogo, audiencias públicas, reunirse con políticos, ni en participar en comicios electorales, debido a que el gobierno es centralista, burocrático y corrupto –así manifestado por la gente–. Sin embargo, pondrían su confianza en nuevos actores quienes probablemente podrían cambiar el rumbo institucional, incentivando por medio de apoyos, fortalecimiento de actividades productivas y el desarrollo social. Naturalmente, esto resalta la idea de una potencialización de capital simbólico en líderes de la comunidad, el cual permitiría a los habitantes confiar en ellos.

Como se ha señalado, la alta representatividad de capitales intangibles y su sinergia constituyen los pilares para el desarrollo endógeno territorial. En la experiencia de Tlalnepantla, Morelos, como es de esperarse, destaca la alta representatividad del *capital mediático*, pues hay una disposición y uso de los medios de comunicación, esto ha sido posible



gracias a la calidad de vida que han alcanzado los habitantes de la región, principalmente del uso del celular, el cual les permite interactuar con los compradores de su producto, seguido por ello, la radio, al T.V y el periódico regional fundamentalmente utilizado para enterarse de aspectos relevantes que puedan beneficiar o en su caso afectar a la comunidad, principalmente su productividad, lo cual implica que han visto información de su comunidad en estos medios y de alguna forma la socialización entre los habitantes, así como de un valor agregado.

De cierto modo, así como hacen unos de estos capitales mediáticos para informarse, los mismos medios le han dado un valor agregado a la comunidad. Referente a los medios de información comunitarios, la información es manifestada, principalmente por la interacción entre amigos, familiares y líderes comunitarios (líderes de organizaciones), los cuales, les ha permitido cuidar sus modos de producción, que ha implicado una forma de identificación, diferenciación y territorialidad de la región ante las demás regiones. Asimismo, la baja densidad de población facilita que la institución local informe con voceo en patrullas y por medio de un audio comunitario.

La experiencia de San Nicolás de los Ranchos, muestra que el papel del capital mediático es de menor representación que en Tlalnepantla. No siempre el capital mediático es utilizado con fines productivos o de aspectos que mejoren la calidad de vida de la población, sino que es posible marcar que los medios de comunicación son consumidos como fin de entretenimiento personal e imitación, y no así para actividades que promueva la productividad, la competencia local y la comunicación social comunitaria que mejore la calidad de vida de la comunidad. En este sentido, San Nicolás de los Ranchos la diversidad de los medios ha implicado el consumismo de éstos entre los individuos de la región, principalmente de T.V, Radio y Celular, aun así los pobladores no han visto información relevante de su comunidad. Asimismo, no son utilizados con fines que mejoren su calidad de vida y de interacción con los habitantes, pues de igual manera que en la comunidad de Tlalnepantla (Moleros) existe un voceo comunitario para mantenerse informados, en cualquier asunto, excepto productivo.

En la experiencia de San Pedro Nexapa, el capital mediático la existencia de los medios de comunicación, no quiere decir que pueda generar

desarrollo local y darle un sentido de identidad y diferenciación ante las demás comunidades, pues las condiciones de vida de la mayoría de la población dificultan hacer uso de ellos (TV, radio, Celular, teléfono de casa, etc.). Algunos pobladores, no saben cuáles existen y no se encuentra informados de aspectos sobre su comunidad, ya sea sociales, educativos, culturales, políticos, productivos, etc. Sin embargo, tiene una similitud a las otras dos comunidades analizadas haciendo referencia a la principal fuente de información son los amigos, familiares y líderes comunitarios, además de la existencia de un audio comunitario para informar a la comunidad, pero desafortunadamente, no tiene la función de conglomerar a los habitantes formar grupos e incentiven iniciativas para proyectos productivos, así como de la inexistencia de información en algún otro medio de información masiva.

Finalmente, el capital humano en Tlalnepantla, Morelos es de alta representatividad, ya que existe un conocimiento pertinente y funcional a partir de la interacción de la educación formal e informal y la intermediación de las instituciones públicas para la mejora de la salud. La educación informal, les ha permitido obtener su conocimiento y habilidades para producir y comercializar a partir de la experiencia laboral que por años se han dedicado; la educación formal la cual ha implicado un nivel de escolaridad, mayor a la de San Nicolás y San Pedro, así como de cursos y talleres implementados por el gobierno local, y el COMUNOTLA para la mejora de la producción.

Los conocimientos y habilidades adquiridas a través de una educación formal e informal, le ha dado a los productores una autonomía para resolver problemas que afecten su sistema de producción y comercialización; finalmente el sistema de salud implementado por el gobierno del Estado y el gobierno local (ruta de la salud y jornadas medicas), así los buenos ingresos que tienen los habitantes, ha eficientado el rendimiento de los pobladores en su lugar de trabajo.

Respectivamente, para la comunidad de San Pedro Nexapa, el nivel de capital humano es de menor representatividad que en Tlalnepantla, ya que los conocimientos y habilidades solo han sido adquiridos por los años de dedicación a su actividad, no existe un buen nivel de estudio, así como las condiciones de salubridad debido a la baja calidad de vida, lo que los hace ser vulnerables a cualquier enfermedad, la falta de compromiso en la



mejora y atención a la salud de los médicos que laboran en el sector salud, y la burocracia e incapacidad del gobierno local para poder atender estos problemas.

En contraste con San Nicolás de los Ranchos el capital es de mayor representatividad, ya que los habitantes han adquirido un buen uso de hierbas medicinales, así como de hongos silvestres. Para el caso de San Nicolás de los Ranchos existe una menor representatividad que en San Pedro y por su puesto de Tlalnepantla. Pues los conocimientos y habilidades solo han sido adquiridos a través de una formación formal, no existen buenos servicios de salud y no se ha planteado un conocimiento pertinente y funcional.

Conclusión

El análisis de los estudios de caso en tres comunidades de México sobre el proceso de desarrollo endógeno desde un proceso sinérgico, ha permitido observar que el territorio no es un espacio geográfico, sino es una apropiación socio-histórica de la comunidad construido por siglos, en la cual se deriva un juego sistémico, donde la complejidad se muestra con una gran diversidad de elementos y estructuras, políticas, sociales, culturales, educativas, económicas y *emocionales*, que surgen e interconectan dentro del territorio a través de los seres humanos. Este proceso se ha derivado principalmente de las bajas condiciones de vida de la sociedad, a las cuales se encuentran sumergidas la mayoría de las regiones, así como de la falta de políticas necesarias para incentivar iniciativas que mejoren esta situación. Es decir, la realidad a las que se enfrentan las regiones, es una realidad articulada sistémicamente y no deforma atomizada.

Fuentes de Consulta

1. BOISIER, Sergio (2003), “¿Y si el Desarrollo Fuese una Emergencia Sistémica?”, [en] *Revista CLAD Reforma y Democracia*, No. 27, octubre.
2. _ (2004), El desarrollo a partir de la construcción de capital sinérgico, [en], *curso internacional Ciudad Futura II, Plan estratégico Rosario*. http://www.perm.org.ar/biblioteca/articulos/d_el_desarrollo_territorial
3. _ (2004b), “Desarrollo Territorial y Descentralización. El Desarrollo en el Lugar y en Las Manos de la Gente”, [en] *Revista EURE*, No. 090, vol. 30, año 30, septiembre.

4. _ (2005), “¿Hay Espacio para el Desarrollo Local en la Globalización?”, [en] *Revista de la CEPAL*, No. 86, agosto.
5. _ (2007), *Imágenes en el Espejo; Aportes a la Discusión sobre crecimiento y Desarrollo Territorial*, México, UAEM.
6. CANZANELLI, Giancarlo (2004) *La valorización del potencial endógeno. El Método PASC para identificar y seleccionar los recursos locales con potencial económico y de inclusión social*, Jeneva.
7. INEGI (2010a) Censo de población y vivienda. San Pedro Nexapa, municipio de Amecameca, Estado de México [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>
8. _ (2010b) Censo de población y vivienda. Tlalnepantla, Estado de Morelos [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>
9. _ (2010c) Censo de población y vivienda. San Nicolás de los Ranchos, Estado de Puebla [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>
10. PEREZ, B., Anthony (2012) Desarrollo endógeno y cambio institucional. Hacia la construcción de políticas públicas pertinentes y funcionales [en] *redpol*, No. 5, enero-junio, UAM, México. <http://redpol.azc.uam.mx>

ANEXO

1. Desarrollo endógeno y sostenibilidad territorial. Un enfoque multidisciplinario
2. Complejidad social en el fenómeno del desarrollo endógeno y la sustentabilidad
3. Cambios y adaptaciones socio-ambientales en el paradigma del desarrollo endógeno.



Desarrollo endógeno, territorio e individuo. Un desafío en el paradigma de la complejidad

Pérez Balcázar Anthony y Salazar Paredes Lizeth J.

Consultor en desarrollo local y sustentabilidad territorial.
Agencia para el Desarrollo Local y la sustentabilidad Territorial ADELS.

Resumen

Ante la actual complejidad de nuestra sociedad pos-moderna, donde se experimentan elementos que cambian progresivamente las estructuras territoriales (políticas, sociales, culturales, económicos y educativos) ocasionando; divergencia y fragmentación de las unidades territorial, pobreza, desempleo y aumento de la propia complejidad, surge la necesidad de considerar mecanismos subjetivos e intangibles en cada uno de los elementos del territorio (los seres humanos) que posibiliten un proceso de desarrollo endógeno adaptado prácticamente a la complejidad global.

Introducción

Es oportuno reflexionar acerca del papel de los seres humanos como especies territoriales, capaces de transformar su propio territorio, complejizando y adaptándolo al contexto global a través de la acumulación y fermentación de diversos capitales intangibles generando un proceso de territorialización con miras a la mejora de la calidad de vida.

Así pues, con la finalidad de defender dicha hipótesis, el presente documento esta estructurado de la siguiente manera; en la primer parte exponemos; la complejidad y clausura desde la perspectivas de Luhmann; seguido por ello, los resultados de un estudio exploratorio en México¹, en el cual existe una experiencia de desarrollo endógeno reflejando una vinculación territorio-individuo, la acumulación de capitales; y finalmente intentaremos analizar cómo influye este proceso en

la reducción de su complejidad y su adaptación a la complejidad global.

Complejidad, intangibilidad y desarrollo endógeno

Asistimos en un sistema de escala global, donde las interacciones son parte natural de la convivencia humana, en el que se conduce un modo operativo complejo, de tal manera que nos adaptamos a las condiciones generadas por los otros (individuos). Sin embargo, las interacciones, como *modus operandi*, no generan elementos que transformen y adapten al territorio como parte integral de éste sistema al entorno, es decir, una transformación de pequeña escala, en el cual se interrelacione y adapte con los territorios del entorno, cuya finalidad es entender y jugar en un contexto global, multidimensional y altamente complejo.

Los individuos de cada territorio son y serán, al menos en un mundo social, los principales responsables de estos cambios y adaptaciones territoriales, pues ellos con capacidades psíquicas son una vertiente que perciben, sienten y quieren, en la cual se fundamenta mente y acción, donde se habla de que la conciencia es siempre conciencia de fenómenos (Luhmann, 1997: 120) o en otras palabras, es el hombre el responsable de ocasionar toda clase de fenómenos en la sociedad quien de manera recursiva establece modos de funcionamiento dentro de la misma sociedad de manera integral. Entonces, comenzaríamos a establecer que la sociedad es un sistema (a escala) y tal sistema tiene un modo de operar diferente, según las condiciones del individuo que la compone –por ejemplo, condiciones culturales, sociales, cívicas, humanas etc.– que no es más que una parte de intangibilidad y subjetividad de los individuos. Luhmann (2006: 66) afirma que si describimos a la sociedad como sistema, se seguiría entonces –[...]– que debe tratarse de un sistema operativamente clausurado. En el plano de las operaciones propias de un sistema no hay ningún contacto con el entorno, por eso tampoco sistemas

¹ Los resultados presentados algunos de los resultados presentados en la tesis de licenciatura titulada “Capital sinérgico y desarrollo un estudio comparativo San Pedro Nexapa, Estado de México; Tlalnepantla Estado de Morelos y San Nicolás de los Ranchos, Estado de Puebla”, tesis de licenciatura CU UAEM Amecameca, Estado de México, Febrero de 2012.



situados en el entorno pueden intervenir en los procesos autopoiético de un sistema clausurado operativamente.

Clausurar el sistema no significa determinadamente “aislamiento”, “alejamiento” o en su caso “suspensión”, sino más bien, el funcionamiento que tiene cada territorio en su interior (Pérez, 2011: 5) las operaciones condicionan la posibilidad del inicio de otras llevando al sistema a la diferencia (cuya estructura se efectúa estructuralmente muy complejo) frente a su entorno que existe en simultaneidad, es decir, las operaciones dadas dentro de un sistema cada vez más complejo –por ejemplo la transferencia de conocimiento entre los individuos en un sector productivo –ocasiona que exista una única cosmovisión en el interior del sistema, las cuales se reproduzcan asimismo (autopoiésis) de tal manera que cause diferencia con los sistemas de su entorno, pues los del entorno como sistemas, también producen sus propias operaciones. Por tanto, cada sistema tendrá un único modo de operar tanto en su interior, como con las del entorno.

De alguna forma estaríamos hablando que la clausura operativa esta en cada uno de los sistemas y más específicamente en cada uno de los territorios (países, Estados, Municipios o comunidades). Sin embargo, el que un sistema se clausure operativamente no quiere decir que el sistema (el territorio) se cierre a todos los modos de operación de los del entorno, pues la clausura operativa puede permitir que los agentes del sistema mediante sus operaciones en el interior se autoreproduzcan según las operaciones del entorno, todo ello mediante la comunicación.

Dicha comunicación solo tiene lugar y es hecho por los seres humanos a partir del lenguaje, en el cual se pone de mediación un tema, de manera tal que pueda llegar a consideraciones analíticas como respuesta a ese tema y jamás puede ser impulsado de manera individual. Al existir una recursividad de la comunicación para entender los procesos y los cambios del contexto se tiene a interpretar nuevamente el contexto, lo que propicia una autoreproducción de operaciones –autopoiésis en el lenguaje de la complejidad– cuya finalidad es nuevamente entender el contexto y así sucesivamente. De este modo que la comunicación genere comunicación, y por tal el aumento de la complejidad para entender la complejidad tanto del interior como del entorno (Pérez, 2012: 4)

Luhmann infiere que la complejidad es una selección, intencional o no, esté controlada o no, sea derivada o no. (Luhmann, 1998: 27) donde capacidad selectiva significa la selección de las operaciones para generar operaciones, sea controlada derivada o intencional. Por su parte Boisier, desde la perspectiva del desarrollo endógeno, insiste que la complejidad es un mundo dinámico en el que se interactúan permanentemente procesos, los cuales conservan la identidad, de crearse continuamente así mismo, de resistirse al cambio y de centrarse en el interior y la necesidad vital de todos los seres vivos de cambiar, crecer, de explorar los límites y centrarse en el exterior (Boisier, 2007: 95) por lo tanto, cuando se considera al desarrollo en un sistema –cualquiera que sea su magnitud– es como un elemento emergente de un territorio sumamente complejo que conforme aumenta la complejidad de otro, éste lo hace simultáneamente.

Como se mencionó anteriormente, solo los seres humanos pueden ocasionar operaciones que aumenten tal complejidad, las cuales sólo pueden ser por una sola única vez y no más a partir de la subjetividad individual. Quizá, algunos de nosotros no concibamos esta relación, sin embargo, dentro de un enfoque social del desarrollo es básico como elemento de funcionamiento social, donde se mezcle el sentir con la acción dirigido a un bien común pero solo mediante la comunicación. Esto, parte a concepciones intangibles, donde la *mente* fundamenta *acciones* que llevan al hecho, al menos en un mundo social. Marx Weber ya nos mencionaba de un fenómeno recursivo e ilimitado, la sociedad, donde tal hecho o acción era condicionada por la acción subjetiva, es decir desde la mente del individuo.

A decir entonces, lo intangible parte de una instancia cualitativa y de factores subjetivos, en la cual el actor tiene habilidades colectivas de producción, un discurso sistemático de autoidentificación social, la forma de plantearse frente a los procesos económicos, un alto nivel de autoconfianza, una creencia colectiva de construir futuros, un tejido organizacional con ganas de desarrollarse, el poder de los medios de comunicación y la capacidad de mejorar las habilidades (Boisier, 2005; 73-80) es decir, que cada persona dentro de la comunidad es un ente observado como un bien y no como un fin, donde él mismo individuo se convierta en el eje de desarrollo de su región teniéndose un alto nivel de autoconfianza en el hacer y el querer hacer las



cosas, de esta forma lo que hace surgir al capital intangible es el propio individuo.

Entonces, si consideramos que la intangibilidad y la subjetividad por medio de la comunicación genera operaciones, las cuales son indispensables para el desarrollo de una comunidad, complejizándolo y sobre todo la recursividad a la auto-generación de operaciones (autopoiésis) con la finalidad de adaptarse al entorno, estamos haciendo énfasis que el desarrollo territorial es un fenómeno subjetivo, intangible, autónomo, con una clausura operativa, autopoiético, comunicativo, innovativo y adaptativo y que recae principalmente en los individuos como parte del territorio (sistema territorial).

Sin embargo, desde nuestro punto de vista, para que esto suceda es necesaria la existencia de diversos *capitales intangibles* que por medio de un *capital sinérgico* son sinergizados y acumulados con forma funcionan los contextos tanto del interior como del exterior del territorio cuyo fenómeno incrementa –su complejidad, su autonomía, su clausura–, adapte y cambie constantemente conforme cambia el exterior. Me refiero precisamente, aun modo sistémico de operar del sistema territorial, donde el desarrollo no se basa de modelos universales y uniformes, sino de carácter endógeno y en base a su potencial. Lo que intentamos decir es que; en este proceso sistémico y complejo, el individuo debe de tener la capacidad para generar e incentivar alternativas que permitan transformar la sociedad, lo cual no se limite al aprovechamiento del potencial endógeno, sino más bien al uso de ellos, así como el nivel de fortaleza y debilidad del territorio (su subjetividad) en gran medida para superar las exigencias que establece el juego global; complejo, competitivo, depredador y uniforme (Pérez, 2012: 174)

Boisier menciona que el capital sinérgico es toda aquella capacidad social, mejor, a la capacidad societal (como expresión más totalizante) de promover acciones en conjunto dirigidas a fines colectivos y democráticamente aceptados (en todo su sentido de la palabra) por una comunidad, con el conocido resultado de obtener así un producto final que es mayor que la suma de los componentes. Se trata de una capacidad normalmente latente en toda sociedad, es decir el capital sinérgico acumula o en su caso crea estos capitales intangibles y al mismo tiempo funciona como fermento de estos, a tal grado de agilizar la sinapsis entre dichos capitales, la interactividad y el cambio de información entre los actores.

Dichos capitales intangibles sinergizados por un capital sinérgico basa su peso en la base del individuo (la mente), los cuales son definidos de la siguiente manera;

- Capital cognitivo; hace referencia a la dotación de conocimiento científico y técnico disponible de una comunidad. Conocimiento acerca del propio territorio (su geografía, su historia, entendido y no meramente relatado) una serie de saberes científicos y tecnológicos susceptibles de ser usados en los procesos de crecimiento y desarrollo a partir de los recursos naturales de la región (Boisier, 2004: 5)
- Capital simbólico; es entendido como el poder de hacer las cosas con la palabra... *“es un poder de consagración o de revelación”*. Para construir región, para generar imaginarios, para movilizar energías sociales latentes, para generar autorreferencial, incluso, para construir imágenes corporativas territoriales. Nombrar un territorio como región, es construirlo, es hacer uso de un capital simbólico (Boisier, 2004: 5).
- Capital cultural; es el acervo de tradiciones, mitos y creencias, lenguaje, relaciones sociales, modos de producción y productos inmateriales (literatura, pintura, danza, música, etcétera) y materiales específicas a una determinada comunidad (Boisier, 2004: 5) y como una cultura del desarrollo, se entiende al conjunto de actitudes hacia procesos económicos que en la virtudidad mezclan cooperación y competencia.
- Capital institucional; conjunto de atributos estructurales que idealmente deben estar incorporadas en las instituciones; la capacidad para actuar y tomar decisiones velozmente, la flexibilidad organizacional, la propiedad de maleabilidad, la resiliencia del tejido institucional, la virtualidad, esto es, la capacidad de entrar y salir de acuerdos virtuales y sobre todo la inteligencia organizacional, vale decir, la capacidad de monitorear el entorno mediante sensores y la capacidad de aprender de la propia experiencia de relación con el entorno (Boisier, 2004: 6).



- Capital psicosocial; es la relación entre pensamiento y acción, corazón y mente de las personas. Cuestiones tales como autoconfianza colectiva, fe en el futuro, convencimiento de que el futuro es socialmente construible [...], capacidad para superar el individualismo y sobre todo ganas de desarrollarse (Boisier, 2004: 7)
- Capital social; representa la predisposición a la ayuda inter-personal basada en la confianza, en que el otro responda de la misma manera cuando sea requerido, es una confianza poseída por toda una comunidad en la cual la historia y la tradición indica que una ayuda a una persona o un grupo, será en algún momento, recíprocamente devuelta. Por tanto es racional ayudar recíprocamente. (Boisier, 2007: 77)
- Capital cívico; está asociado a las prácticas políticas democráticas, de confianza en las instituciones públicas, preocupación personal por la *res-publica* o, como se diría, por los negocios y asuntos públicos, de asociatividad entre los ámbitos público-privado, de la conformación de redes de compromisos cívicos (Boisier, 2004: 8)
- Capital mediático; éste capital hace referencia, a los medios masivos de comunicación social, que tan importante papel desempeñan en el éxito de una propuesta de desarrollo, es decir el poder enorme de los medios de comunicación (Boisier, 2007: 80).
- Capital humano; entendido como el stock de conocimientos y habilidades que poseen los individuos, así como de su salud y educación. El capital humano según Boisier en el artículo *Desarrollo Territorial a partir de la Construcción de Capital Sinérgico* menciona que la acumulación se debe a dos formas que Robert Lucas puntualizo; dedicando horas de trabajo a este fin (going to school) o dedicándolas a aprender en la acción o mediante la experiencia (learning by doing). (Boisier, 2004: 9)

Este proceso de capital sinérgico no es automático, se requiere de un impulsor y tal actor no puede ser

sino el gobierno del respectivo territorio, como agente concreto del Estado en ese nivel (Boisier, 2004: 11) Mejor dicho es la institución pública local como agente principal del territorio, permitirá la fermentación, potencialización y acumulación de estos capitales, y que de ser así, se incentivaría el nivel de confianza en las instituciones públicas, el interés de participar en reuniones, entre otros aspectos.

Así pues, en el siguiente apartado, de manera muy breve, se explica un caso donde se experimenta un proceso de desarrollo endógeno a partir de la existencia, acumulación y canalización de capitales intangibles, el cual le ha permitido entender y adaptarse a los contextos, tanto interiores como con los del entorno. Naturalmente, un proceso donde es sumamente difícil entender el nivel de complejidad de la sociedad, pues la sociedad es un fenómeno en constante cambio; cultural, social, económico, político y educativo, pero no imposible.

Tlalnepantla, Estado de Morelos. Una experiencia de desarrollo endógeno.

Tlalnepantla, es una región ubicada al norte del Estado de Morelos sobre el corredor biológico Ajusco-Chichinautzin y cuya ubicación geográfica respectiva es; al norte con el distrito federal; al oriente con el municipio de Tepoztlan, al sur con Tlayacapan, al oriente con Totolapan y al noroeste con el municipio de Juchitepec, Estado de México. Tlalnepantla tiene una altitud promedio de 2,566 metros sobre el nivel del mar siendo el municipio más alto del Estado de Morelos y con una extensión territorial de 124.1 km². Su población hasta el 2010, según fuentes INEGI (2010b), es de 6,636 habitantes de los cuales 3,330 son hombres y 3, 306 mujeres, siendo la cabecera municipal el lugar que concentra el mayor número de población (3,872 habitantes), seguido por ella, la delegación (ayudantías) de Felipe Neri con una población de 1,338 habitantes, El Vigía que alberga 832, el pedregal 507, fraccionamientos y otros 69. Del total de las viviendas (1,620) 1,457 son construidas principalmente por pisos de cemento, 193 de piso de tierra; de éstas 1,595 disponen de energía eléctrica, 714 disponen de drenaje, 1,492 dispone de sanitarios, 93 de computadoras, 775 de lavadoras, 819 de refrigerador y 1,501 de televisión.

En cuanto al tipo de vegetación, Tlalnepantla tiene una extensión de 11,000 hectáreas de bosque, constituido principalmente por pino, encino, oyamel, fresno, palo de zorra, huejocote, ocotillo y una gran variedad de plantas medicinales (Poleo, Toronjil,



Tochete, Tabaquillo, Gordolobo, Baleriana, etc.), en estos bosques aún es posible localizar Venado de Cola Blanca, Zorrillo, Ratón de los Volcanes, Puma, Codorniz, Gallinita de Monte, Coyote, Lobo, Gato Montes, Cacomixtle, Tlacuaches, Tiguerillos, Hurón, Leopardo, Conejo, Iguana, Culebras, Escorpión, Camaleón, Correcaminos, Pájaros Carpinteros, entre otros.

En lo referente a las principales actividades de la población, está basada principalmente en el sector primario, el 94.4% se dedica a esta actividad, el 0.5% al sector industrial, el 2.8% para actividades de servicio y el 3.6% para actividades diversas. En este sentido, la agricultura como la principal actividad está centrada en el cultivo de nopal verdura en la cabecera municipal y de cultivos de temporal como; el maíz, frijol, haba, jitomate, papa y tomate (gracias a que en la comunidad de Tlalnepantla, el interés por organizarse y atraer recursos públicos y privados, les ha orientado a continuar fortaleciendo esta actividad, facilitando como el crecimiento de capitales materiales, como la construcción de una agroindustria y mecanismos que facilitan los modos de producción y comercialización del producto, principalmente para la producción de nopal). De esto el 94.4% de la población se dedica al cultivo de nopal, siendo así la principal población económicamente activa y que en definitiva el desarrollo económico del municipio se basa principalmente en la producción de éste, pues el 58.27% de la población que se dedica a esta actividad, tiene un ingreso per-cápita menor a un salario mínimo, el 32.16 tres veces o más del salario mínimo regional (entre \$200 y \$250 pesos) y el 17.12% no especifica.

Tlalnepantla, comunidad ubicada en la zona más alta del Estado de Morelos, con una diferencia de climas muy representativa en pocas comunidades de nuestro país, segundo lugar en producción de nopal, principal productor y abastecedor de nopal durante todo el año en nuestro país y la zona sur de Estados Unidos (Los Ángeles, Arkansas, Indianápolis, Illinois y Nuevo México) y muy poco desatada por un proceso productivo territorial, Tlalnepantla es una comunidad que muestra un claro ejemplo de *“Desarrollo Endógeno territorial a partir de la existencia de capitales intangibles”*. En efecto, la creación de estos capitales, si bien han sido construidos debido a las adversidades en las que se encontraba la población (pobreza extrema) también ha surgido gracias al apoyo de organismos gubernamentales (principalmente del gobierno de

Estado), ambos al percatarse de las condiciones favorables para la producción del “Nopal verdura”.

Esta situación ha permitido que la sociedad de Tlalnepantla sea capaz de crear un ambiente favorable para la cooperación instituciones-sociedad, lo que contribuye a la generación de cambios adaptables al paradigma de la globalización neoliberal, tanto en el proceso de competitividad local, nacional e internacional, como en su aumento de complejidad y su el proceso de la sustentabilidad territorial.

- **Capital Cognitivo:** la población conoce la historia y geografía de su territorio; tiene las habilidades necesarias para manejar medios tecnológicos y orográficos que incrementan y facilitan la producción a través del aprendizaje en talleres y asambleas; principalmente, conocen los momentos precisos para comercializar su producto. Por tanto, el capital cognitivo es representativo en la comunidad, aunque han existido ciertos conflictos sociopolíticos, el cual generó cierto individualismo y división del pueblo, no ha modificado su forma de trabajo ni afectado el desarrollo endógeno de la comunidad, así mismo ha beneficiado a la sustentabilidad de la comunidad, pues se han centrado tanto en la producción del nopal, que se han olvidado de la deforestación de sus recursos naturales;
- **Capital simbólico:** se ha reflejado en un triple enfoque; en primer lugar, la comunidad creó cierto proceso territorial al nombrar su territorio como *la capital del nopal*, reflejado a partir de las experiencias, tanto en su modo producción como en la comercialización y cuya frase es *Tlalnepantla un lugar con.... futuro*, tomada como emblema de la comunidad. Ha clausurado su territorio ya que al crear cierta identidad territorial de sus pobladores, clausuran diversas operaciones de otras regiones en el interior de ésta, pues el mismo poder de la palabra y la comunicación (en cuanto a modos de producción y comercialización) entre los pobladores, no permiten que comunidades como Totolapan, Tlayacapan y Atlatlahucan, movilicen acciones para comercializar en el centro de acopio de Tlalnepantla, consideran que al permitir estas operaciones en su centro de acopio disminuiría la oportunidad de desarrollo de



sus pobladores, por lo tanto de la comunidad; En segundo lugar, el hacer uso de la palabra o mejor dicho de capital simbólico, ha permitido a los miembros de la comunidad tener ciertas oportunidades de desarrollo a través de la formación de organizaciones independientes; el Vigía Morelos; Nopalyacatl; Grupo Tlalnopalli; Cooperativa de productos y servicios Nopalvida; el grupo Emiliano Zapata; espina verde; Cactus verde; Oclayucan y; Tenochtitlán los cuales integran alrededor de 900 productores; y la capacidad de la institución, líderes de agrupaciones para concertar y resolver problemas.

- **Capital cultural:** el capital cultural es representativo en la generación de identidad territorial a través de los productos inmateriales en Tlalnepantla, pero los conflictos sociopolíticos pueden o están fragmentando la identidad del territorio a tal grado del olvido de sus tradiciones generando un *“desajuste cultural”*, ya que *no existen buenas relaciones sociales, lo que puede permitir un lazo de difusión en usos y costumbres religiosas y productivas, así como de un modo de transferencia de conocimiento y una vida armónica, pues los valores y normas se están perdiendo.* Así mismo, la producción excesiva del Nopal y la *propia narrativa productiva* ha generado cierta diferenciación ante las demás comunidades, ya que Tlalnepantla ha adquirido cierto reconocimiento nacional e internacional en la producción del nopal y no necesariamente en un tradicionalismo en el modo de producción, sino también en la adquisición de estas prácticas de producción por parte de los productores, generando así, un amplio campo de competitividad comercial y productiva.
- **Capital institucional;** el capital institucional es representativo en Tlalnepantla, tanto el Plan Municipal de Desarrollo, como en el aspecto empírico, relación coherente que ha facilitado el proceso de desarrollo endógeno territorial. Ya que, existe cierto compromiso –tanto en el Plan como en la acción– por parte de las autoridades locales para mejorar las condiciones de vida de la población, cuyo resultado se fundamenta en la inteligencia para poder relacionarse con instituciones Estatales y federales que

mejore la facilidad de gestión de recursos para la principal actividad de Tlalnepantla (producción de Nopal Verdura), así como de una coordinación institucional con las distintas organizaciones productoras para poder tomar en cuenta posturas relacionadas a la producción y llegar a consensos que beneficien a la comunidad. Si bien, falta flexibilidad y velocidad por parte de las autoridades para resolver demandas de la población, y la resiliencia institucional para resolver conflictos de impacto, la comunidad a tratado de no centrarse mucho en estos aspectos, ya que consideran que no afecta la producción y la comercialización de su producto.

- **Capital psicosocial:** Este capital es altamente representativo, pues tienen una mente basada en pensamiento-acción, es decir tiempo-dinero-acumulación, lo que les impulsa a tener fe en el futuro, una confianza colectiva para continuar desarrollándose y la eliminación del miedo a triunfar. Proceso que quizá no era planeado pero que ha mezclado el saber y el sentir, impulsándolos a llegar más lejos de lo que hasta ahora han llegado. Motivo por el cual se ha venido incentivando la cultura del desarrollo, en el que se ha impregnado, entre los habitantes, una narrativa propia de producción.
- **Capital social:** los habitantes pueden confiar el uno con el otro y existen muchas probabilidades de que los habitantes cooperen para resolver algún conflicto, siempre y cuando afecte la principal actividad de la región. Confianza basada en el cuidado mutuo de sus pertenencias (plantas de nopal), la confianza entre los habitantes refuerza a la solidaridad y cooperación interpersonal para contribuir a proyectos productivos que aunque no los beneficie directamente, esta dispuestos a contribuir con tiempo y dinero al proyecto. La gran diversidad de organizaciones productoras, las cuales integra a la mayoría de los productores de Tlalnepantla, en la que no hay tantas dificultades para ingresar y afiliarse a éstas, pues solo se pide que sea productor de Tlalnepantla, ha implicado una mayor participación social de la población, así mismo los ha impulsado a atreverse a formar nuevos grupos, que no



sólo beneficien la producción del nopal, pues también a la producción de ganado y aguacate, principalmente. Estas organizaciones no implican la discriminación de productores, por lo contrario tratan de apoyar y beneficiar a más productores que tengan otras alternativas de producción, es decir la existencia difusa de una remuneración basada en la reciprocidad de ayuda mutua y confianza interpersonal.

- **Capital cívico:** es altamente representativo, ya que las habitantes confían y retoman ciertas prácticas que incentivas las prácticas políticas democráticas en la región, pues a través de asambleas de rendición de cuentas entre los grupos productores y en el interior del COMUNOTLA, genera la transparencia de los asuntos públicos administrativos municipales, y por tanto el bajo nivel de corrupción en el interior de las organizaciones productoras y la administración pública municipal. Este proceso ha incentivado en los habitantes de la comunidad un nivel de confianza en el gobierno local y que de alguna forma pone en práctica la democracia de la que tanto carecemos en nuestro país, potencializando el capital cívico. Sin embargo, la institución pública ha permitido acrecentar el capital cívico a partir del compromiso para trabajar en conjunto, así como del apoyo para gestionar recursos e incentivar el desarrollo social. Así mismo, el capital cívico es reflejado en una forma más particularizada, pues existe interés en participar dentro de la organización, lo que genera cierta interacción a partir de la difusión del conocimiento de los líderes en asuntos y resolución de problemas con las instituciones municipales, no solo la administración pública sino también con educativas.
- **Capital mediático:** a partir de la interacción y difusión entre los habitantes le ha dado un valor agregado a la comunidad, no solo en aspectos basados en usos, costumbres, tradiciones y modos de producción basado en su modo de vida, también de la tradición que se ha adquirido en los modos de producción del nopal, lo que ha implicado una forma de identificación, diferenciación y territorialidad de la región ante las demás regiones. Es de naturaleza que el desarrollo

endógeno también depende de los medios de comunicación, pues estos medios pueden construir el desarrollo del territorio o en su caso lo pueden frenar. También, pueden destruir socialmente la propuesta o bien validar socialmente la propuesta haciendo posible una mayor participación de la población (Boisier, 2007:80) bastase dar un vistazo en diversos medios electrónico.

- **Capital humano:** la educación formal e informal y la intermediación de las instituciones públicas para la mejora de la salud ha incentivado la existencia y acumulación del capital humano y por lo tanto del desarrollo endógeno. El incremento de estas actividades es suficiente para mejorar la calidad de vida de la población haciendo posible que generaciones posteriores tengan una mayor oportunidad. Pero para que esto se produzca es necesario que los habitantes se involucren en la adaptación y utilización de conocimientos pertinentes y funcionales adaptados al contexto regional.

La importancia del capital sinérgico para activar el desarrollo endógeno territorial.

Este proceso de capital sinérgico no es automático, se requiere de un impulsor y tal actor no puede ser sino el gobierno del respectivo territorio, como agente concreto del Estado en ese nivel (Boisier, 2004: 11) Las *institución local* son el agente importante dentro de la región como elemento facilitador del desarrollo endógeno a través de incentivar políticas públicas y funcionales al territorio. Sin embargo, depende del grado de conocimiento para reconocer la realidad económica, social, política, educativa y cultural del territorio, de la capacidad del dialogo con habitantes de la comunidad, la capacidad o inteligencia para concertar con otras instituciones, coordinación entre los elementos que la integran y la capacidad para constituir elementos claves e incentivar políticas públicas que permitan a las regiones el proceso de desarrollo endógeno.

La institución local de Tlalnepantla, Morelos, cuya función a estado centrada en una coordinación con agentes locales (organizaciones), estatales (SEDAGRO) y nacionales (SAGARPA), así como instituciones educativas, la cuales mejoran los modos de producción a través del cursos y talleres, es una institución que mas allá de tener un capital institucional apropiado y como agente principal al



territorio, ha fungido y fungirá como un capital sinérgico. En éste, ha recaído el papel de catalizador, pues al verse superado un capital por otro, la institución local ha tratado de incentivar elementos que permiten potencializar otro capital, por ejemplo el conflicto sociopolítico de hace ocho años, el cual por un momento interrumpía la concertación de los agentes locales (organizaciones) y por tanto paralizaba el capital social, la institución logro a partir de la palabra concientizar y generar una cooperación interpersonal para la mejora de la productividad y comercialización, en este caso la asamblea general del 25 de junio de 2011 donde se reunió a la mayoría de los productores para activar la agroindustria y ampliar el centro de acopio. Asimismo, la inteligencia organizacional para gestionar y tomar decisiones que mejoren el nivel de vida de la población, cuestión que permite generar cierta confianza por su gobierno local.

Como podrá a preciarse, existe un juego sistémico entre los elementos en un territorio, los cuales son movidos por un agente local. Naturalmente, podemos observar en este ejemplo, la catalización de cuatro capitales intangibles, institucional, social, simbólico y cívico, aunado a ellos la movilización y acumulación de otros debido a su acumulación. El capital simbólico como un poder de convencimiento de la sociedad, es un capital que ha permitido la interacción y la difusión del conocimiento entre los habitantes dentro del territorio, intercambiando conocimientos y formas de producción, mejores momentos de comercialización y habilidades para producir; cursos y talleres que implementa el gobierno local y el COMUNOTLA que incrementan tanto el capital cognitivo como el capital humano. El éxito de la comunidad ha dependido de un capital psicosocial basado en la mente-acción, el cual funciona de forma cíclica “entre más éxito mayor es el anhelo a triunfar, a salir adelante, a creer en el futuro y sobre todo a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes” incrementando en otros habitantes el “ocio por producir, conglomerarse, organizarse y dedicarse de lleno a su principal actividad” (producción de nopal verdura y actualmente de aguacate) es decir una cultura emprendedora. Por lo tanto, el capital cultural creado en Tlalnepantla, le ha permitido crear una diferenciación ante las demás comunidades.

Correspondientemente, el éxito que tiene la comunidad y la inteligencia organizacional de la institución pública local para concertarse con otras instituciones público-privadas ha promovido el

capital mediático, a tal grado que es reconocida en los medios de comunicación e instituciones educativas como uno de los principales productores y exportadores a nivel nacional (quizá también mundial), así como los logros que han tenido en la creación de la primera nave agroindustrial y ampliación del centro de acopio.

En suma, el desarrollo de la comunidad se debe a una realidad interconectada sistémicamente y no de forma atomizada o separada. Naturalmente, esto implica que el desarrollo en comunidades es totalmente diferente, pues el nivel de complejidad, así como de su potencial endógeno entre una y otra es diferente, en este sentido el desarrollo depende del nivel de inteligencia del capital sinérgico (la institución pública local) para catalizar y potencializar los capitales intangibles de acuerdo al potencial endógeno de cada comunidad, los cuales han permitido (en el caso de Tlalnepantla) adaptarse a la complejidad global. Por tanto, defendiendo la postura de Sergio Boisier; *el desarrollo es una propiedad emergente de sistemas complejos, altamente sinergizado, adaptativa y con una función semejante a la capilaridad, adaptado prácticamente a la complejidad global.*

Como puede apreciarse, la existencia y acumulación periódica de los capitales intangibles, con una estructura completamente sinergizada en lo social e institucional, con rasgos de dinamismo de conexión, emprendimiento y desarrollo a nivel local y posteriormente con el impulso de instituciones públicas y privadas, ha generado una experiencia exitosa de desarrollo endógeno. Se destaca así, en el caso de Tlalnepantla, Morelos, en sintonía con los enfoques modernos de desarrollo económico, la trascendencia de las relaciones de confianza y cooperación construidas en el entorno institucional local, como uno de los requisitos importantes para el éxito del proceso de desarrollo económico y social. Asimismo, la adaptación al contexto de libre mercado altamente competitivo, complejo y uniformizante. Reiteró que la flexibilidad, la adaptabilidad al contexto y la inteligencia organizacional de la institución local ha materializado la existencia, articulado y acumulado las nueve formas de capitales intangibles y un capital económico esencial para el impulso del desarrollo endógeno.

Desde este mismo contexto, la inexistencia de estudios basados en el desarrollo endógeno en Tlalnepantla y otras comunidades de México ha alentado a iniciativas que promuevan el desarrollo



de los territorios. Sin embargo, para esta comunidad a sido básico la generación periódica de iniciativas desde lo local, que continúan con el procesos de desarrollo endógeno, partiendo desde la formulación de un Plan Municipal de Desarrollo eficaz, flexible y pertinente hasta el compromiso de los habitantes en cooperación y confianza interpersonal e institucional, transparencia de las organizaciones productoras y de la autoridad municipal, de gestión de recursos, capacitación y financiamiento a cargo de autoridades municipales en cooperación con autoridades Estatales, instituciones federales y de las organizaciones locales, así como de una fe en el desarrollo y futuro de su región. Cuestiones claves en la experiencia de desarrollo endógeno territorial de Tlalnepantla, Morelos.

Lo positivo de esta experiencia exitosa de desarrollo endógeno, es que ha inducido a comunidades de su entorno a adoptar una posición similar a la de Tlalnepantla, como es el caso de productores de Tlayacapan, Totolapan y Atlatlaucan, en las cuales, han tratado de incentivar iniciativas que vinculen lo institucional y lo social, resultado que ha favorecido a la construcción de un centro de acopio y distribución del producto, así como de gestión de recurso económicos de instituciones privadas como lo es el “fondo social BANAMEX” para la construcción de un centro agroindustrial. Experiencias que son de importancia para la generación de un desarrollo endógeno, en el Estado de Morelos.

Tlalnepantla como sistema clausurado operativamente y su adaptación a la complejidad

Recuperando la idea teórica sobre clausura operativa, hace referencia al modo de operar, en el interior del sistema tomando en consideración las operaciones del entorno. Estas operaciones que surgen entre los agentes mediante una intercomunicación hacen que el sistema sea cada vez más complejo y diferente a las del entorno, así también como operaciones funcionales de acuerdo a las necesidades del sistema reproduciendo operaciones en su interior (un sistema autopoietico). Se hace diferente cuando el sistema se da a conocer así mismo, pero solo mediante la comunicación de enlace que a su vez crea la diferencia, -que en palabras de Luhmann se denomina autorreferencia del sistema- es decir, que el sistema trata (y lo puede lograr) de darse-a-conocer y diferenciarse de los sistemas del entorno mediante un proceso continuo de conciencia-acción de los agentes (seres humanos), ya que, son estos, quienes crean el nivel de operaciones según sus

necesidades, pues perciben (las operaciones del exterior), sienten (la necesidad de genera operaciones), piensan (el modo de operar) y quieren (tener fe en el futuro) dar-a-conocer el éxito del sistema ante el contexto del entorno, de manera tal que complejizan su territorio.

De acuerdo con esto, desde mi perspectiva, son los seres humanos (con capacidades físicas y metales) quienes crean un proceso, a partir de la acumulación continua del capital cultural, donde cuyas *relaciones sociales* entre los individuos a partir de la comunicación generan un continuo proceso de operaciones autoreproduciéndose una y otra vez (autopoiésis) según la necesidad del sistema. De esta manera ellos (los seres humanos) accionan y complejizan el sistema conforme se complejizan los sistemas del entorno y que de la misma forma autoreproducen sus operaciones.

No necesariamente se debe a un proceso de comunicación mediante el lenguaje de forma física y presencial, pues hoy en día la rápida evolución de los medios de comunicación como el internet y los medios inalámbricos han hecho que toda operación sea virtual incentivando la pérdida de *identidad* y diferenciación de las personas y por tanto del sistema, de tal manera que las operaciones ya no son de manera presencial, sino más bien virtuales, lo que ha hecho que los seres humanos construyan un sistema multidimensional y global y no un sistema territorial de carácter local y clausurado operativamente. Sin embargo, para que un sistema llegue a un estado clausurado operativamente, se requiere de un proceso de mediano y largo plazo – aun difícil de precisar debido a la diferencia de contextos y complejidad de cada territorio– en el cual, se multiplican cada vez más las operaciones, de manera que es difícil de identificar el nivel y grado de operaciones de un sistema, pero no imposible de identificar la clausura operativa del sistema.

Naturalmente es una cuestión que entra en dilema y conflicto con diferentes posturas de los dedicados a este tema (el capital cultural dentro del paradigma de la complejidad y la teoría de sistemas), ya que no todos concebimos la idea de un proceso de desarrollo a partir de la identidad, de una cosmovisión única del territorio, de una diferenciación funcional y de una clausura operativa en comunidades con experiencia de desarrollo endógeno a partir de la existencia, potencialización y catalización del capital intangibles.



Para este caso, y con la finalidad de justificar la tesis central del trabajo, Tlalnepantla, Morelos con una extensión territorial pequeña y con una población de no más de 6,000 habitantes, de los cuales el 98% de la población vive de la producción del “Nopal Verdura”. Esta comunidad es un claro ejemplo de que el territorio se puede clausurar operativamente, diferenciar y funcionar según las necesidades de sus habitantes.

Tlalnepantla cuya experiencia exitosa de desarrollo endógeno (y quizá la única dentro de esta perspectiva), ha obtenido operaciones del entorno que permite reproducir múltiples operaciones en su interior a través de la transferencia de conocimiento entre los agentes o habitantes.

Primero: mediante la comunicación presencial y segundo con el capital mediático existente en la comunidad.

En el primer caso, la comunicación presencial en el interior del sistema, jamás –o hasta ahora– han transfiere operaciones de gran importancia para su funcionamiento hacia el exterior del sistema; por ejemplo en el simple modo de producción de “Nopal Verdura” (siendo un producto alta demanda en el mercado, local, nacional y global, pues actualmente lo exportan a EUA, China, Canadá y en el interior del territorio nacional) ha incentivado una única narrativa propia de la producción, que en gran medida se va adoptando por otros agentes de la comunidad y ¿cómo han aprendido y obtenido esta cultura del desarrollo? Pues naturalmente, mediante la comunicación entre los miembros que incentiva las buenas relaciones sociales a tal grado de organizarse para gestionar recursos que incremente el nivel de producción de la comunidad y mejore las condiciones de vida. Sin embargo, el que otros miembro de la comunidad adquieran una *cultura del desarrollo*, no quiere decir que se transfiera el conocimiento de su comunidad a miembros de otras comunidades, así como de su modo de comercialización, pues simplemente no dejan entrar a miembros de otras comunidades (Tlayacapan, Totolapan y Atlatahucan) a su centro de acopio. En este sentido, se ha clausurado operativamente la comunidad.

Segundo, el capital mediático ha permitido no solo conglomerarse, sino también, entre los miembros existe un transferencia que evoluciona rápida y adaptablemente a los procesos productivos que ha resultado exitoso, cuya finalidad es competir ante la demanda global, pues el capital mediático genera

difusión y conocimiento en el interior de la comunidad tomando en consideración el proceso operativo del entorno, pero su difusión es planteada de una doble vertiente –tal y como lo menciona la teoría de sistemas de Luhmann– *funciona y pertinente*; para el interior de la comunidad y exterior del entorno.

En el primer caso, la difusión en el interior está planteada de tal manera que si los miembros –agentes en la teoría de sistemas– de la comunidad difunden o transfieren sus modo de producción y organización, ya sea presencial (fuera de la comunidad) o con el uso de celulares, internet u otros medios, pone en peligro el poder competitivo de la comunidad (productivamente), así como de su propia persona, el cual le hace perder la afiliación a una organización productora, y por tanto, todos los beneficios a las que puede estar expuesto; por ejemplo recursos para la adquisición de motocultores, bombas de agua, fertilizantes, entre otros materiales, por cierto nada baratos.

Para el segundo caso, por lo que respecta a la difusión en el exterior, solo es para poder interactuar con otros agentes y conocer el contexto del exterior (global), en este caso hacen uso de las demás personas que compran en su centro de acopio, internet, teléfono y TV. para saber cómo están el mercado local, nacional e internacional, en cuanto a su principal producción (Nopal Verdura), haciendo posible que los habitantes desde su interior de la comunidad manejen el precio de su producto, pues consideran que es el mejor. Así también, el internet y el celular lo manejan de tal forma que pueden adquirir clientes fuera de su comunidad, en el mercado local, nacional (Cd. México, Monterrey, Chihuahua, etc.) e internacional (Chicago, Texas y otros estados de USA, China y Canadá), lo que también les permite saber cuánto deben de producir, cuándo son los mejores momentos para producir (de octubre a marzo el precio por caja es de \$200.00 hasta \$300.00) y a quienes se les comercializara.

Por lo tanto, la comunidad de Tlalnepantla reproduce sus propias operaciones (autopoiésis) según las operaciones del entorno –ya que estos también tienen sus propias operaciones– haciendo que la comunidad se complejice cada vez más y que en consecuencia ha hecho que exista una *cultura del desarrollo* como una única cosmovisión propia de funcionamiento en el interior de la comunidad, es decir su *diferenciación funcional*. Tal y como lo marca Luhmann; Las operaciones propias que se posibilitan recursivamente por los resultados de las operaciones propias [...]. Relaciones recursivas



como éstas en las cuales el término de una operación es condición de posibilidad del inicio de la otra, llevan – con todo – a la diferenciación del sistema (cuya estructura se efectúa de manera estructuralmente muy compleja) frente a su entorno que existe en simultaneidad (Luhmann, 2006: 68)

Desde este sentido, entonces, la clausura operativa y su adaptación al paradigma de la complejidad se deriva principalmente de los siguientes procesos:

- a. Una amplia potencialización por parte de los miembros de la comunidad de los capitales intangibles, que causa una *identidad y diferenciación*, su clausura, su autonomía y su innovación;
- b. Una concertación entre la institución pública local y los miembros de la comunidad de Tlalnepantla, los cuales han incentivado una narrativa de cooperación social y solidaridad para gestionar recursos que permitan mejorar los modos de producción construyendo así una *narrativa propia de producción funcional*;
- c. *La transferencia de conocimiento* entre los habitantes (agentes) a través de la comunicación (operaciones), ya sea presencial o virtual, sobre los modos de producción y comercialización de su producto, también creando su propia narrativa de producción, de modo tal que complejizan las operaciones generadas del entorno a tal grado de adaptarse rápidamente.
- d. El uso de un capital mediático que permite transferir información entre los agentes del interior de la comunidad y un uso adecuado de este capital para la adquisición de información del exterior que les pueda beneficiar en su interior, *clausurando operativamente el sistema*;
- e. La autorreferencia (darse-a-conocer) de la comunidad a través de los medios de comunicación (personas y medios tecnológicos de comunicación), el cual implica darse a conocer con las demás comunidades, el cual los diferencia con el entorno que existe en simultaneidad.

Conclusión

El proceso de desarrollo endógeno desde un proceso sinérgico, ha permitido observar que los individuos se interconectan dentro del territorio a través de la comunicación, cuyas capacidades

físicas y psicológicas, aun siendo diferentes, pueden hacer que el sistema social dentro del territorio funcione de manera adaptable, tanto en su interior, como, con el entorno, lo que hace posible su clausura operativa, autonomía, su autorreferencia, autopoiesis y diferenciación –en el lenguaje de la complejidad– ante los de su entorno. Lo que nos ha llevado a considerar que el desarrollo jamás se dará de forma atomizada sino sistémica, pues al ser nuestra sociedad un sistema entonces su funcionamiento también.

El desarrollo endógeno está en manos de la gente, en la medida de sus necesidades, interactuando organizativamente en el interior y el exterior (los territorios del territorio), más no, en mediación de un dictamen universal y uniformizante, pues, el contexto (político, social, económico, cultural, educativo e institucional), el nivel de complejidad y el potencial endógeno de cada territorio es diferente, por lo que se tienen que aplicar políticas pertinentes y funcionales según el territorio.

Fuentes de consulta

1. Boisier, Sergio (2004), El desarrollo a partir de la construcción de capital sinérgico, [en], *curso internacional Ciudad Futura II, Plan estratégico Rosario*
2. ___ (2005), “¿Hay Espacio para el Desarrollo Local en la Globalización?”, [en] *Revista de la CEPAL, No. 86, agosto*.
3. ___ (2006), “Algunas Reflexiones para Aproximarse al Concepto de Ciudad-Región”, [en] *Revista CIELO, No.28, vol.14, junio*.
4. ___ (2007b), *Imágenes en el Espejo; Aportes a la Discusión sobre crecimiento y Desarrollo Territorial*, México, UAEM.
5. INEGI (2010b) Censo de población y vivienda. Tlalnepantla, Estado de Morelos [en] <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicosifras/default.aspx?src=487&ent=17>
6. Luhmann, Niklas (1998) “complejidad y modernidad. De la unidad a la diferencia”, Trotta, España.
7. ___ (2006) “La sociedad de la sociedad”, Herder, México.
8. ___ (2006b) “La sociedad mundial” [en] *estudios sociológicos 72, Vol. XXIV, No. 3, septiembre-diciembre, pp.547-568. http://revistas.colmex.mx/revistas/8/art_8_11_73_8901.pdf*
9. ___ (1997) “La clausura operacional de los sistemas psíquicos y sociales” [en], *HR*.



Fischer, A. Retzer y J.Schweizer, "el final de los grandes proyectos", Gedisa S. A., España

10. Pérez, B., Anthony (2012) Desarrollo endógeno y cambio institucional. Hacia la construcción de políticas públicas pertinentes y funcionales [en] *redpol*, No. 5, enero-junio, UAM, México. <http://redpol.azc.uam.mx>
11. ___ (2012) "Capital sinérgico y desarrollo un estudio comparativo San Pedro Nexapa, Estado de México; Tlalnepantla Estado de Morelos y San Nicolás de los Ranchos, Estado de Puebla", tesis de licenciatura CU UAEM Amecameca, Estado de México, Febrero de 2012.
12. ___ (2011b) *Capital Cultural, desarrollo endógeno y clausura operativa territorial*, ponencia presentada en el 1er Congreso intercultural Indígena: El Patrimonio Cultural de los Pueblos Originarios, 9-11 de noviembre, Tingambato Michoacán.

ANEXO

- Desarrollo endógeno y sostenibilidad territorial. Un enfoque multidisciplinario
- Complejidad social en el fenómeno del desarrollo endógeno y la sustentabilidad
- Cambios y adaptaciones socio-ambientales en el paradigma del desarrollo endógeno.



El capital social, en la solución al problema del cambio climático

Esteban Pérez Canales¹, Ana Ma. García López², y Bertha Guadalupe Pérez Rocha³

¹Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango

²Dpto. Geografía Humana, Fac. Geografía e Historia, Universidad de Sevilla, Esp.

³Universidad de Edimburgo, UK. Investigadora colaboradora del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango

Resumen

Más de 30 años han transcurrido desde que se planteó la situación del cambio del clima como un problema potencialmente grave, esto ocurrió en 1979, durante la Conferencia Mundial sobre el Clima. Casi una década después en 1988 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) establecieron el Panel Intergubernamental sobre el cambio Climático (PICC). A través de los reportes del PICC, se ha reconocido que el calentamiento global no es únicamente por causas naturales, por lo que es indiscutible que una de las razones más serias es de carácter antropogénico.

En épocas anteriores no se tenía la plena conciencia de que la actividad humana podía alterar significativamente el clima del planeta, se pensaba que la naturaleza podía soportar todo lo que el hombre hiciera. Hoy las cosas han cambiado, se conocen las causas y los efectos del cambio climático. Si el hombre ha sido el responsable, debe ser el hombre quien dé solución a este problema. La respuesta no es única, se requiere de una decisión integral, sistémica, a la vez que de carácter holístico. Parte importante tiene que ver con la creación a nivel global de una verdadera cultura ambiental, ligada al paradigma de la sustentabilidad y a la formación de un capital social comprometido con el ambiente, en este sentido se propone trabajar, con propuestas serias y responsables.

Introducción

Un tópico de actualidad es el del Cambio Climático (CC); en efecto en diferentes lugares se escucha hablar de este tema, en la oficina, en la escuela, en

las diversiones o hasta en la iglesia, y no se diga en los diferentes medios de comunicación; aún cuando para muchas personas no es un tema lo suficientemente comprendido, es como hablar de la película de moda, con solo haber leído la reseña publicada en el periódico local; este desconocimiento del concepto del cambio climático es ya parte del problema. No es posible solucionar una situación que afecta al mundo, (y como parte del mundo a todos los humanos), si los humanos afectados no conocen bien el problema y menos aún si no saben que todos los humanos, son parte de la solución.

Esto lleva a buscar la forma de contribuir a la satisfacción integral del problema del cambio climático analizando la forma en que cada quien haga su parte, con pleno convencimiento de la situación y de sus resultados. Esta propuesta implica adentrarse en los aspectos básicos del conocimiento popular del siglo XXI. Debe tenerse la certeza de que por mínimo que sea el CC se afecta el ciclo del agua y con ello se altera la frecuencia de los fenómenos climatológicos normales, causando problemas que afectan a las diferentes manifestaciones de la vida en el planeta, como las inundaciones o sequías, que en los últimos años se han dejado sentir en diferentes partes del mundo.

Es claro que hace falta conciencia de la situación, convicción de la gravedad y de que si esta ha sido creada por el hombre, es a él a quien le corresponde corregir y establecer los mecanismos para que las futuras generaciones gocen de un medio ambiente, en donde la vida sea posible al menos como lo es hoy en día. Cuando se habla del



hombre, o de la humanidad, parece que se hace referencia a algo muy simple, sin embargo no es así, baste recordar que de acuerdo a estimaciones de la ONU, aproximadamente el 31 de octubre de 2011, el planeta alcanzó la cifra de 7,000 millones de habitantes (CNONU, 2011).

De estos 7,000 millones de habitantes, ¿Cuántas personas son responsables del CC?, ¿todos ellos?, o ¿solo una parte?, una respuesta puede ser que solo una parte, pero es difícil saber quiénes si o quiénes no han participado, parece más lógico pensar que existen niveles de afectación; no han causado el mismo daño los habitantes de New York o Tokio, que los habitantes de Sevilla, España o Durango, México y menos quienes habitan en Kilemba, en el Congo. Los países industrializados generan un mayor deterioro ambiental, en tanto que los países en desarrollo, tienen una menor afectación al medio ambiente, esta diferenciación va aún más allá, en cada país o en cada región existen diferencias significativas; en México, por ejemplo en las zonas indígenas sus habitantes pueden tener solo una afectación marginal, muy diferente a la de las grandes zonas metropolitanas.

Es en esta parte en donde puede insertarse el concepto del capital social¹, actuar contra el cambio climático implica participación colectiva, y como se menciona antes, con conciencia del problema, y convicción de la gravedad, de ahí que se requiere de una cultura de cambio frente a la afectación del medio ambiente, de una cultura de la sustentabilidad, seguramente que la mejor acción que se puede implementar es la culturación ambiental o incluso una inculturación que agregue a las culturas regionales los ingredientes ambientales, para esto se debe trabajar a la par del resto de las medidas pragmáticas que la ONU, los gobiernos nacionales y locales y demás organismos y dependencias instrumenten.

Antecedentes

Aún cuando en la actualidad en tema del cambio climático es muy comentado, no se trata de un tema nuevo, desde hace varios años se ha venido estudiando para conocer sus alcances y consecuencias y en este sentido analizar e interpretar la información para tomar las decisiones

pertinentes. Como se ha mencionado anteriormente son muchos los estudios realizados alrededor del mundo y que han servido como materia de trabajo para conocer más a fondo la situación y discutirla en las múltiples reuniones, que sobre el tema se han realizado y que es conveniente conocer. Formando parte del presente apartado a continuación se presenta una síntesis de las principales reuniones y foros efectuados hasta ahora.

Puede decirse que el problema del cambio climático se empezó a abordar en forma seria en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima, la cual se celebró en Ginebra, Suiza en el año de 1979, Esta reunión se destacó por el hecho de que en ella se presentaron evidencias de afectaciones al clima, las cuales tienen un origen antropogénico y es partir de ahí que se fueron elaborando trabajos cada vez más completos, que representaban un mayor interés por solucionar el problema (PNUD, 2011). A partir de esa reunión se han desarrollado una gran cantidad de foros de trabajo en diferentes países, destacando las mencionadas en la tabla No.1

Puede decirse que el problema del cambio climático se empezó a abordar en forma seria en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima, la cual se celebró en Ginebra, Suiza en el año de 1979, Esta reunión se destacó por el hecho de que en ella se presentaron evidencias de afectaciones al clima, las cuales tienen un origen antropogénico y es partir de ahí que se fueron elaborando trabajos cada vez más completos, que representaban un mayor interés por solucionar el problema (PNUD, 2011). A partir de esa reunión se han desarrollado una gran cantidad de foros de trabajo en diferentes países, destacando los mencionados en la tabla No.1

En general el tema del cambio climático ha sido y seguirá siendo ampliamente discutido, el requerimiento ahora es que se pase del plano político al de la acción continuada, pero con la certeza no solo de los líderes de países u organismos, hace falta el convencimiento de la comunidad mundial, de todos los habitantes del planeta y es precisamente hacia donde se enfoca el presente trabajo.

Justificación

La importancia del cambio climático es clara, se trata de un problema originado por el avance del desarrollo humano, en donde al carecerse de planeación, de racionalidad en el uso de los



recursos naturales que para muchos se consideraban infinitos y que no se terminarían y menos aún que su uso como satisfactores humanos causarían la contaminación y el deterioro del ambiente como hoy se observa. Ciertamente que existe discusión y análisis sobre el particular, tanto se dan posiciones optimistas, como pesimistas, algunos con fundamento, otros con argumentos sin un sostén que permita evaluarlos adecuadamente, para algunas personas como el futurólogo Alvin Toffler (1981), los problemas actuales de la humanidad tendrán una buena solución, gracias al desarrollo del mismo conocimiento de la sociedad, Tal vez los argumentos de Al Gore (2006), quien no ha dejado de alertar, desde hace 20 años, sobre los peligros del calentamiento excesivo de la Tierra, sean más realistas y persuasivos para aceptar la situación, en el documental “Una verdad Incomoda”

brinda una idea más clara y más actual del problema, los argumentos presentados tienen un buen sustento científico, a pesar de la polémica que en su momento suscitaron estos y otros estudios sobre el tema.

Autores como los antes citados ayudan en alguna forma al llamar la atención sobre la situación relacionada con el cambio climático, es cierto que existen estudios mucho más profundos y mejor sustentados. Sin embargo, mucha de la información generada no alcanza a llegar a los tomadores de decisiones, menos aún al público que conforma la mayoría de la personas, de ahí que trabajos como los de Toffler y Gore, vienen a apoyar la difusión del conocimiento sobre el CC y sus consecuencias, al tiempo que son conocidos de mejor manera y seguramente también más asimilados.

Tabla 1. Principales reuniones globales sobre el cambio climático

PRINCIPALES REUNIONES GLOBALES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO			
AÑO	SEDE	NOMBRE	ASPECTOS IMPORTANTES
1988	NUEVA YORK	ASAMBLEA DE LA ONU	PROPUESTA DE MALTA
1988	OMM	PNUMA	CREACIÓN DEL PICC
1990	ONU	PICC	PRIMER REPORTE DEL PICC
1992	ONU	CMNUCC	SE CREA LA CONVENCION
1992	RIO DE JANEIRO	CUMBRE DE LA TIERRA	AGENDA 21-
1997	KIOTO	CONFERENCIAS DE LAS PARTES	PROTOCOLO DE KIOTO
2010	CANCÚN	COP 16	ACUERDOS POST 2012
2012	LOS CABOS	G20	CRECIMIENTO VERDE, APOYO COP 17
2012	RIO DE JANEIRO	RIO+20	ruta de economía verde y DS

¹ El concepto del capital social para el presente trabajo debe interpretarse desde el enfoque de la sociología, teniendo el cuidado de no confundirlo con la acepción que se utiliza en la terminología financiera, en donde su significado está relacionado con el conjunto de aportaciones para integrar el capital invertido en una sociedad mercantil, principalmente; aunque el capital financiero invertido por los socios o asociados de una sociedad o asociación civil también recibe esta nominación.



Como se ha mencionado el problema es grave y así lo califican los líderes del mundo, como Ban Ki Moon, Secretario General de las Naciones Unidas (PNUMA, 2012), quien recientemente asevero que "El cambio climático es el reto definitorio de nuestra generación", El presidente de México Felipe Calderón Hinojosa, afirmó que "nuestro país como presidente del g-20 tendrá como prioridades el desarrollo sustentable, el crecimiento verde y el combate al cambio climático, pues en el caso de CC, los costos futuros por no combatirlo ahora, serian mucho más altos". (El Universal, 2012). Opiniones como estas muestran la importancia y el interés de los líderes del mundo actuales y también de alguna forma permiten avanzar en el conocimiento del problema.

A pesar de los grandes avances en la comunicación, de la penetración que los medios tienen en los diferentes niveles sociales, la mayoría de las personas no muestra el interés necesario para darse cuenta que el planeta en que vivimos ha lanzado un SOS, para que entre todos se haga algo para salvarlo y la Madre Tierra pueda seguir abrigando a todos los seres vivos, y entre ellos a los humanos, como lo ha hecho hasta ahora. Otro ejemplo de la falta de conciencia sobre los problemas ambientales y la sustentabilidad se encuentra en el poco conocimiento del importante programa de la ONU llamado "Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM, 2000)", en donde se plantean ocho objetivos que de atenderse apoyarían al desarrollo sustentable de la humanidad y por consiguiente del planeta, en el texto de este proyecto, al tiempo que se proponen una serie de valores, se fijan objetivos relacionados con el bienestar social, para disminuir la pobreza extrema, avanzar en el combate a las graves enfermedades de nuestro tiempo, la conservación del medio ambiente, entre otros. De los valores que se destacan en los ODM, se encuentra el de **El respeto de la naturaleza**, mismo que menciona:

"Es necesario actuar con prudencia en la gestión y ordenación de todas las especies vivas y todos los recursos naturales, conforme a los preceptos del desarrollo sostenible. Sólo así podremos conservar y transmitir a nuestros descendientes las inconmensurables riquezas que nos brinda la naturaleza. Es preciso modificar las actuales pautas insostenibles de producción y consumo en interés

de nuestro bienestar futuro y en el de nuestros descendientes".

Esta situación contextual del Cambio Climático lleva a pensar cómo puede aportar su granito de arena el ciudadano común, todos y cada uno de nosotros como personas, en lo individual, como familia o como grupo social, en cualquiera de los ámbitos de la organización ciudadana en que participamos, como puede ser en el trabajo, en la escuela, en los centros de diversión, en la iglesia, o en el partido político, en fin en las diferentes redes del tejido social.

Objetivo Principal

"Aplicar los conceptos del capital social, como una forma de enfocar la participación colectiva en la solución del problema del cambio climático."

Objetivos Específicos

- Ampliar el conocimiento y crear conciencia del problema del cambio climático.
- Aprovechar el desarrollo del capital social para lograr una acción participativa en la solución del problema del cambio climático.
- Contribuir a la sustentabilidad y al mejoramiento del ambiente

Hipótesis

"La formación de un capital social debidamente estructurado y enfocado puede ayudar en la solución del problema del cambio climático, mediante la participación activa de los ciudadanos."

Metodología

El presente trabajo de investigación se realizó en base a la recopilación, análisis, interpretación y estructuración de la información que sobre los conceptos de cambio climático, sustentabilidad y capital social existen en los diferentes medios de información, académicos y de difusión, principalmente impresos y virtuales. De la información recabada en la fase de consulta, se hizo un análisis e interpretación para el desarrollo del tema, llevando como guía un enfoque inductivo y en lo posible tomando elementos de la metodología conocida como estudio de casos (Hernández S. y Fernández C., 2010; y Méndez A. 2010).

Desarrollo

En la parte substancial de este trabajo y siguiendo con la tónica metodológica prevista, se hace un



análisis conceptual de los principales elementos involucrados: el cambio climático y el capital social, para luego en la parte de conclusiones interrelacionar ambos e instrumentar la propuesta central de la investigación, así pues se atiende ahora el primero de estos elementos mencionados.

El cambio climático

Como tema central en los apartados que anteceden, se han mencionado algunos de los conceptos básicos del cambio climático y sus consecuencias, algunos de ellos pueden parecer repetitivos, pero dada la importancia del tópico, la posible reiteración está por sí misma justificada. El cambio climático, es definido por los hombres de ciencia (PECC SEMARNAT, 2012) como “todo cambio que ocurre en el clima a través del tiempo, resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas”. Una definición que es conveniente agregar al presente es la contenida en la Ley General de Cambio Climático de México, recientemente promulgada (LGCC, 2012), la cual por su característica innata busca ser más concisa y precisa y a la letra dice en el artículo 3, frac. III de dicha Ley: *“Cambio Climático: Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables”*.

A pesar de que el clima cambia de manera natural, los expertos señalan que existen claras evidencias de que el calentamiento del planeta registrado en los últimos 50 años se puede atribuir a los efectos de las actividades humanas (Cambio Climático, Mex., 2012)

Por sus características el CC, representa una amenaza para el desarrollo de la humanidad, al poner en riesgo a la población por los efectos adversos y extremos del clima, poniendo además en riesgo la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas para ofrecer los bienes y servicios ambientales para la población. El CC, se manifiesta de diferentes formas, el calentamiento global, por ejemplo, es la manifestación más evidente del cambio climático; la causa directa del calentamiento del planeta es el aumento en los niveles atmosféricos de CO₂ y otros GEI, y el efecto invernadero que le es relativo. Evidencias palpables del CC actual, se encuentran en Cambio Climático Global. Com. (2012). Del análisis de la información anterior, se puede concluir que el cambio climático

es una realidad, que está afectando al planeta, a la biodiversidad y al desarrollo humano en particular, entonces es tiempo de tomar acciones efectivas para minimizar los impactos negativos y dar sustentabilidad a un nuevo proyecto de vida para el planeta y sus habitantes.

Las respuestas al problema han sido amplias, tanto de parte de los organismos internacionales, proponiendo acciones globales, como de parte de los gobiernos de los países, que buscan la adopción y adaptación de tales medidas en el contexto de cada nación, aunque sin faltar, las naturales resistencias al cambio, derivadas principalmente de intereses económicos, así como de limitantes de orden práctico y/o tecnológico. Dentro de este marco, es importante el hecho de que nuestro país cuente a partir del mes de junio de 2012 con la Ley General de Cambio Climático (LGCC) que regula la situación referente al CC, pues este hecho permite establecer mejores acciones en pos del objetivo de atender debidamente el problema y contar con elementos legales para el combate, mitigación y adaptación al fenómeno climático. Destacando esta importancia véase el objeto de la LGCC, enmarcado en su artículo 2.

Adicionalmente, para el logro de los propósitos legales, la actual administración pública federal, instituyó el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, el cual, a través de sus 105 objetivos y 294 metas, contribuye al logro de los objetivos que en la materia ha establecido el gobierno federal, en concordancia con los acuerdos de los organismos internacionales a que pertenece y los tratados internacionales signados por México en estos temas. En otros países como pueden ser los de la Unión Europea, que se caracterizan por atender en tiempo y forma sus compromisos ambientales, se encuentran avanzando de manera consistente en cuanto a la problemática del CC y en consecuencia buscan transformar el desarrollo de sus sociedades hacia modelos menos dependientes del carbono.

El Capital Social

En la literatura revisada para este trabajo no se identifico la inclusión del tema de capital social y su posible vinculación con la solución al problema del CC, tal vez la más cercana referencia a la participación social en cuanto a la problemática climatológica es la referente a la educación,



formación y capacitación sobre el tema, que se encuentran en el PECC y en la LGCC, en donde se hace énfasis de ampliar el conocimiento sobre la materia para una mayor comprensión de la problemática, esta mención se encuentra más relacionada con la formación de Capital Humano, pero no se encontró una referencia directa al Capital Social (CS), de ahí que en la siguiente parte del presente trabajo se hacen algunas referencias informativas previas a la consideración formal señalada en el objetivo de la investigación. En cambio en los mismos documentos mencionados anteriormente si se hace mención del capital natural, como parte del objeto de protección y atención frente al CC. Partiendo de los conceptos básicos y estableciendo un orden lógico, se revisa primeramente el concepto del Capital Humano, para en seguida trabajar con el Capital Social (Pérez, 2012).

- **Capital Humano**, es un término usado en algunas teorías económicas, para designar al factor humano como agente actuante dentro de los procesos de producción, el concepto involucra tanto aspectos cualitativos como cuantitativos. La formación del capital humano, se puede dar de manera formal a través de los procesos educativos establecidos, o bien de manera informal, por los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridos durante la vida del individuo (en cierta forma este capital humano se identifica con la experiencia adquirida por la persona). Con base en esta acepción de carácter técnico, el término se ha extendido para designar el conjunto de recursos humanos dentro de una organización.
- **Capital Social**, es el que está conformado fundamentalmente por el grado de confianza existente entre los actores sociales de una comunidad, las normas de comportamiento cívico practicadas y el nivel de asociatividad (Putnam, 1993). Para la FAO (2011) *“La idea central del capital social es que las redes y las normas asociadas de reciprocidad, tales como la confianza, tienen valor para la gente, facilitando a los participantes la cooperación para alcanzar objetivos compartidos y generando externalidades demostrables a la sociedad, que facilitan la acción colectiva”*.

Puede decirse pues que el Capital Social, es la colectivización del capital humano para una participación amplia y plural, por ello un primer paso hacia la formación del CS es la integración de los diferentes miembros de una comunidad o sector en lo que puede llamarse una **“red social”** (RS), integrando y vinculando a los diferentes participantes, bajo las siguientes premisas que den cohesión al grupo (Pérez, García y Pérez, 2012) :

1. Confianza de los individuos en sí mismos
2. Confianza mutua y reciproca
3. Confianza en las instituciones
4. Objetivos comunes, sobre los objetivos particulares
5. Convencimiento de la necesidad de restaurar y conservar los ecosistemas
6. Asimilación de los conceptos básicos sobre la materia; sustentabilidad, medio ambiente, cambio climático, efecto invernadero, como base para adoptar el paradigma del desarrollo sustentable
7. Actuación ética y responsable, como base para la confianza
8. Educación y capacitación

Un segundo paso, al lograrse lo anterior es adoptar estos rubros de parte de los diferentes integrantes del sector, con lo que se tendrá lo básico para ir acrecentando el capital social, como base para el mejoramiento de las comunidades, la adopción de esquemas de sustentabilidad y la conservación de los ecosistemas. Dentro de este contexto las relaciones y redes sociales constituyen un importante activo para todos los individuos, las comunidades dotadas de un CS debidamente conformado, están en mejores condiciones para enfrentar la pobreza, resolver los problemas del sector o incluso aprovechar las ventajas competitivas y comparativas en las oportunidades de desarrollo. No obstante lo anterior, el activo principal para el CS, es la ciudadanía, misma que generalmente muestra resistencia a participar; en un estudio de Concepción Foronda, (Foronda, 2012), sobre el tema, menciona que en líneas generales, dos son las causas de la insuficiente participación ciudadana para el desarrollo territorial.

1. El estilo de vida de la sociedad cada día más incompatibles con las actuaciones de



participación, ya que el modelo de trabajo deja poco tiempo disponible para la acción comunitaria y por tanto para incorporarse a estos procesos. Se programan en los horarios de ocio y, los ciudadanos no están dispuestos a sacrificar su tiempo.

2. La desconfianza generalizada de la población en la administración pública, se extiende a los procesos de participación. La falta de credibilidad de los partidos políticos y su sistema, la falta de transparencia del funcionamiento de los gobiernos.....,

El desencanto y la insatisfacción muestran el descrédito que ha generado la actividad política con sus manifestaciones, excesos y deficiencias, en cambio la confianza entre los integrantes de una misma comunidad puede favorecer al desarrollo del capital social, en especial la reciprocidad, que es uno de los primeros componentes de la generación de capital social, ya que estimula las posibilidades para que los individuos cooperen entre sí, en busca de un beneficio común (Galindo, 2012). Es deseable que el CS se haga realidad, por lo que es recomendable que al parejo de otros programas de atención a la comunidad, se enfatice la formación de capital social y enfocar su participación hacia la solución de los problemas que le afectan, como el caso especial del CC. Parece ser que para muchos aún no se comprende que medio ambiente y desarrollo son un binomio indisoluble y el modelo de desarrollo actual es un generador de un fuerte desequilibrio en las relaciones sociales y ambientales (Márquez, 2002).

El desarrollo de las comunidades, en especial las ubicadas en el medio rural, como se menciona anteriormente es muy desigual, generando por lo mismo diversos niveles de afectación al CC; la formación de Capital Social de igual forma será diferente para cada comunidad, al verse afectada por factores como la educación, la economía, la salud, o la ubicación geográfica, entre otros. Puede aseverarse, dados estos factores que tomando como base el Índice de Desarrollo Humano (IDH), es posible perfilar el desarrollo de capital social para una determinada región o comunidad. La ONU define el Índice de Desarrollo Humano (IDH), como un índice compuesto que mide el promedio de los avances sociales en tres dimensiones básicas del desarrollo humano: vida larga y saludable, conocimientos y nivel de vida digno (PNUD, 2012).

En México aún es poca la información sobre la formación del capital social y su impacto en el desarrollo social y la solución de su problemática, en el año de 2006, se realizó la “Encuesta Nacional sobre Capital Social en el Medio Urbano, México 2006”, (PNUD, 2007), en esta encuesta, no se trata el tema ambiental, pero sí se considera la participación social en asuntos que afectan a la comunidad en general y una de las conclusiones es de que las personas se integran a una red social para sentirse bien, servir a la comunidad y mejorar las condiciones de vida; siendo el tiempo la principal aportación que las personas en México están decididas a efectuar.

Conclusiones

La interrelación de los conceptos involucrados para esta investigación lleva a la conclusión de que el Capital Social cuando se estructura y enfoca debidamente puede ayudar a la solución de la problemática del cambio en el clima. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que se ha reconocido tanto por organismos internacionales, como por científicos de diferentes instituciones a nivel global que la actual situación del CC, es debida a la actividad humana, luego entonces es razonable pensar que el hombre como ser racional por excelencia es el único que puede tomar acciones para revertir o al menos detener el avance del CC.

Las acciones para solucionar el cambio climático pueden ser a nivel global, por organismos internacionales y los países participantes en cada organismo, a nivel nacional y local por los gobiernos e instituciones correspondientes, pero también a nivel individuo y comunitario o social, siendo en este último nivel en donde se puede insertar el capital social, en los términos antes revisados. Para que se obtengan los mejores resultados en la aplicación de las medidas sobre el CC, se debe involucrar a las personas en lo individual y en lo colectivo. Para que esta participación tenga sentido y beneficio tangible es necesario primero formar y capacitar a las personas en los temas ambientales, para llegar a un nivel de concientización y convencimiento de la actividad humana, que actualmente es contraria a la conservación del ambiente.

Para lograr la participación social es necesario propiciar la formación de un capital social activo e involucrado en las cuestiones ambientales. Si como se menciona anteriormente una limitante para la



formación del CS, es el factor confianza, entonces debe trabajarse para incrementar la confianza, lo mismo debe buscarse para atender la falta de tiempo o la actual forma de vida de una gran cantidad de personas en el planeta, los gobiernos deben poner mayor atención en difundir la información relativa al CC, en especial aquella que ayuda a crear conciencia entre la población de la importancia de cambiar los hábitos de consumo, de trabajar en el contexto personal para adoptar medidas y formas de vida más amigables con el ambiente, con la recuperación y conservación de la ecología, con la sustentabilidad.

Para una gran cantidad de personas es difícil distinguir entre los conceptos de ecología, conservación de medio ambiente, sustentabilidad, cambio climático, calentamiento global etc., de ahí que deben buscarse aquellos elementos que conforman el común denominador de estos conceptos para el desarrollo de campañas enfocadas a propiciar el desarrollo de capital social y su incidencia en la adopción de acciones que contrarresten los efectos del cambio climático, como factor principal, al tiempo que se trabaja en forma simultánea por mejorar la ecología y la conservación y mejoramiento medioambiental.

Naturalmente que estructurar una campaña de este tipo requiere de mucho trabajo, así como de recursos financieros y técnicos, pero puede ser tan provechosa como otras acciones, como la forestación, la emisión de bonos de carbono, la sustitución de energías contaminantes por otras más limpias, etc., con la ventaja de que queda en la población un nuevo capital social ligado a una nueva cultura de cuidar el medio ambiente, en beneficio de todos. Los medios masivos de comunicación apoyados por las nuevas tecnologías de la información, constituyen una herramienta importante para llevar a cabo proyectos de fortalecimiento del CS, los recursos financieros y técnicos en alguna forma pueden fluir hacia la consolidación de este propósito. Si se observa la enorme cantidad de recursos financieros y técnicos erogados en las campañas políticas de cualquier país y como muestra se puede revisar la experiencia electoral mexicana de 2012, en la que se estima que la campaña electoral de este año tuvo un costo de 270 millones de dólares, otros ejemplos los encontramos en Canadá, en donde el costo aproximado de las

elecciones de 2011 fue de 291 millones de dólares, mientras que en Estados Unidos las elecciones de este 2012 costarán alrededor de 6 mil millones de dólares (El Universal, 2012), si estas grandes cantidades se gastan para una elección, por muy democrática que sea, cuanto estamos dispuestos los humanos a gastar en la solución del problema del cambio climático, queda aquí la pregunta a los nuevos dirigentes de las naciones antes mencionadas y a los de todo el mundo.

Pensemos y recapacitemos en el problema, en la necesidad de solucionarlo y en que para esta solución podemos participar todos, en lo individual y en lo colectivo; formemos un gran capital social global, seguramente sentiremos una gran satisfacción; la Madre Tierra podrá abrigarnos por más tiempo.

Fuentes de Consulta

1. Acuerdo de Cancún, logro de la COP-16 para proteger los recursos forestales del planeta, 2010, <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/es/nacional/1125-acuerdo-de-cancun-logro-de-la-cop-16-para-proteger-los-recursos-forestales-del-planeta.html>, consultado el día 15/05/2012
2. Al Gore, La Verdad Incomoda, Paramount Home Entertainment, 2006, <http://www.paramountvideo.com.mx/>.
3. Capital social en espacios naturales andaluces: estudio sobre la confianza territorial, L. Galindo-Pérez-de-Azpíllaga, Dpto. Geografía Humana. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de Sevilla pp 623.
4. Centro de Información de Naciones Unidas, (CINU) 2012, http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/conf_hm, consultado el 25/05/2012
5. Centro de Noticias de la ONU, (CNONU), 2011, <http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?newsID=22135&criteria1=poblacion>, consultado el 15/05/2012
6. Declaración de Líderes del G20, Los Cabos, Baja California Sur, 19 de junio de 2012, <http://www.g20.org/images/stories/docs/g20conclu/declaracionlideresg20.pdf>, consultado el 22/06/2012



7. El cambio Climático, 2012, <http://www.cambioclimatico.gob.mx/>, consultado el 12/07/2012.
8. El Capital Social, FAO, <http://www.fao.org/docrep/006/j2053s/j2053s11.htm>, consultado el 24/06/2012
9. El Índice de Desarrollo Humano (IDH), PNUD, <http://hdr.undp.org/es/>, consultado el 25/07/2012
10. Encuesta Nacional sobre Capital Social en el Medio Urbano México 2006, PNUD, 2007. <http://www.undp.org.mx/desarrollohumano/competividad/images/Primeros%20Resultados%20de%20la%20Encuesta%20de%20Capital%20Social.ppt#403,1>,
11. Ley General de Cambio Climático (LGCC) 2012 <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>, consultado el 07/07/2012.
12. Hernandez Sampieri Roberto, Fernandez Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar, (2008). Metodología de la Investigación (4ta Ed.). México D.F., México: Mc Graw Hill.
13. Mendez Álvarez C.E., 2010, Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación, con énfasis en ciencias empresariales., Editorial Limusa, México
14. Pérez, García y Pérez, 2012, El capital social como base para la sustentabilidad de los bosques y selvas de México, Dpto. Geografía Humana, Fac. Geografía e Historia, Universidad de Sevilla.
15. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2012. pnud.org.bo/doc_pdf/Cambio%20Climatico/CC_en_la_historia.pdf, consultado el 20/06/2012
16. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, 2011, <http://www.semarnat.gob.mx/temas/internacional/Paginas/CMNUCC.aspx>
17. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, 2011, http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=2931:mexico-cuarto-lugar-mundial-en-proyectos-mdl&catid=50:comunicados&Itemid=110
18. Posiciona México en Río+20, acuerdos del G20 como base para la construcción de la Economía Verde Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México, 2012, http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=4889:posiciona-mexico-en-rio-20-acuerdos-del-g20-como-base-para-la-construccion-de-la-economia-verde&catid=50:comunicados&Itemid=110, consultado el 23/06/2012
19. Transversalidad de políticas públicas para el desarrollo sustentable, SEMARNAT, http://es.wikipedia.org/wiki/XVI_Conferencia_sobre_Cambio_Clim%C3%A1tico
20. http://unfccc.int/porta_l_espanol/informacion_basica/la_convencion/conferencias/cancun/items/6212.php
21. Toffler, A. (1981). *La tercera ola*. México, Edición, México.
22. Periódico el Universal , 2012, <http://www.eluniversal.com.mx/notas/825901.html>, consultado el 25/06/2012.
23. Objetivos de Desarrollo del milenio (ODM), 2000, Organización de las naciones unidas, <http://www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx/ODM/Doctos/DecMil.pdf>, consultado el 30/06/2012.
24. Acciones sobre el CC, <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/es/acciones-de-mexico.html>, consultado el 20/07/2012.
25. Programa especial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2011, http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PECC_DOE.pdf, consultado el 30/06/2012.
26. Putnam, Robert D., Robert Leonardi y Raffaella Y. Nanetti. 1993. Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy, Princeton: Princeton University Press.
27. Una radiografía del capital social: asociacionismo y activismo, C. Foronda, Dpto. Geografía Humana, Fac. Geografía e Historia, Universidad de Sevilla. Pp 616-622
28. Putnam, Robert D., Robert Leonardi y Raffaella Y. Nanetti. 1993. Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy, Princeton: Princeton University Press.



Desastre: cambio climático

¿Educación ambiental un proceso de solución, o la inclusión del concepto medio ambiente? como justificación en el desastre del paraje Chichicarpa, en la comunidad San Nicolás Totolapan Magdalena Contreras D.F. (2012).

Moisés Salinas Zúñiga

Resumen

Se trata de comprender crítica e históricamente los procesos que nos ayuden a esclarecer la convivencia del ser humano con la naturaleza; en esta posible aproximación entre Desastre¹ y Cambio Climático², entendiéndolo al desastre de acuerdo con

¹*Diccionario de acción humanitaria, cooperación y desarrollo. Universidad del país Vasco España. (1993); "Desastre": Grave perturbación del funcionamiento de la sociedad que causa amplias pérdidas humanas, materiales y del medio ambiente, que excede la capacidad de la sociedad afectada para afrontarlo solo o por sus propios recursos. Perturbación concentrada en tiempo y espacio.*

² Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) organización internacional líder sobre el tema del cambio climático lo define como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Pudiera ser un cambio en las condiciones climáticas promedio o la distribución de eventos en torno a ese promedio (por ejemplo más o menos eventos climáticos extremos). El cambio climático puede estar limitado a una región específica, como puede abarcar toda la superficie terrestre. El término, a veces se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de los cambios climáticos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto de la política ambiental, el término "cambio climático" ha llegado a ser sinónimo de "calentamiento global antropogénico". Se presenta el registro de este cambio climático desde 1850, y el aumento de temperatura promedio en los últimos 50 años es casi el doble del de los últimos 100 años. El aumento de la temperatura se espera será mayor en los polos, en especial en el Ártico y se observará un retroceso de los glaciares, hielos permanentes y hielo en los mares. Aumento de los niveles del mar, Otros efectos incluirían clima extremo más frecuente, lo que incluye sequías, olas de calor y precipitaciones fuertes. Se esperan extinciones de especies debido a los cambios de temperatura y variaciones en el rendimiento de las cosechas. Cambios en el patrón y cantidad de

Macías J.M. (2004 loc. cit.) señala que "la vulnerabilidad se considera un primer proceso entre las condiciones de riesgo – desastre que en conjunto son un desastre, coloca a quien la padece en una situación de desventaja aun con el ejercicio pleno de sus derechos y libertades, llega a establecer procesos de pobreza, marginación, la problemática de acceder a los servicios públicos, exclusión, discriminación". También nos define a la vulnerabilidad como "la susceptibilidad de que suceda algo", y a la vulnerabilidad social, como "la capacidad de recuperación no solo material sino de salud mental".

Así en este mismo orden de ideas el Riesgo, lo plantea López Cerezo y Lujan (2000 ob.): es definido como "una consecuencia de la propia construcción social – objeto social, lo cual dependerá de factores socioculturales, comienza donde todas las esferas de la vida tienden al olvido de la vulnerabilidad social, esto inicia donde termina la tradición de la seguridad – inseguridad, es un razonamiento de riesgo como objeto social (juicio ético sobre determinado suceso) es hablar de riesgo real o imaginario, objetivo o subjetivo, en donde se determina que todo riesgo percibido es un riesgo real por sus efectos hacia lo cultural, social, económico, político, medio físico, psicológico"³.

Por lo tanto el Desastre lo establece Calderón G. (2001, ob.) "no es la consecuencia de un fenómeno natural, sino la consecuencia de una situación social

precipitaciones, Expansión de los desiertos subtropicales, Se postula que si el aumento de la temperatura promedio global es mayor a 4°C comparado con las temperaturas preindustriales, en muchas partes del mundo ya los sistemas naturales no podrán adaptarse y, por lo tanto, no podrán sustentar a sus poblaciones circundantes, pero lo que todavía genera controversia es la fuente y razón de este aumento de la temperatura. Recuperado del Sitio Web: *CambioClimaticoGlobal.com*

³López Cerezo J., y Lujan J. (2000) pág. 14–24, 47 – 137



ya que las situaciones de desastre son creadas por las relaciones sociales de producción, las que van a definir los espacios que crean las sociedades y es a partir de estas condiciones que se definen los componentes para que se produzca un desastre. Lo anterior determinará la manifestación de las condiciones de la vulnerabilidad, de los hechos sociales o procesos sociales, lo cual, evidenciará según sus componentes la magnitud en cuanto a un desastre. Es de suma importancia considerar en este sentido, la participación de la sociedad, en estos procesos de los cambios sociales como resultado del tipo de construcción social (riesgo).

Ciertamente se plantean una serie de variables erróneas al tomar como resultado este concepto desastre (no como una producción de las situaciones de la sociedad, no se define con respecto a causa – efecto si no que se plantea como resultado de su crecimiento) determinado por el grado de afectación de las comunidades, en lo económico, político, medio físico, cultural, por la cantidad de muertes, sin olvidar además la enajenación de los medios de comunicación, en el discurso de las ayudas y resultados”, esta autora Georgina Calderón G. (2001 op. cit.) “evidencia la preocupación inicial del estudio de los agentes causales (o sea los fenómenos naturales) para llegar a formular políticas de mitigación por medio de la tecnología, estas premisas que consideraban al desastre como causado por factores externos en donde se incluían los fenómenos naturales y los tecnoindustriales se reproducen principalmente desde las disciplinas como la geofísica, ingeniería, geomorfología – geógrafos físicos, en donde las ideas o conocimientos formulados son tomados por el poder para reproducir la forma de tomar decisiones y adoptarlas por los burócratas en los diferentes países para la fundamentación tanto de sus posiciones teóricas en relación con los programas de protección civil, como metodológicamente en el momento de las llamadas etapas de emergencia y reconstrucción. Esto resalta la adscripción al planteamiento de ver los desastres como el resultado de los procesos geofísicos, por lo que ven al desastre dependiente de la naturaleza lo cual lleva a suponer que son las características de los fenómenos naturales los que les darán la particularidad.

La naturaleza de las tormentas, terremotos, inundaciones, huracanes, son el peligro y el daño está referido a la magnitud, frecuencia y otras

dimensiones y por último a la sociedad se le concede sólo alguna posibilidad de respuesta”⁴.

Jesús Manuel Macías (2006, loc. cit.), “replantea que es de vital importancia especificar que no es lo mismo un fenómeno natural que un desastre, este último concepto es esencialmente causados por procesos social, es una crisis de la sociedad que puede ser mediado por un fenómeno natural. O sea, un fenómeno natural no necesariamente tiene que devenir en desastre, los fenómenos naturales van a seguir ocurriendo, pero si hay más gente expuesta, va a haber más daño (desastre), es un problema de planeación, de prevención, de falta de visión, no hay que confundir el desastre con el fenómeno natural ya que este último concepto no mata gente, lo que mata es un desastre y éste es un fenómeno social.

Si se pensara en estos términos, se pondría como centro a la sociedad y no a las amenazas naturales”.

En este mismo orden de ideas es preciso señalar de acuerdo con Aguirre L. (2012 ob.) “el cambio climático atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos comparables. Recibe el nombre de variabilidad natural del clima, cuando es ocasionado o se produce constantemente por causas naturales. En algunos casos, para referirse al cambio de origen humano se usa también la expresión cambio climático antropogénico. Además del calentamiento global, el cambio climático implica cambios en otras variables como las lluvias y sus patrones, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales”⁵. “En un primer momento se hace referencia al calentamiento global, por el aumento de las temperaturas a causas antropogénicas, después y debido a que en los efectos de los cambios en la temperatura se presenta no sólo el calentamiento, sino diferentes cambios en el clima, se le denominó: cambio climático global.”⁶ Especificando así que se

⁴Calderón G. (2001) " pág. 13 - 477.

⁵ Aguirre L. (2012) *Tesis “Dimensiones para el análisis de la comunicación de riesgos: el caso de la inundación de Tabasco en 2007”* Capítulo IV Riesgo : El Cambio Climático 170 - 224

⁶ Aguirre L. (2012) Tesis Retoma: Holdren, John. *Term Global Warming*, (15 de agosto de 2008). Recuperado el



comprende el término cambio climático como resultado de la actividad humana. Laura Aguirre (2012 op. cit.) retoma “La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC, 1999), y lo describe como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”⁷.

Así podemos puntualizar esta proximidad entre Desastre y Cambio Climático desde las fallas humanas y de todos los aspectos de convivencia con la naturaleza (Educación Ambiental). Basándome en Macías, J. M. (2004, vid.) entre Vulnerabilidad – Riesgo – Desastre, y solo así se presentara un desastre; este concepto reitera que es de aspecto social, con respecto a Cambio Climático lo asocio con lo señalado por Laura Aguirre(2012 vid.) y lo que retoma de la CMNUCC (1999), como causas humanas; con escalas: Local - Regional – Global y que el cambio climático a escala global corresponde a la crisis ambiental. Por lo que es de la mayor importancia comprender esencialmente lo referente a deterioro ambiental que de acuerdo con Hinojosa M.A. (2010 loc. cit.) lo expone como la “degeneración indefectible, es un proceso inherente a la naturaleza al ser humano (facultades intelectuales o físicas), el cual procesa un desgaste en un espacio y tiempo, y su estado de regeneración o saturación en este flujo de materia y energía”. En este sentido esta misma autora, especifica la crisis ambiental como “un proceso de la organización social, este viene a corromper los ciclos naturales impactándolos, desfasándolos hasta orillarlos a sus fases de extinción”, describiendo en este sentido los procesos hacia la crisis ambiental. El corrupto⁸ es el ser humano. Leff E. (2007 ob.) Detalla

25 de diciembre 2009 del sitio Web:

<http://www.univision.com/uv/video/Term-GLOBAL-WARMING-is-Misleading---Prof/id/971042827>

⁷Aguirre L. (2012) Tesis pag. 175, Retoma de la pag. <http://www.univision.com/uv/video/Term-GLOBAL-WARMING-is-Misleading---Prof/id/971042827>

⁸Benbenaste N. y Delfino G. (2003 ob. Pág. 41 – 58, y 339), “La corrupción varía en función de las condiciones sociales de un momento histórico. Siendo la corrupción un derivado del Poder, Poder y por ende de corrupción”. “En Aristóteles la corrupción aparece como lo opuesto a la virtud, lo que equivale, para Estagirita, a lo antinatural”. “El ser humano posee, y es, dice Aristóteles, más primaria -y primitiva-, una tendencia a lo egoísta”. “Una vez que se hubo inventado la moneda a causa de los

que “la crisis ambiental es una crisis de civilización, producida por el desconocimiento del conocimiento. El conocimiento ya no representa la realidad; por el contrario, construye una hiperrealidad en la que se ve reflejado”⁹. Insistiendo, de acuerdo con Pérez Tapia J. A. (1995 ob.): “reflejar la situación de crisis, es bien sabido lo que queda detrás pero no tanto lo que viene por delante, en donde lo viejo ya no vale, y se anda a la búsqueda de lo nuevo, lo que viene dado por múltiples cambios en diversas direcciones, de esta manera manifiesta la razón concebida como autonomía y universalista capaz de sustentar sus pretensiones, lo que supone esta época posterior a la modernidad, es afirmar el sentido de la historia haciéndolo gravitar sobre la idea de progreso, desarrollo, y solo evidencia el cuestionamiento de la crisis del sujeto, desde la lógica interna de su pensamiento y con la progresiva degradación de la conciencia, estableciendo un nexo entre la evidencia y las relaciones de dominio dentro y fuera del sujeto, suponiendo la caída de viejos dogmas y los cuestionamientos radicales de las pretensiones excesivas de una razón que plantea la incertidumbre, frente a la nueva referencia de la totalidad abierta con pretensiones de certeza”¹⁰, por lo tanto Georgina Calderón (2001 op. cit) “evidencia la preocupación inicial del estudio de los agentes causales del desastre, que supuestamente son causados por fenómenos externos – fenómenos naturales y procesos tecnológicos, por lo que determina así el no ver ya al desastre dependiente de la naturaleza de seguir viéndolo así lleva a

cambios indispensables surgió la otra forma de la crematística (economía): el comercio de compraventa. Esto quizá se desarrolló al principio de un modo sencillo, y luego, ya con la experiencia, se hizo más técnico, que variaba de objetos y de modos, con objeto de conseguir mayor ganancia. Por eso parece que la crematística se mueve sobre todo en torno a la moneda, y que su función es la capacidad de observar de dónde puede obtenerse una cantidad de dinero; dispuesto para hacer más dinero”, tener y obtener. “Aristóteles argumenta que el hombre en su comportamiento racional es el fin de la naturaleza. En cambio el deseo de la riqueza sin fin lleva a privilegiar los placeres corporales que perjudican el vivir bien”. Estos autores retoman a Popper K. (1981), “por lo hasta aquí argumentado, la corrupción ha sido un fenómeno de todas las épocas y, existe en todos los países. La diferencia es que en algunos está bastante más controlada que en otros”. Recuperado del sitio Web: <http://www.a.dorna.free.fr/Revueno6/Rubrique2/R25R4D.htm>

⁹Leff E. (2007), Pág. 59

¹⁰ Pérez Tapia J. A. (1995) pag. 111 - 121



suponer que son las características de los fenómenos naturales los que les dará la particularidad de repetir el proporcionar a la sociedad sólo alguna posibilidad de respuesta”, reiterando Jesús Manuel Macías(2006, loc. cit.) “que es de vital importancia especificar que no es lo mismo un fenómeno natural que un desastre, este último concepto es un problema de planeación, de prevención, de falta de visión y éste es un falla humana, así si se pensara en estos términos, se pondría como centro a la sociedad y no a las amenazas naturales, buscando así no dejar solo una posibilidad de respuesta a la sociedad”, en esta reflexión entre el cambio climático y el desastre, Laura Aguirre (2012 op. cit.) el "cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Además del calentamiento global, el cambio climático implica cambios en otras variables como las lluvias y sus patrones, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico, pero se concluye que se plantea desde causas humanas”¹¹ y de seguir puntualizando la variabilidad natural del clima fundamentara el que es ocasionado por causas naturales y que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales. Por lo que en este mismo orden de ideas y de acuerdo con lo que evidencia Bernstein R. J. que retoma a Habermas (1982 ob.), señalando que lo que predomina en estos tiempos y con esta postura es el “enfrentar una tendencia despiadada hacia la transformación de todos los problemas reales en problemas técnicos, donde solo interesan las relaciones de medios y fines”, de ahí y con lo expuesto anteriormente esa “tendencia debe contemplarse en un contexto social y político más amplio en el cual exista una continua relación, reciproca”¹². Por su parte Vattimo y otros: Mardones (1994, ob.), establecen el “repensar las relaciones humanas y cómo éstas responden a la vida digna, siempre fundada con la responsabilidad social, analizando así el pluralismo actual”, plantea que “nadie tiene la verdad absoluta es de un gran interés tener puertas hacia una visión de negociación en donde deben ir ambas partes no solo una, es una búsqueda de hacer posible la vida en sociedad hacia las situaciones actuales”¹³, en, Santos M.

¹¹Aguirre L. (2012) Tesis Capítulo IV Riesgo : El Cambio Climático pág. 170 – 224

¹² Bernstein R. J. (1982) Pag. 281 – 292.

¹³Vattimo y otros: Mardones (1994) pág. 9 – 19 y 21 - 40

(2004 loc, cit.): “el territorio usado no es estático sino dinámico, transformador y a la vez lleno de contradicciones. Significa una búsqueda de nuevas prácticas socio-espaciales, que pasen por el entendimiento de la dinámica territorial y de la necesidad de valorización de la zona y de los impactos socio-ambientales, que en lo sucesivo las intervenciones urbanas actuales hacen promover la exclusión social o recuperación de áreas degradadas, provocando además desplazamientos parcial o total de las comunidades. Especificando que esto acontece desde el comprender el espacio que es históricamente el que atestigua sobre un montón de momentos de la memoria construida de las cosas fijadas en el pensamiento contenido hacia crear el paisaje, es una forma durable que no se hace paralelamente al cambio de los procesos conformados de las realidades, considerando que la realidad material y objetiva no existe por sí misma”.

La Naturaleza ha sido explorada, impactada, modificada, por la apropiación de los seres humanos en el proceso de satisfacer sus propias necesidades al mínimo esfuerzo, tales apropiaciones reflejan la organización social y su relación con la naturaleza (espacio ocupado), desde su muy particular forma de concebir los elementos vitales como la tierra, el agua, el aire, la energía solar, flora, fauna, etc. Es preciso señalar que la naturaleza ha tolerado situaciones de exploración, explotación, expansión en variadas dimensiones: sociales, culturales, políticas, económicas.

Expresados en proyectos de impacto con el ambiente que buscan conservar y preservar los recursos naturales los cuales no responden a los procesos del deterioro ambiental, solo vienen a corromper los ciclos naturales, que se traducen así en condiciones hacia la crisis ambiental. Por lo que esta investigación se compenetrara en resolver la pregunta planteada:

¿EDUCACIÓN AMBIENTAL UN PROCESO DE SOLUCIÓN, O LA INCLUSIÓN DEL CONCEPTO MEDIO AMBIENTE COMO JUSTIFICACIÓN EN EL DESASTRE DEL PARAJE CHICHICASPA, EN LA COMUNIDAD SAN NICOLÁS TOTOLAPAN DE LA MAGDALENA CONTRERAS DEL DISTRITO FEDERAL (2012)?

De esta manera y en base a lo planteado por Leff E. (2007)¹⁴ considero que es preciso enfocar la

¹⁴Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PENUMA-2006); Perspectivas de la



Educación Ambiental como la convivencia, del ser humano, del saber ser consigo mismo y con el otro, en esos procesos de atención (antes–durante–después) desde el conocimiento, la experiencia, la percepción, interpretación e integración, de que el ser humano es un elemento conformador del todo complejo, que es naturaleza ,comenzando con el respeto, signos, símbolos, lenguaje, la ética, valores, normas, moral, deberes, derechos, que postule una visión cognitiva, en el identificarse y darse; concientizar, sensibilizar, participar, comprometidos, con responsabilidad; en esa igualdad con imaginación, inspiración, sentido común, es atreverse con creatividad hacia el aprendizaje -enseñanza significativa, en búsqueda de la equidad social, bien común, bienestar social, en un espacio y tiempo determinado.

Esta reflexión requiere de entrelazar las variables e indicadores que presente la investigación con base notable en lo que especifica la metodología que propone Velasco A. (1995 pp. 179 - 180), para asegurar una comprensión crítica de las causas que nos ayude a esclarecer la naturaleza y los procesos actuales (efectos), al mismo tiempo que permita reconstituir su relevancia para el pensamiento contemporáneo:

1.-Estos procesos de reflexión, deben ser tomados como conocimiento crítico que propone al mismo tiempo propuestas que intenten tener un efecto sobre la misma realidad.

2.- Es importante entender los procesos actuales simultáneamente, en términos de la evidencia histórica sobre sus contextos específicos, al mismo tiempo que se interpreten estas causas en términos de su desarrollo.

3.- La evaluación de las interpretaciones del pasado no puede hacerse meramente con base en criterios de correspondencia empírica (conocimientos desde los sistemas normativos, de la representación social, del imaginario colectivo, de la experiencia de la población).

Es necesario integrar alguna noción de corroboración científica, elucidando, reconstituyendo, con base en lo heurístico, es develar aspectos perdidos u olvidados en el pasado

Educación Ambiental en Ibero América: Conferencias del V Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental Joinville, Brasil, 5 al 8 de abril de 2006 1º edicc. 2007 PENUMA Brasil. Pág. 44 - 59

(recobrar), al mismo tiempo en el presente (manifestar), hacia el futuro (proponer).

Se va a realizar además un esfuerzo previo de documentación del desastre y lo correspondiente al cambio climático, a través de revisiones de fuentes conceptuales, hemerográficas, documentales, bibliográficas, internet, notas periodísticas, entrevistas. En donde se puntualizara en la conceptualización: definiciones, variables, indicadores, técnicas e instrumentos de investigación.¹⁵

Con respecto a Medio Ambiente¹⁶, se comprenderá a partir de lo expuesto por Maya A. A. (1985 ob.) que lo ubica en el campo de las "relaciones sociedad-naturaleza: un espacio, al mismo tiempo, óntico (existencia, ser, entes) y epistemológico, en donde confluyen lo social y lo natural. Un espacio óntico; es decir el espacio de la realidad natural modificada por la actividad social, y un espacio epistemológico que exige la confluencia de las diferentes disciplinas para comprender las determinaciones biunívocas entre lo natural y lo social"¹⁷.

Es retomar y respaldar el concepto medio ambiente con base en lo que plantea Santos M. (2004loc. cit.) "el espacio es históricamente el que atestigua sobre los momentos de la memoria construida de las cosas fijadas en el pensamiento contenido hacia crear el paisaje, es una forma durable que no se hace paralelamente al cambio de los procesos conformados de las realidades, considerando que la realidad material y objetiva no existe por sí misma, ya que el territorio usado no es estático si no dinámico, transformador y a la vez lleno de contradicciones, que significan una búsqueda de

¹⁵Velasco A. (1995) pág. 179 - 180,

¹⁶Diccionario de la Real Academia de la lengua Española (2005) Medio Ambiente se define como "el conjunto de circunstancias físicas que rodean a los seres vivos" y por extensión, como "el conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas, sociales, etc., que rodean a las personas". En este proceso se consideran lo mismo al estar juntos los conceptos, y por separado se definen de diferente manera por lo que es necesario especificar lo siguiente: Medio, medius, mediar, neutro, a la mitad de algo que está entre dos extremos, es el centro de algo. Ambiente, ambiens, ambere, ambientar, conjunto de características históricas o sociales que rodean un cuerpo, en ambos lados

¹⁷Maya, Á A (1985) pág. 4.



nuevas prácticas socio-espaciales, socio-ambientales”.

Esta investigación se apoya en la unidad de análisis geomorfológico denominado Cuenca y de acuerdo con el Fideicomiso de Riesgo Compartido FIRCO y el Manual de Obras y Prácticas. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (1980); se conforma este concepto, como “espacio geográfico que presenta la interacción de los seres humanos, fauna, flora, tierra (suelo), agua, clima (humedad), que se define por la disposición y colocación de las capas, límites geológicos, el agua su flujo, drenado por escurrimientos de diferentes ordenes, hacia conformar la concavidad, depresiones, llanuras, sedimentarias, desde los aspectos geomorfológicos (relieve), cartográficos (escalas), topográficos (altura), del uso de suelo (permeabilidad), esta zona se delimitada por una línea divisoria conocida como parteaguas que une los puntos de mayor elevación del relieve, en donde fluyen corrientes hídricas superficiales o subterráneas, alimentando el manto fríasico y atrayendo humedad en la atmosfera (clima). La definición de cuenca no establece límites en cuanto la extensión de su superficie, por lo que con base en su tamaño puede percibir denominaciones tales como cuenca, subcuenca, microcuenca”¹⁸. La importancia de la cuenca es que presenta la interacción de los seres humanos, fauna, flora, tierra (suelo), agua, clima (humedad), es un espacio geográfico vital.

Reiterando al conformar esta aproximación entre Cambio Climático y Desastre lo llevo a la simplicidad de ocasionados por fallas humanas, entre Vulnerabilidad – Riesgo – Desastre y la escala Local – Regional – Global, lo cual nos reubica en la Crisis Ambiental, en donde Nogue Font J. y Vicente Rufi J. (2001) expone, “la crisis ambiental, la respuesta ecológica está enfocada en las vías de la sensibilización de los seres humanos por los crecientes problemas actuales, entre tantos procesos de corrupción de los ciclos naturales y todo el abanico de respuestas marcan los primeros discursos ambientalistas entre otras tantas

¹⁸Fideicomiso de Riesgo Compartido FIRCO y el Manual de Obras y Prácticas. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (1980). Pág. 17 - 28

manifestaciones, que para los años setenta, se puntualiza en innumerables foros internacionales y llegan incluso a ser tema central de los medios de comunicación (mediáticos), la citada crisis ambiental, que estalla a partir del despilfarro de la sociedad de consumo y del crecimiento de la población en el planeta”¹⁹, esta conjetura nos conlleva a la comprensión esencial de consolidar la concientización, sensibilizar a los seres humanos que son un elemento conformador del todo complejo, desde la convivencia y el saber ser consigo mismo y con el otro, esto expondrá mayores posibilidades de planificar y prever el impacto con el ambiente, por lo que un instrumento de acercamiento se especifica desde La Secretaría del Medio Ambiente D. F. (SMA DF) y la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA) Regional 1 en su zona de influencia :La Magdalena Contreras tiene Suelo de Conservación de 119 has. con 5.9%, Álvaro Obregón tiene Suelo de Conservación de 735 has. con 3.1%, Cuajimalpa tiene Suelo de Conservación de 593 has. con 7.5%. Esta Región se conforma con una gran cantidad de bosque, con suelos aluviales permeables con buenos nutrientes, con gran humedad, clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano, parte alta, semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, parte media, templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, parte baja, con gran cantidad de escurrimientos superficiales y subterráneos, agua, infiltración que nutre a los mantos fríasicos, proporcionando una biodiversidad considerable entre flora (Bosque), fauna. Escamilla L. (2012 loc. cit.) expresa que “esta zona en su historia, entre los insumos esenciales para la vida se han venido desarrollando las actividades de saqueo y uso considerable; en aserraderos, madera, leña, carbón, suelo, agua, flora y fauna, agricultura, ganadería y situaciones urbanas.

El cambio del suelo de conservación, se ha presentado de uso de suelo de forestal-agrícola, agrícola-urbano y forestal-urbano, el cual durante la presidencia de Miguel Alemán (1946-1952), se comenzó a presentar este proceso en el Parque Nacional Cumbres del Ajusco ya que gran parte de bosque fue cedido a las industrias papeleras Loreto y Peña Pobre, las que encabezaron un ambicioso y desmedido programa de tala forestal que entre otras zonas de importancia como el bosque de San Nicolás”, abriendo el camino para la exploración, expansión, explotación de la naturaleza como un recurso natural y la traza urbana indiscriminada de

¹⁹Nogue Font J. y Vicente Rufi J. (2001) pág. 189 - 200



la región. “Y entre algunos de tantos procesos de tratar de contrarrestar este impacto con el ambiente; para el año 2011, el Programa de apoyo COUSSA de la SAGARPA, comenzó una aproximación a esta zona del paraje Chichicarpa realizando trabajos de rehabilitación de infraestructura productiva y la construcción de obras de conservación de suelo y agua dentro de esta región.”

De acuerdo con la investigación que nos atañe el Grupo Técnico Operativo (GTO 2012 loc. cit.) plantea que “la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA DF) y la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA) Regional 1 en su quehacer teórico-práctico, esbozan el instrumento que busca garantizar la permanencia del suelo de conservación en la cuenca de México y su Zona Metropolitana por medio del Programa Fondos de Apoyo para la Conservación, Preservación y Restauración de los Ecosistemas en el Suelo de Conservación y Aéreas Naturales Protegidas (PROFACE 2008) con sus Subprogramas: Fondos para la Conservación y Restauración de Ecosistemas (FOCORE) y Apoyo para la Participación Social (APASO). Reiterando que apoyan la Participación Social en Acciones del Suelo de Conservación y Restauración de sus Ecosistemas con base en el Grupo Técnico Operativo (GTO-Supervisor del PROFACE CR1). Así las reglas de operación y los lineamientos de integración plantean la facultad: diseñar, planificar, ejecutar y resolver, tienen por objeto asesorar, supervisar, guiar, dar atención (seguimiento), regular los procedimientos y alcances establecidos, desde la convivencia de los habitantes favorecidos inmediatos con el suelo de conservación y los posibles proyectos y programas de trabajo (jornales – mano de obra), estos planteamientos se elaboran en grupos de trabajo desde su propia organización social (ejidal, comunal y vecinal), con referente a sus acuerdos, asambleas y próximos convenios, como en el estudio de caso proyecto “Obras de conservación de suelo y agua en el paraje Chichicarpa” se sitúa dentro del Ejido San Nicolás Totolapan, tiene una categoría de protección con carácter de Reserva Ecológica Comunitaria, este grupo de trabajo se desprende de la Asamblea General de Ejidatarios y cuenta con su aval para realizar dichos trabajos, esta región se ubica actualmente en la Delegación La Magdalena Contreras del Distrito Federal, estableciendo los siguientes límites: al Norte con la colonia La Carbonera; al Oriente con el Pueblo La Magdalena Atlitic y la colonia La Concepción; hacia el Sur-Oriente con las colonias Héroes y Torres de

Padierna (pertenecientes a la Delegación Tlalpan). Además, en dicha zona, colinda con el Pueblo Santo Tomás Ajusco, y al Poniente con los Pueblos Atlapulco, Jalatlaco y San Miguel Almaya pueblos que pertenecen al Municipio de Xalatlaco Estado de México.”

Lauro Escamilla (2012 loc. cit.), expone que “la Secretaría del Medio Ambiente del D.F. a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México realiza la rehabilitación y construcción de colectores marginales sobre los cauces secundarios y cauce principal en el río Eslava, sobre todo en lo que se refiere a la zona urbana y cuyo objetivo es separar las aguas residuales provenientes de los asentamientos humanos irregulares de los cauces naturales. Estas actividades han ido dando una solución de manera paulatina a las diversas problemáticas planteadas en Rancho viejo, Rancho Tuerto, Chichicarpa, Surco de Encinos, Tierra Colorada.”

De manera general el proyecto considera el aspecto general del impacto con el ambiente (desastre) y sus posibles aproximaciones con lo referente al cambio climático; respecto a esta influencia humana, en ese cambio de suelo de conservación (bosque), a uso habitacional (urbano), afectando en primer instancia a la microcuenca del río Eslava (agua) y en específico el paraje Chichicarpa (contaminación de suelo y derribo de arboles), al establecer zonas de concreto en suelo y azoteas, modificando la infiltración al manto acuífero, manifestándose principalmente en la parte media de la cuenca, esta zona se ubica dentro de un abanico aluvial, con deposición de procesos erosivos de la barranca conocida como Puente Volado - paraje Chichicarpa se sitúa al Este de la Microcuenca, haciendo frontera entre lo que es el suelo urbano y la zona rural.

Esta zona tiene una extensión de uso agropecuario principalmente de aproximadamente 50 has. donde se combinan las actividades de agricultura y ganadería de forma tradicional, y cierto grado de tecnificación. Aunado a esto, se ubican alrededor de cinco manantiales por los cuales aflora agua todo el año; sin embargo y debido a que se encuentran y siguen creciendo una gran cantidad de asentamientos humanos irregulares con un cambio de uso de suelo de forestal-urbano, denominando así la zona de desastre, los ojos de agua son manipulados de manera clandestina captando la misma desde el nacimiento sobre el manantial, por otro lado, utilizan los cauces para realizar descargas



domiciliarias contaminando las aguas de escorrentía temporal y permanente, al respecto se ha tratado de sensibilizar, concientizar a los habitantes responsables de este impacto con el ambiente, proponiendo opciones, respuestas, hacia esta estancia y la contaminación generada, la iniciativa técnica de construir baños secos entre otras tantas sugerencias, ya que este proceso al trabajarlo conforma composta reutilizable y benéfica en armonía con el ambiente, así estas asesorías han sido escuchadas pero no aplicadas por la influencia inmediata de satisfacer sus necesidades elementales al mínimo esfuerzo, estos sucesos han repercutido en gran medida en gran parte del lugar en cuestión como lo correspondiente a la parte central del Valle en donde se ubica un canal de demasías el cual en su parte media es contaminado por aguas negras que provienen del asentamiento humano irregular denominado Tierra Colorada 4ª sección, ocasionando modificaciones al bosque, agua, suelo, humedad atmosférica, influyendo a los cultivos, ganado y habitantes (vecinos), es conocer lo referente al cambio climático desde las causas - efectos entre ser humano - naturaleza y su correspondencia en el acontecer de la existencia entre ambiente, ser y hacer, al establecerse estos conglomerados humanos en búsqueda de satisfacer una de sus tantas necesidades elementales, referentes a las escasas posibilidades de adquisición y sobrevivencia que ofrece este país (México), en su acontecer cotidiano presenta este suceso social de asentamiento humano irregular, y en particular en el paraje Chichicarpa (ladera oriente), por lo que es de suma importancia acentuar esfuerzos, atención al suelo de conservación ya que en cada cambio de sexenio se ven afectados estos espacios fundamentales para el sustento, equilibrio ambiental que beneficia y favorece a toda la población.

Conclusiones

Este Análisis parte de la Educación Ambiental de los habitantes inmediatos en interacción con el suelo de conservación, los cuales establecen un acercamiento desde su comportamiento en su espacio ocupado en la integración ser humano-naturaleza, de la comunicación desde su familia hacia el conglomerado social y los referentes de sobrevivir de las actividades prácticas, trabajo conformado en sus propias organizaciones sociales que establecen ciertas situaciones de identidad e integración, entre inclusión y exclusión. A partir de la pulsión del saber ser consigo mismo y con el otro, consolidando los parámetros de su propia convivencia, y su quehacer con sus dirigentes,

acuerdos, asambleas, convenios, así es importante en este sentido transmitirles ciertas asesorías con respecto a lo anterior y sobre los proyectos en suelos de conservación, en búsqueda de recobrar esa armonía con la naturaleza, replanteada y especificada en los objetivos de esta Investigación; tomando a la Educación Ambiental como solución, desde sus indicadores hacia el Simulador como un proceso fundamental de requerir apoyo específico para su aplicación y efecto.

El análisis regional mostrara una apropiación mutua (naturaleza – ser humano), desde el impacto con el ambiente que deberá ir de la mano del fomento político, ético, jurídico de la valoración de los derechos ambientales en relación e integración con el bien común, el bienestar social, la equidad social y los derechos sociales.

Calderón Vivas. D. (2012 loc. cit.) establece que “a partir 1980 se conforma el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y el Manual de Obras y Practicas. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con sus Planes Rectores de Producción y Conservación (PRPC), por microcuencas y por poligonales(1980), en lo sucesivo se promueve el Programa de Empleo Rural (PER), Agropecuario, consolidado por la Secretaria de Desarrollo Ecológico (SEDECO 1999).

Para el 2001 se crea el Programa de Fondos Comunitarios para el Desarrollo Rural Equitativo y Sustentable (FOCOMDES) y el Programa Integral de Empleo Productivo y Sustentable (PIEPS), los cuales destinaron recursos financieros para el apoyo de actividades agropecuarias, ecoturísticas, agroindustriales y artesanales, con la finalidad específica de asegurar la conservación de las zonas de cultivo y boscosas del Distrito Federal con la permanencia de los valores y servicios ambientales que se destinan a la Ciudad, a través de la aportación a los productores rurales, usufructuarios legales del Suelo de Conservación de apoyos económicos en programas de inversión de conservación, vigilancia y recuperación ambiental.

Estos Programas tuvieron presencia de 2001 a 2007, periodo en el cual el Gobierno del Distrito Federal determinó crear la Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades (SEDEREC), haciendo de su competencia el establecimiento y ejecución de las políticas y programas en materia de desarrollo rural y equidad,



dejando la atención de los servicios ambientales a la Ciudad y el Valle de México bajo la responsabilidad de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA), a través de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (DGCORENA), con su Programa Fondos de Apoyo para la Conservación, Preservación y Restauración de los Ecosistemas (PROFACE 2008) y sus Subprogramas: Fondos para la Conservación y Restauración de Ecosistemas (FOCORE) y Apoyo para la Participación Social (APASO). Reiterando Apoyan en la Participación Social en Acciones del Suelo de Conservación y Restauración de sus Ecosistemas”.

Con base en el Grupo Técnico Operativo (GTO 2012 loc. cit.); “el FOCORE: 2008, benefició a 24 grupos y 251 beneficiarios. En el 2009a 15 grupos y 163 beneficiarios. 2010a 12 grupos y 116 beneficiarios. 2011a 17 grupos y 199 beneficiarios y para el 2012 lleva 8 grupos y 84 beneficiarios.

Con un Total de 76 grupos beneficiados y 823 beneficiarios. El APASO: en el 2008 benefició a 85 grupos y 838 beneficiarios. 2008 a 85 grupos y 838 beneficiarios. En 2009a 99 grupos y 1128 beneficiarios. Para el 2010 apoyó a 38 grupos y 505 beneficiarios. En 2011a 47 grupos y 829 beneficiarios y en 2012a apoyado a 48 grupos y 916 beneficiarios, con un total de 317 grupos beneficiados y 4,216 beneficiarios. Estos grupos – núcleos se establecen desde sus propias organizaciones sociales; comunal, ejidal y vecinal, en la Magdalena Contreras se conforma por tres núcleos; San Nicolás, San Bernabé y La Magdalena. Álvaro Obregón por San Bartolo, Santa Rosa y Torres de Potrero. Cuajimalpa; San Lorenzo, San Mateo y San Pedro”.

Escamilla L. (2012 loc. cit.) “Otro de los planteamientos para favorecer y mantener el suelo de conservación sea planteado desde proyectos de investigación, tesis de licenciatura, maestría, doctorados y algunos planes entre otras propuestas, como el Plan Verde que bajo este planteamiento, en el año 2007 se conforma el Programa de rescate de las cuencas de los ríos Magdalena y Eslava.

La Universidad Autónoma Metropolitana desarrollo el Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del Río Eslava (2007), el cual se justifica el contexto general de las problemáticas que en materia hidrológica, hidráulica, urbana y ambiental que padecen tanto el Distrito Federal como la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El programa de salvamento de los ríos Magdalena y Eslava se fundamenta en una visión integral, con un horizonte de largo plazo. Y El programa de rescate de las microcuencas del río Eslava que encabeza la Secretaria del Medio Ambiente del D.F., ejecutó El programa de control de erosión de cuencas; acciones concretas que comienzan en la parte alta de la microcuenca río Eslava y cuyo objetivo principal es el captar la mayor cantidad de agua posible para la recarga del acuífero en el Valle de México.”

En particular la microcuenca del río Eslava, paraje Chichicarpa viene consolidando esa recuperación del ambiente desde la percepción, interpretación de la susceptibilidad de los habitantes y su capacidad de respuesta en el espacio ocupado, y los asentamientos irregulares en constante riesgo (establecidos en pendientes prolongadas frágiles de deslaves, desgajamientos y propiciando conflictos sociales), conformando así esa perturbación social (desastre), desde el río, agua, suelo, bosque, clima, hacia al cambio de uso de suelo; de Forestal–agrícola, agrícola–urbano y forestal–urbano, en esta convivencia socio-ambiental, que en lo sucesivo se aplicaran las acciones de conservación y preservación que tratan de recuperar el ambiente en este paraje, desde lo heurístico e integración con respecto al suelo de conservación, en primer instancia aplicando los planteamientos teóricos a lo práctico, dando así más de una respuesta y opción con respecto a los procesos de desastre como escala hacia el cambio climático, ubicando la problemática de inicio por injerencia humana–social. Así podemos decir que la Educación Ambiental si es un proceso de solución ante esta problemática proyectada y que el continuar contemplando al concepto Medio Ambiente desde lo planteado por la Real Academia de la lengua Española (Diccionario 2005 op. cit.) lo define como “el conjunto de circunstancias físicas que rodean a los seres vivos”; Medio, medius, mediar, neutro, a la mitad de algo que está entre dos extremos, es el centro de algo. Ambiente, ambiens, ambere, ambientar, conjunto de características históricas o sociales que rodean un cuerpo, en ambos lados.

En este proceso de definir se consideran lo mismo al estar juntos los conceptos, y por separado se definen de diferente manera”, esta conceptualización aplica en cierta forma confusión hacia la problemática actual, insistiendo con base en lo expuesto por Bortolozzi (2009) “México en la década de los años cuarenta propusieron poner en marcha programas de educación dirigidos a la



conservación de los recursos naturales, en especial, forestales (Enrique Beltrán Castillo 1946), quien recomendaba la inclusión de conceptos básicos de la conservación, en todos los niveles de educación primaria y secundaria.

Y entre los setentas y ochentas se propaga el concepto distorsionando hacia la inclusión del concepto medio ambiente en todas las instituciones o terminaciones con esta problemática del deterioro del recurso natural²⁰. Por su parte la Secretaria de Educación Pública, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, y la Secretaria de Salud (1986), “establecen la transición del docente-alumno y comunidad en una construcción participante que repercute en lo individual a lo social con el ambiente. Los objetivos que se persiguen, es la concreción de esta, en un factum legal, relativa a la protección del Medio Ambiente y el eficiente manejo de los recursos naturales, desde los parámetros del Programa Nacional de Educación Ambiental (PRONAE)”²¹. En este mismo orden de ideas en específico el programa de la Secretaria de Educación Pública (SEP 2006 vid.) en el rubro ambiental, “establece los temas de acuerdo a Gutiérrez Roa J. (1999), como el que la naturaleza está trabajando nuevas maravillas para nosotros, además de instaurarlo como una aventura, un viaje de ida y vuelta”²², busca transmitir cierto acercamiento del educando con la naturaleza y que participe asegurando la adquisición de herramientas para enfrentar un mundo laboral cada vez más versátil demandante de una personalidad integral,

20 Bortolozzi (2009)

21 Programa Nacional de Educación Ambiental, Introducción a la Educación Ambiental y Salud Ambiental (1986), Secretaria de Educación Pública (SEP), Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), Secretaria de Salud (SSA) ¿Y el Medio Ambiente? Problemas en México y el Mundo. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT-2007), Secretaria de Educación Pública (SEP), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y EL Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN).

22 Nivelación Pedagógica, Por La Dirección General De Educación Normal, Actualización Del Magisterio en México. D. F., y la Secretaria de Educación Pública (SEP). México D. F. 2002 – 2003 y por el Taller de Asesoría Técnico Pedagógico Para la Docencia, Curso de Geografía y Educación Ambiente, Nivel Secundaria, Realizados por la Secretaria de Educación Pública (SEP). Subsecretaria de Servicios Educativos para él, Distrito Federal México D. F. 1998 – 2010.

contemplando en este sentido una total contradicción en gran parte de la reforma educativa ya que trata el ambiente desde una perspectiva separada (seres humanos–naturaleza), en cierta forma condicionada y favorable hacia el sistema dominante, como se especifica el proceso de la Reforma Integral Educativa de acuerdo al diplomado del Programa de Formación Docente de la Educación Media Superior (PROFORDEMS 2011 vid.) y las “competencias genéricas, disciplinares y profesionales (integra conocimiento habilidades y actitudes), que viene a especificar el concepto aprendizaje como que ocurre solo si se satisfacen una serie de condiciones académicas integrales – transversales y que el individuo sea capaz de relacionar la información con los conocimientos - experiencias, que en lo correspondiente a la situación de competencia laboral se toma desde un aspecto individualista ante la sociedad.

Señala que las competencias deben individualizarse a pesar de su trabajo colectivo en la academia, con esto se permite el trabajar con independencia y a su propio ritmo”. Reiterando, por expresiones de los mismos egresados que en cuestión laboral se ven entre excompañeros como competencia a vencer y agudizándose esta postura con la Reforma Laboral con sus propuestas de contratos a prueba, salarios por hora para contemplar así una competitividad laboral de calidad, esto se ha presentado con base en esta “perspectiva, transversal, formadora de personas integrales, congruentes, en la enseñanza-aprendizaje y el aprender–aprender, de la interculturalidad y la diversidad de creencias, valores, ideas y prácticas sociales, con ciertos niveles de concreción, interinstitucional, institucional, escuela, aula (sujeto-sujeto)”²³, la cual sea visto rebasada, apreciándose en este mismo sentido una manipulación, confusión en cuanto al respeto, ética, pluralidad, tolerancia, otredad y sobretodo en la convivencia.

Por lo tanto el seguir entendiendo en este sentido el medio ambiente solo tendera a confundir y malinterpretarse, justificando así los procesos de desastre o cambio climático (ocasionados por fenómenos naturales) ya que solo tendrá una respuesta para atender, resolver, y no tendrá más opción que la tecnificación, mecanización,

²³Diplomado: En Competencias Docentes en el Nivel Medio Superior (PROFORDEMS-SEP) Quinta Generación 2011, Por La Secretaria de Educación Pública (SEP), Sede Universidad Del Valle De México (UVM-Coyoacán), Región Ciudad de México.



computacional, para solucionar tendiente a culpar a los fenómenos naturales como los causantes de los impactos con el ambiente, por lo que no se pueden predecir y ante ellos nada se puede hacer ni planificar los proceso de prevención. Moise (1998 ob.), “nos establece que la *Prevención* se determina desde la apertura y el encuentro con el otro (versus poseedores privilegiados del saber), en el aquí y ahora (anticiparse a aquello por venir), implicando el fortalecimiento de lo sano y lo creativo que cada uno posee (evitar). Hablar de prevención, se refiere a todas aquellas acciones que llevarían a evitar la aparición o desarrollo de algún problema que surge necesariamente del encuentro, es estar en cierta forma comprometido con el otro y con su realidad.

En este sentido, frecuentemente se habla de poblaciones en riesgo, haciéndose referencia a factores que aumentan con su sola presencia, en donde es de suma importancia puntualizar el no tratar de ocultar los verdaderos determinantes de las situaciones que aquejan a las personas y su vulnerabilidad, por lo que propone en esencia la participación comunitaria ya que esta se ha considerado como un derecho social, en donde las comunidades reivindiquen su derecho a determinar sus prioridades, seleccionen sus opciones e intervengan en las decisiones sobre los hechos que van a afectar sus propias vidas. Se refiere a la participación de la gente tanto en la construcción y aplicación de programas comunitarios, como en el diagnóstico de la situación y en la evaluación de las necesidades²⁴. Macías J. M.(2000 loc. cit.), nos dice que *Prevención*: “no solo tiene que ver únicamente con los aspectos genéticos o de salud, sino también con los sociales, la prevención: Significa tomar medidas anticipadas para reducir el desastre, eliminando las barreras sociales, en donde no se pierdan las responsabilidades del Estado, enfocándose en proveer de realidades en los resultados, esto no tiene que ver con una definición de prevención si no con el derecho de prevención, se requiere una visión social más que una discriminación de las condiciones individuales, se trata de una percepción en la interrelación del individuo con su medio, ya que esto varía en los derechos de las personas, así la prevención no puede reducirse a las medidas de mitigación y recuperación, es tomar en cuenta las condiciones globales de la población sujeta a riesgo para tener un elemental grado de eficiencia y que no se obstaculice el ejercicio de la prevención de desastres, quiere decir, en primer lugar anticiparse a

ellos, reconocer que pueden ocurrir y conocer cómo y en dónde sucederían según la naturaleza del impacto esperado”.

Así desde la perspectiva de la educación ambiental tomada como la convivencia del ser humano, del saber ser consigo mismo y con el otro, en esos procesos de atención (antes–durante–después) desde el conocimiento, la experiencia, la percepción, interpretación e integración, de que el ser humano es un elemento conformador del todo complejo, que es naturaleza, en búsqueda de la equidad social, bien común, bienestar social, en un espacio y tiempo determinado, sea contemplada educación ambiental, como contribuye en los procesos de recuperación del ambiente, desde las narraciones del habitar, de sus organizaciones sociales más simples (experiencia, conocimiento intuitivo), retomando la visión del espacio ocupado (el ordenamiento territorial) para satisfacer sus propias necesidades, en este mismo orden de ideas a la educación ambiental se asimila como coadyuvante en los procesos de prevención ante el desastre.

Se trata de sufragar, argumentar, un compromiso con responsabilidad y participación del ser humano como un elemento conformador de la naturaleza, dejando de lado esa visión utilitaria, esos vicios monetarios-consumismo que sólo tratan individualmente y abiertamente la manipulación, el control, el poder, el sometimiento del sujeto–sujeto, sujeto-objeto, que en consecuencia confunde los proceso de los valores, las normas, sentimientos, la moral, el respeto, hacia el otro, por lo que es necesario y se esclarecen así puntos de interacción hacia la educación ambiental, que plantean ciertos motivos, situaciones específicas en el estudio, y es que una vez analizados los elementos obsoletos que discriminan, excluyen, me interesa formular propuestas asertivas de tipo inclusiva.

Para este acercamiento en la aplicación conceptual de la Educación Ambiental nos basaremos en el comportamiento en esa asociación, armonioso con el ambiente (integrándose). Es percibir, interpretar, incluirse, basándose en la expresión con imaginación, donde esta práctica docente se replantee como una construcción social en relación directa con la experiencia, el conocimiento intuitivo acumulado (signos, símbolos, imágenes, paisaje), con necesidades de corroboración científica, nociones heurísticas respecto a las capacidades de integración para develar aspectos que permitan reconstruir su relevancia para el pensamiento

²⁴Moise (1998), pag. 11 – 26 y 70 – 80



contemporáneo comprendiendo así la convivencia del ser humano con la naturaleza en sus procesos actuales, que nos permita reconstituir su distinción desde los parámetros Conceptuales–Teóricos–Históricos, sobre contextos específicos causas y efectos, espacio y tiempo. Pasado–Recobrar, Presente–Manifestar, Futuro–Proponer y Prever.

Con respecto a lo anterior es buscar desarrollar un simulador desde la educación ambiental que se aplique en estos momentos de crisis ambiental, hacia los posibles procesos de solución (Inclusión) y recuperación del ambiente. Es retomar el satisfacer las necesidades elementales para la vida y dejar de lado esas necesidades construidas, para en este sentido contrarrestar el consumismo, el proceso de tener y obtener.

Octavio Paz (1998 ob.) nos plantea que
Todos “somos siendo, ausencia y presencia” - temporalidad.

Retoma a Machado;

“El hombre es, ese continuo proyectado a lo que no es el mismo
sino deseo”.

“El hombre es un ser que no es, sino que se está siendo”.

“Es un ser que nunca acaba de serse, es un deseo de ser”.

“El hombre se imagina y al imaginarse se revela en una unidad
indivisible, en donde la otredad culmina en la unidad”.

Así Octavio Paz específico que “el orto es también yo”²⁵.

²⁵ Paz O. (1998) El Arco y la Lira



Percepciones del cambio en la variabilidad climática en dos comunidades Zoques de Chiapas, México.

María Silvia Sánchez Cortés ¹ y Elena Lazos Chavero ²

¹ Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

² Instituto de Investigaciones Sociales. Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

Este trabajo se realizó en dos comunidades Zoques de Chiapas durante el periodo de 2004 a 2009. El componente climático es parte importante de las percepciones que tienen los campesinos de su entorno, puesto que la consideración del clima es fundamental para el desarrollo de sus labores agrícolas.

Al respecto, existen pocos trabajos que documenten las percepciones indígenas del cambio en el clima y variabilidad climática local así como consecuencias. Para el estudio se consideraron las percepciones de 120 ejidatarios y sus esposas. Las preguntas de investigación se enfocaron hacia el conocimiento del clima local, qué se percibe como cambio en el clima, cómo es explicado y a qué causas lo atribuyen.

Las personas señalan cambios en los patrones de lluvia y el incremento de la temperatura. Las percepciones son diferenciadas de acuerdo a la experiencia agrícola, el género, la edad y la vinculación con eventos particulares como la erupción del volcán Chichón, que marca referentes temporales en la percepción.

Con fines complementarios, se analizó la información de las variables de precipitación y temperatura de los últimos treinta años, para considerar la información aportada por los datos del clima y las percepciones. En este estudio, se conceptualiza al cambio climático como la variación de las condiciones climáticas en periodos largos de tiempo, con expresión local y global.

Una vida humana no cubre periodos largos de tiempo para visualizar los cambios en el clima de un lugar, pero la persona sí puede ser testigo y a lo largo de su vida, experimentar en una microrregión la variabilidad climática y dar cuenta de ello.

Introducción

Este trabajo forma parte de una investigación más amplia acerca de las percepciones del cambio ambiental, expresadas por habitantes de dos comunidades Zoques de Chiapas (Sánchez-Cortés 2011). El estudio se realizó de 2004 a 2009 en San Pablo Huacanó, Municipio de Ocoatepec, lugar ubicado en un sitio montañoso de clima templado y con presencia importante del idioma Zoque. La otra comunidad es Copoya, localizada en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, en la depresión central de Chiapas, de clima cálido y en donde el Zoque se ha dejado de hablar desde hace varias décadas. Ambas comunidades son poseedoras de historias y ambientes diferentes, que comparten antecedentes culturales Zoques enmarcados en una misma matriz cultural mesoamericana. Las diferencias de ambas comunidades nos permiten acercarnos a comprender las experiencias y respuestas locales de sus habitantes, ante los cambios ambientales como lo es el climático.

Para conocer la percepción del clima y su cambio, se entrevistaron a 60 ejidatarios y sus esposas en cada comunidad, para entender que es lo que perciben como cambio en el clima, cómo lo explican y a qué causas lo atribuyen. A su vez se entrevistaron con mayor profundidad a informantes clave, quienes describieron el calendario del clima local, el cual tiene un papel importante en las expectativas del tiempo esperado a lo largo del año, como la temporada de lluvia o de seca. Por otra parte, se analizaron los datos climatológicos de la zona para tener dos fuentes de información, la proveniente de las percepciones y la climática con datos de precipitación y temperatura.

En esta investigación se conceptualiza al cambio climático como la variación de las condiciones climáticas en periodos largos de tiempo que pueden ser de décadas, siglos o milenios, con un carácter de expresión local y global. Un posible cambio en el



clima puede detectarse en las alteraciones de los valores medios o extremos de las variables climáticas (Stehr y von Storch 1995; Smit *et al.* 2000; Hageback *et al.* 2005; Conde 2006). Una vida humana no cubre periodos largos de tiempo para visualizar los cambios en el clima de un lugar, pero la persona sí puede ser testigo y experimentar en una microrregión la variabilidad climática. Esta se define como las fluctuaciones del clima en periodos de tiempo cortos (condiciones meteorológicas), pueden ser interanuales o entre décadas. La variabilidad climática forma parte del clima y el cambio a largo plazo que pueda presentarse en él (Conde 2006).

Calendario local del clima en San Pablo Huacánó y Copoya

En diferentes comunidades indígenas de México, el conocimiento del clima local se expresa en el tiempo esperado (clima característico de un lugar o región) y el tiempo que hace (condiciones meteorológicas). A este conocimiento del clima se articula la cosmovisión para predecir y explicar los fenómenos meteorológicos. En el caso de los Zoques de San Pablo Huacánó, aún se describe a un ser sobrenatural que administra la lluvia, “Don Rayo” quien da permiso para el aguacero y el norte, el primero implica lluvias fuertes y el segundo, lluvias ligeras durante varios días. Las serpientes también son asociadas al agua, a la lluvia, al viento y a los rayos (Baez-Jorge 1979, 1983). Don Julio Hernández anciano Zoque, señaló a la presencia de tres serpientes asociadas al viento: la *Mua tzat* ó *Awayuhuala*, la cual ocupa un sitio primordial en el mundo sobrenatural (Baez-Jorge *et al.* 1985); la *Neñaksumu*, serpiente que hace viento, sube a los árboles y cuando baja se va al mar; y por último la serpiente *Tzitzat*, encargada de hacer el arcoiris o *jungüwi'ts*, aliento de la serpiente que aparece cuando llueve.

Para predecir eventos meteorológicos próximos, los Zoques consideran a las fases lunares, así en luna llena “la lluvia se va” y cuando está tierna “trae agua” (Baez-Jorge 1985). A su vez, diversos animales, como las aves son indicadoras de lluvia ó aguacero, como el pájaro vaquero, la chachalaca (*Ortalis vetula*) y la pi'ja. Esta observación es diferente a la de aves específicas que revelan la presencia de los nortes o cambio del tiempo, como el golonchaco (*Odontophorus gutatus*) y el pájaro

negro odi u oti¹. La hormiga chicatana (*Atta sp.*), al introducirse en sus casas, es un indicador de los nortes o cambio del tiempo.

Los Zoques de San Pablo Huacánó habitan una zona climática caracterizada por su alta precipitación y humedad (Fig. 1), y son amplios conocedores de su territorio montañoso y de los microclimas presentes en la región. Los agricultores diferencian el tipo de lluvia a lo largo de las distintas estaciones del año y enfocan más su observación a la duración que a la cantidad de lluvia para orientar sus actividades cotidianas y agrícolas. Su calendario etnoclimático está organizado en tres temporadas: tiempo de calor “Ningo Po-yá” o luna caliente; tiempo de lluvia “Tucsawa Po.yá” o luna-viento-lluvia, y tiempo de frío “Pacak Po.yá” o luna fría (Baez-Jorge 1979, 1983). Los nombres de las temporadas se asocian a la luna (Po.yá) quien tiene un papel fundamental en la cosmovisión Zoque y en el calendario agrícola. La luna es vista como la Madre Luna, la esposa del Padre Sol y está asociada a la fertilidad. De esta manera, la luna menguante tiene un significado de crecimiento, la luna llena o cuarto creciente, simboliza la madurez, de ahí que no se siembre ó coseche en esta fase lunar, atribuyen que el maíz no crece o bien los granos se apolillan. El viento tiene un papel importante en el clima, la temporada de Tucsawa o viento Norte, es asociado a la presencia de la lluvia-viento-frío en los meses de junio a octubre.

En el caso de la comunidad de Copoya, el clima se caracteriza por presentar dos estaciones bien marcadas, el de lluvia y el de seca (Fig 2.). En las entrevistas realizadas, no se encontró la presencia de un calendario etnoclimatológico, pero sí la creencia en las cabañuelas² relacionadas con el tiempo esperado para el año, como lo señala un ejidatario de 78 años: “*Los viejitos en año nuevo ya se fijaban en las cabañuelas, día primero, enero. Al otro día febrero, al otro día marzo, hasta diciembre, en los doce días se fijaban ellos*”. Desde su perspectiva actual, el conocimiento del clima por parte de los ejidatarios, es expresado de acuerdo al calendario esperado del clima, con un tiempo de secas, de octubre a mayo, y tiempo de lluvias que inicia a finales de mayo hasta septiembre, con sus respectivas variantes. Este calendario, más la

¹ Los nombres comunes de las aves no se pudieron verificar con las especies en campo, únicamente fueron mencionadas en las entrevistas realizadas.

² Este sistema de predicción fue introducido por los españoles (Katz *et al.* 2008)



topografía y ubicación de su parcela de acuerdo a la exposición a los vientos, son elementos

considerados para la siembra de diferentes variedades de maíz.

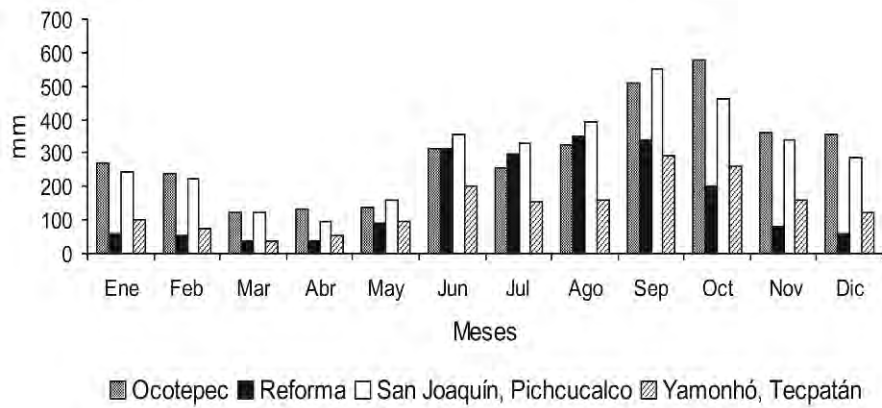


Figura 1. Precipitación normal en la red de estaciones climatológicas para San Pablo Huacán: 1971 a 2000. Fuente: Sánchez-Cortés y Lazos (2011)

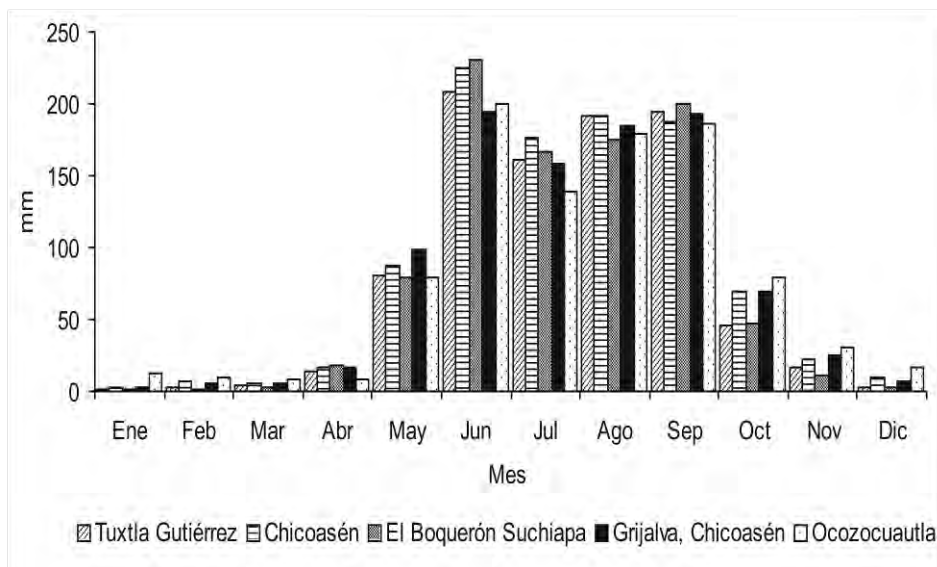


Figura 2. Precipitación normal en la red de estaciones para Copoya: 1971 a 2000. Fuente: Sánchez-Cortés y Lazos (2011).



Para algunos agricultores, las predicciones de las condiciones climáticas anuales, también pueden orientarse por el comportamiento fenológico de plantas particulares como el totoposte (*Licania arborea* Seem), lantá (*Pseudobombax ellipticum* (H.B.K) Dugand), candox (*Tecoma stans* (L.) H.B.K) y el carrizo. Cuando florecen más de lo normal significa que el siguiente año será bueno para la siembra en lo que a lluvia se refiere. Los conocimientos meteorológicos relacionados con la lluvia, suelen basarse en la presencia de coronas o halos alrededor del sol y la luna, para ellos significa la presencia de lluvia inmediata, o bien que dejará de llover.

Los ejidatarios observan a su vez, el comportamiento de los animales, sobre todo de aves específicas como la chachalaca (*Ortalis vetula*), sinsonte, la cuichi o codorniz y el cincocó³. La conducta de vacas, burros y cerdos, también es significativa para las personas, pues observan que el ganado grita “es como si se pusieran contentos porque saben que lloverá”... “mi puerquito en la mañana andaba cargando rama y andaba corriendo, esa es seña de que va a llover”. Los indicadores de cambio en el tiempo, como la presencia de lluvias de varios días, tienen relación con la hormiga conocida como “ronda”, o aves específicas como el “llama norte”. Este último también se relaciona con el fin de la temporada de lluvias. Al igual que en San Pablo Huacán, estos conocimientos meteorológicos son expresados de manera diferencial por parte de la población, además de que cada vez son menos las personas que se dedican a la agricultura.

Algunos ejidatarios relatan que sus abuelos mencionaban a Don Rayo, ser sobrenatural dueño de la lluvia, los truenos y rayos, los cuales a su vez se relacionan con las serpientes. Sin embargo, la mayoría de las señalaron no conocer bien la leyenda “... de Don Rayo recuerdo muy poco...decían que cuando está lloviendo mucho... eran personas, se ponían de acuerdo para que empiecen a lanzar truenos para que pare el agua, y también truenos para que lloviera”. Por otra parte aún tienen vigencia algunas creencias que asocian a las serpientes con el agua. Diferentes ejidatarios relatan que existe una serpiente grande, que nadie ha visto, pero cuando pasa por un determinado lugar del ejido, se distingue porque queda

³ Los nombres comunes de las aves no se pudieron verificar con las especies en campo, únicamente fueron mencionadas en las entrevistas realizadas.

escarbado ó derrumbado y se forman zanjas con agua o una vertiente (manantial) que no se seca fácilmente. Una creencia relacionada con las montañas y el agua, es la de considerar en el territorio, la existencia de cerros de agua y cerros calientes. El cerro Matumactzá, es de agua, explican que de él provienen manantiales o bien, bajo su superficie se encuentra mucha agua. Al Cerro del Zanate se le atribuye la denominación de “caliente”. Estas creencias son similares para diferentes pueblos de Mesoamérica, al asociar a las montañas como receptáculos de agua, incluso a manera de vasijas o jarras (Katz *et al.* 2008).

En Copoya es señalada como parte de los conocimientos Zoques de sus padres y abuelos, la relación de la luna con los cultivos y con la vida humana. “Se cosecha en luna maciza para que no se pique el maíz”, sin embargo, distintos ejidatarios no siguen a la luna para cultivar, en parte por no tener seguridad de cuándo va a llover y por ello no la correlacionan con la siembra. El campesino, ante esta disyuntiva, sigue sus expectativas del tiempo esperado para la lluvia y del conocimiento de la variedad de maíz a sembrar.

Análisis climatológico en San Pablo Huacán y Copoya

El análisis de las cuatro estaciones climatológicas⁴ cercanas a San Pablo Huacán (Cuadro 1) con respecto a la precipitación y la temperatura permitió observar posibles tendencias de cambio en la variabilidad climática microregional (Sánchez-Cortés y Lazos 2012), sin embargo, no se pueden realizar conclusiones determinantes. Los cambios relacionados con la disminución de la precipitación únicamente son más evidentes en la estación de Reforma (Cuadro 2). Su precipitación anual muestra una tendencia a la disminución ($r = -0.50$), y un incremento de los meses secos por año ($r = 0.83$). La menor cantidad de lluvia es más significativa durante el otoño ($r = -0.75$) e invierno ($r = -0.81$). Con respecto al comportamiento de la frecuencia de las temperaturas extremas frías y calientes no se encontraron valores significativos de posibles tendencias de cambio.

Para Copoya el análisis de las cinco estaciones climatológicas (Cuadro 3) muestran una ligera tendencia hacia el incremento de la precipitación

⁴ Para el análisis climatológico se consideraron las estaciones que contaban con el mayor número de datos continuos



anual en Ocozocoautla ($r = 0.41$), lo mismo que en primavera ($r = 0.49$). En las estaciones restantes, no se observaron tendencias significativas en cuanto a la modificación de la precipitación (Cuadro 4).

La estación de Ocozocoautla ($r = -0.55$) es la única que presenta cierta tendencia hacia la disminución del número de meses secos. En la temperatura máxima, se presentó cierta tendencia hacia la disminución en la estación de Chicoasén ($r = -0.75$).

Las temperaturas mínimas anuales en las estaciones de Tuxtla Gutiérrez ($r = 0.80$) y Boquerón-Suchiapa ($r = 0.83$) muestran un incremento significativo. En Chicoasén ($r = -0.72$) y Ocozocoautla ($r = -0.73$) se observa un descenso de la temperatura mínima. Ninguna estación presentó tendencias al incremento de días extremos calientes por año. En Tuxtla se observa cierta tendencia hacia la disminución del número de días con temperatura extremas frías ($r = -0.60$).

Percepción del cambio en la variabilidad climática en San Pablo Huacanó y Copoya

Para los habitantes de San Pablo Huacanó, los cambios percibidos en el clima se refieren a la disminución de lluvia (31%), la menor duración de los Nortes (31%), la variación en la temporada de lluvia (15%) y el incremento de la temperatura durante la temporada de calor (33%) o menos frío en los meses de invierno (54%) (Cuadro 5).

Las causas principales del cambio observado son atribuidas a la disminución de la vegetación en la montaña y a la erupción del Volcán Chichón en 1982 asociada a la creencia en el calentamiento de la “tierra” por la caída de cenizas sobre sus terrenos de cultivos.

El significado cultural se refiere a que un volcán se considera de naturaleza “caliente”, semejante a la clasificación de alimentos que los agrupa en “fríos” o “calientes”. Para los Zoques de San Pablo Huacanó, el clima es más cálido en la actualidad que hace más de 30 años, la lógica de explicación del cambio se basa en el conocimiento climático y altitudinal de sus parcelas y de su territorio.

Cuando los Zoques de San Pablo Huacanó argumentan “se calentó la tierra” están haciendo mención a que su comunidad caracterizada como “tierra fría” ha tenido cambios en su comportamiento. Sus argumentos se apoyan en el cambio del calendario de siembra. Hace 30 años en lugares fríos, sembraban durante los meses de

marzo y abril para cosechar en septiembre u octubre. Ahora señalan que las variedades de maíz de ciclo largo “se adelantan”, necesitan menos tiempo para su desarrollo, como sucede con las variedades de “tierra caliente” y ciclo más corto.

Otras consecuencias relacionadas con el “calentamiento de la tierra” es la introducción en sus solares de plantas provenientes de climas más cálidos como el café, el plátano, la naranja (*Citrus sinensis* Osbeck) y la calabaza (*Cucurbita pepo* L.). Con respecto a la pregunta de investigación relacionada con quiénes perciben los cambios en la variabilidad del clima, nos remite a la percepción diferencial entre los entrevistados.

Los hombres adultos y ancianos refieren con mayor frecuencia los cambios observados en relación con su práctica agrícola. Las mujeres al circunscribir su actividad al trabajo en el hogar y el huerto mencionan en menor medida los cambios climáticos. De ahí surge la heterogeneidad de percepciones entre géneros y grupos de edad (Fig. 3).

En la estructura de la percepción del cambio del clima interviene la comparación del clima actual con el calendario idealizado del tiempo, es decir sus expectativas (Rebetez 1996), situación similar a la señalada por Vedwan y Rhoades (2001).

Los grupos de adultos y en particular los ancianos recurren al calendario etnoclimatológico para comparar los cambios detectados en la variabilidad climática. Los jóvenes no hacen una mención clara a este calendario, la misma situación se observa con respecto a sus conocimientos etnometeorológicos para la predicción del tiempo.

La percepción del cambio del clima en Copoya se refiere principalmente a la disminución de lluvia (58%), asociando a los cambios la duración (16%) y la variabilidad de la temporada de lluvia (20%). Los entrevistados señalan el aumento de calor (48%) y disminución del frío (20%) (Cuadro 6).

De 49 personas entrevistadas, el 10% no perciben cambios de ningún tipo en el clima. El 14% se refiere a la temperatura como “clima” y señala que esta no ha cambiado pero si describen cambios en la lluvia. La principal causa del cambio se atribuye a la destrucción de la naturaleza y los árboles (Cuadro 7).



Cuadro 1. Red de estaciones climatológicas para San Pablo Huacánó

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Tipo de clima (INEGI, 2008)	Tipo de clima y subclima (García, 2004)	T anual °C	Pp anual (mm)
7365 OCO	17°13'	93°10'	1400	<i>A(C)w I(w)</i>		19.7°	3589.3
7778 YAM	17°07'	93°13'	325	<i>Af(w)</i>	<i>Am(f)(i')gw''</i>	26.2°	1041.6
7226 REF	17°52'	93°08'	558	<i>Af(w)</i>	<i>Am(f)(i')gw''</i>	25.4°	3670.5
7142 SJP	17°35'	93°03'	21	<i>Af(m)</i>	<i>Af(m)(i')g</i>	25.1°	1932.9

Tipos de clima: *Af*: semicálidos; *Af(m)*: con excelente exposición a los vientos húmedos (Alisios y Nortes); *Am*: caliente húmedo con lluvias en verano; *Am(f)* con lluvia invernal mayor de 10.2%; *A(C)* semicálidos húmedos; *A(C)w* con lluvias en verano. García (2004); Vidal (2004); Servicio Meteorológico Nacional (2006); INEGI (2008). Fuente: Sánchez-Cortés y Lazos (2011).

Cuadro 2. Comportamiento de la precipitación anual en la red de estaciones climatológicas para San Pablo Huacánó

Estación	Años registrados	% meses analizados	Precipitación anual			Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
			r	R ²	p	r	R ²	p	r	R ²	p	r	R ²	p	r	R ²	p
Ocoatepec	1985-2005	92.46%	0.13	0.01	0.59	0.31	0.10	0.19	0.09	0.00	0.70	-	0.00	0.72	0.07	0.00	0.72
Yamonhó-Tecpatán	1972-1997	99.67%	-0.31	0.09	0.13	-	0.02	0.46	-	0.02	0.48	-	0.10	0.11	-	0.00	0.86
Reforma	1966-1996	96.23%	-0.50	0.25	0.01	0.08	0.01	0.67	0.10	0.01	0.62	-	0.56	0.01	-	0.66	0.01
San Joaquín-Pichualco	1963-1990	96.13%	-0.20	0.04	0.33	-	0.00	0.87	-	0.00	0.64	-	0.03	0.38	-	0.06	0.23

R = Coeficiente de correlación

R² = Coeficiente de determinación

Fuente: Sánchez-Cortés y Lazos (2011).

Cuadro 3. Red de estaciones climatológicas para Copoya

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Tipo de clima (INEGI, 2008)	Tipo de clima y subclima (García, 2004)	Temperatura anual °C	Precipitación anual (mm)
Chicoasén-Chicoasén (CFE)	16°56'	093°05'	405	<i>A(w0)w</i>	<i>Awo(w)(i')g</i>	26.8	1,001.9
El Boquerón- Suchiapa	16°38'	093°09'	500	<i>A(w0)w</i> , <i>A(C)w0(w)</i>	<i>Awo(w)(i')gw''</i>	25.5	937.9
Grijalva- Chicoasén	16°58'	093°08'	211	<i>A(w0)w</i>	<i>Awo(w)(i')gw</i>	27.6	962.5
Ocozocuaula	16°45'	093°22'	838	<i>A(w0)w</i> , <i>Am(f)</i> , <i>A(C)w0(w)</i>	<i>Awo(w)igw''</i>	23.9	947.1
Tuxtla Gutiérrez (DGE)	16°45'	093°07'	530	<i>A(w0)w</i> , <i>A(C)w0(w)</i>	<i>Awo(w)igw''</i>	25.8	921.9

Tipos de climas: *A(w0)w* cálido subhúmedo con lluvias en verano, *A(C)w0(w)* semicálido subhúmedo con lluvias en verano y *Am(f)* cálido húmedo con lluvias en verano. García (2004); Vidal (2004); Servicio Meteorológico Nacional (2006); INEGI (2008). Fuente: Sánchez-Cortés (2011).



Cuadro 4. Comportamiento de la precipitación anual en la red de estaciones climatológicas para Copoya

Estación	Años registrados	% datos analizados	Precipitación anual			Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
			r	R ²	p	r	R ²	p	r	R ²	p	r	R ²	p	r	R ²	p
Boquerón, Suchiapa	1950-2005	100%	0.07	0.00	0.58	0.22	0.04	0.09	0.00	0.00	0.98	-0.16	0.02	0.24	0.01	0.00	0.94
Chicoasén, Chicoasén	1962-1999	99.8%	0.09	0.00	0.60	0.19	0.03	0.26	0.19	0.03	0.26	0.23	0.05	0.15	-0.05	0.00	0.74
Grijalva, Chicoasén	1965-1986, 1997-2000	97.6%	-0.15	0.02	0.46	-0.12	0.01	0.56	-0.07	0.00	0.73	-0.39	0.15	0.04	0.24	0.05	0.22
Ocozocoautla	1954-2005	99.4%	0.41	0.16	0.00	0.49	0.24	0.00	0.19	0.03	0.18	0.23	0.05	0.10	0.19	0.03	0.18
Tuxtla Gutiérrez	1951-2007	99.7%	-0.12	0.01	0.36	0.10	0.01	0.46	-0.07	0.00	0.61	-0.03	0.00	0.84	0.01	0.00	0.97

R = Coeficiente de correlación

R²=Coeficiente de determinación

Fuente: Sánchez-Cortés (2011).

Cuadro 5. Percepciones del cambio en la variabilidad climática en San Pablo Huacanó

		Jóvenes %		Adultos %		Ancianos %		Subtotal %
48 personas=100%		H	M	H	M	H	M	
Lluvia	Disminución en duración (Nortes)	6	0	10	6	4	4	31
	Disminución en cantidad	8	4	8	4	4	2	31
	Variación en la temporada	4	0	8	0	2	0	15
	Llueve más	2	2	0	0	0	0	4
	Llueve igual	0	2	0	0	0	2	4
Temperatura	Disminución de frío	4	4	21	6	10	8	54
	Aumento de calor	10	6	6	6	2	2	33
	Disminución de heladas	0	0	4	0	4	4	12
	Calor y frío igual	6	0	0	6	0	0	6
	Frío igual	0	0	0	6	2	0	8

Los porcentajes se redondearon a 0 decimales por lo que la suma no da siempre el 100%.

H = Hombres M = Mujeres. Fuente: Sánchez-Cortés y Lazos (2011).



Percepción del cambio en el clima

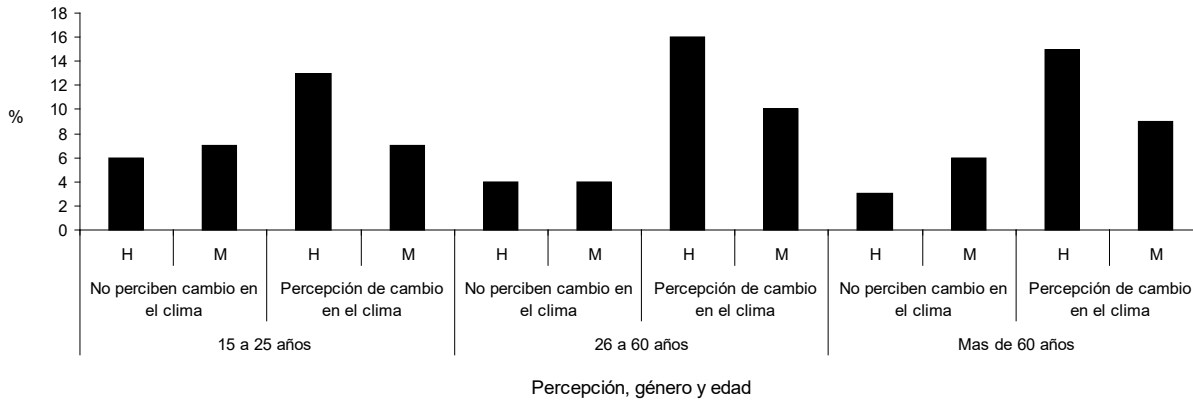


Figura 3. Percepción del cambio de clima en San Pablo Huacaná. Fuente: Fuente: Sánchez-Cortés y Lazos (2011).

Cuadro 6. Percepciones del cambio en la variabilidad climática en Copoya

Variable	Género		Generación		
	Hombres	Mujeres	Jóvenes	Adultos	Ancianos
Clima igual (temperatura)	10	4	10	2	2
Lluvia					
Cambio duración de lluvias	12	4	4	10	2
Disminución de lluvias	58	18	22	22	14
Lluvia igual	6	4	6	0	4
Más lluvia ahora	4	0	4	0	0
Variabilidad en la lluvia	10	10	6	10	4
Calor					
Menos calor	2	0	2	0	0
Más calor	32	18	14	24	12
Frío					
Frío igual que antes	10	10	10	6	4
Menos frío	8	8	4	6	6
Frío variable	2	0	0	2	0
Antes helaba	4	2	0	2	4
Más a menos neblinas	4	0	0	2	2

Los porcentajes se redondearon a 0 decimales por lo que la suma no da siempre el 100%.
Fuente: Sánchez-Cortés (2011).



Cuadro 7. Percepción de los cambios observados y sus causas

	Género		Generación		
	Hombres	Mujeres	Jóvenes	Adultos	Ancianos
Cambios observados					
Cambio temporada lluvia	8	2	2	6	2
Cambio temporada siembra	6	0	0	4	2
Arroyos crecidos	16	2	8	0	10
Arroyos igual	2	0	0	2	0
Uso matutino de chamarras	4	2	0	4	2
Necesario llevar agua al ganado	2	4	0	2	0
Causas del cambio					
No sé, solo Dios	8	8	2	12	2
Menos lluvias no sabe por qué	4	8	8	4	0
Destrucción de la naturaleza, montes, árboles y montaña	26	10	14	16	6
Incendios	4	0	2	2	0
Erupción del Volcán Chichón	0	0	0	0	4

Los porcentajes se redondearon a 0 decimales por lo que la suma no da siempre el 100%.

Fuente: Sánchez-Cortés (2011).

En Copoya al igual que para los habitantes de San Pablo Huacán, les fue difícil ubicar años precisos para referirse a los cambios del clima y su variabilidad. Se utilizó como principal referente su edad antes y después de casarse, para después comparar con su edad actual, o bien su relación con la agricultura. No se encontró un referente específico, únicamente un matrimonio de ancianos asociaron estos cambios a la caída de ceniza por la erupción del volcán Chichón.

La percepción del cambio en el clima es diferencial, así los hombres como agricultores, mencionan con mayor frecuencia las variables asociadas a la lluvia, que con respecto a las mujeres. Por generación quienes argumentan en mayor medida la percepción del cambio en la lluvia, son los ejidatarios adultos que corresponden a los agricultores activos. Los jóvenes han dejado de trabajar en el campo, solo algunos llegan a ayudar a la siembra y cosecha, de acuerdo a su disponibilidad de tiempo. La cantidad de lluvia también se percibe por algunos ejidatarios en el crecimiento de arroyos cercanos ó en el crecimiento del “río Sabinal” ubicado en el ejido.

Otra observación está ligada a la topografía de sus terrenos, si llueve mucho hay lugares que tienen riesgo de inundarse y perder la cosecha. Algunos jóvenes expresaron que actualmente llueve más que antes, y acompañaron sus respuestas con los reportes observados en la televisión. La variación en la temporada de lluvia o su imprevisibilidad fue mencionada más por los hombres jóvenes que por las mujeres.

Conclusiones

Las percepciones y conocimientos agrícolas de las personas se fundamentan en la observación efectuada por varios años, y está estrechamente vinculada a su experiencia productiva y de subsistencia. Estos aspectos aportan importantes elementos para una historia local del cambio en la variabilidad climática a nivel microregional, siendo necesario incorporar este tipo de estudios microsociales a estudios científicos más amplios del cambio del clima y su variabilidad.

El análisis climatológico realizado para ambas comunidades, no permite obtener premisas concluyentes acerca del cambio en la variabilidad climática de la región. Sin embargo, la percepción



de los agricultores y sus esposas se inclina hacia el incremento de la temperatura y la modificación de la temporada y duración de las lluvias, aspectos que se mencionan en las dos comunidades a pesar de estar ubicadas en regiones climáticas diferentes.

En México los agricultores de temporal siempre están asumiendo riesgos con las decisiones que toman ante la variabilidad de los eventos climáticos y probando estrategias para asegurar la cosecha, como el sembrar en diferentes parcelas ubicadas a distintas altitudes. Con todo, ante los escenarios de cambio climático la vulnerabilidad de los Zoques y otros grupos indígenas, no es enteramente climática (Roncoli 2006), puesto que también tiene que ver su contexto socioeconómico y con el entorno productivo del maíz, al ser su principal opción de subsistencia. En este sentido tanto los indígenas como el maíz se encuentran en condiciones marginales, socioeconómico para los indígenas y de nulo o escaso apoyo económico para la producción este grano. Otra causa de vulnerabilidad es la migración de los jóvenes en San Pablo Huacaná y el abandono del campo en Copoya, situación que Mertz *et al.* (2008) considera como un impacto en la adaptación al cambio en el clima, debido que al abandonar las parcelas se deja de aprender y experimentar en las mismas. Los jóvenes en la actualidad también son vulnerables por su limitación de acceso a la tierra y a los procesos de deterioro ambiental que se conjunta con los rápidos cambios culturales y económicos además de los climáticos.

Fuentes de consulta

1. Báez-Jorge, F. 1979. Elementos prehispánicos en la etnometeorología de los Zoques de Chiapas. *México Indígena* 11: 2-8.
2. Báez-Jorge, F. 1983. La cosmovisión de los Zoques de Chiapas. Reflexiones sobre su pasado y su presente. En: Ochoa, L. y T. A. Lee (eds.). Antropología e historia de los Mixe-Zoques y Mayas. Homenaje a Frans Blom. UNAM, México. Pp. 383-412.
3. Báez-Jorge, F., A. Rivera y P. Arrieta. 1985. Cuando ardió el cielo y se quemó la tierra. Instituto Nacional Indigenista. México.
4. García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. Serie Libros. Numero 6. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
5. Hageback, J., J. Sundberg, M. Ostwald, D. Chen, X. Yun y P. Knutson. 2005. Climate variability and use change in Danangou

- Watershed, China- Examples of small-scale farmers adaptation. *Clim. Change* 72: 189-212 doi 10.1007/s10584-005-5384-7.
6. INEGI. 2008. Chiapas. Mapa de climas. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/esp/anol/estados/chis/climas.cfm?c=444&e=07> (Consultada 8 de noviembre 2008).
 7. Katz, E., A. Lammel y M. Goloubinoff. 2008. Clima, meteorología y cultura en México. *Ciencias* 90: 60-67.
 8. Mertz, O., C. Mbow, A. Reenberg y A. Diouf. 2008. Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel. *Environ Manage* 43 (5): 804-816. doi 10.1007/s00267-008-9191-0Mertz 2008
 9. Rebetez, M. 1996. Public expectation as an element of human perception of climate change. *Clim. Change* 32: 495-509.
 10. Roncoli, C. 2006. Ethnographic and participatory approaches to research on farmers' responses to climate predictions. *Clim. Res.* 33: 81-99
 11. Sánchez-Cortés, M. S. 2011. Percepciones de los cambios ambientales en dos comunidades zoques de Chiapas. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. UNAM. México. 252pag
 12. Sánchez-Cortés, M. S y E. Lazos Chavero. 2011. Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Clim. Change* 107:363-389 doi 10.1007/s10584-010-9972-9
 13. Servicio Meteorológico Nacional. 2006. Normales climatológicas por estación http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/catalogos/cat_chis.html (Consultada: 4 de junio 2007)
 14. Smit, B., I. Burton, R. J. T. Klein y J. Wandel. 2000. An Anatomy of adaptation to climate change and variability. *Clim Change* 45: 223-251.
 15. Stehr, N. y H. von Storch. 1995. The social construct of climate and climate change. *CR* 5: 99-105.
 16. Vedwan N. y R. E. Rhoades. 2001. Climate change in the Western Himalayas of India: a study of local perception and response. *CR* 19: 109-117.
 17. Vidal, Z. R. 2004. Las regiones climáticas de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.



La importancia del medio ambiente en el mapa curricular

Bloque temático: Aspectos Sociales (Comunicación, Educación, Identidad y Territorio)

Virginia Sánchez Cruz, Gumersindo Vera Hernández y Gisela González Albarrán

IPN-ESCOM

Resumen

El medio ambiente ha sido, es y seguirá siendo un tema de importancia y de discusión, ya que se encuentra en peligro el futuro de nuestro planeta. Los problemas ambientales que hoy en día se presentan son alarmantes (efecto niña, niño, huracanes, tornados, varios climas extremos que afectan durante un solo día, etc.). Es urgente plantear en todos los ámbitos de la sociedad el rescate del medio ambiente y fundamentalmente en el ámbito educativo que debe ser un pilar para educar, concientizar y posteriormente accionar a favor del medio ambiente.

Uno de los problemas que se enfrenta en la actualidad, aún cuando los organismos internacionales, nacionales e institucionales plantean soluciones, a través de reuniones internacionales principalmente por la Naciones Unidas, en el Nacional en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Ambiental del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en el caso del IPN esos acuerdos, no se hace efectivo y por lo tanto, no se ve reflejado en el perfil del egresado.

Es increíble que aún con toda la información que hay en nuestros días y con todos los problemas que tenemos respecto al medio ambiente aún no se contempla como una unidad de aprendizaje para nuestros estudiantes **Introducción**

Achim Steiner, (2009). Plantea que el medio ambiente es el conjunto de todas las cosas vivas que nos rodean. De éste se obtiene agua, comida, combustibles y materias primas que sirven para fabricar las cosas que utilizamos diariamente.

El tema de medio ambiente está presente hoy, más que nunca, a través de los medios de comunicación, en los centros de trabajo y por supuesto en los centros educativos y gracias a ellos, nos percatamos que el medio ambiente es un asunto del que se ha hecho necesario tener una visión global desde la perspectiva científica, tecnológica y educativa.

En el ámbito educativo es donde la sociedad encierra un tesoro, ya que es donde puede haber

más posibilidades para el desarrollo de la ciencia. Rey Perez T. (2005), conceptualiza a la ciencia como la actividad humana creativa cuyo objetivo es la comprensión de la naturaleza y cuyo producto es el conocimiento.

Esa riqueza creativa se gesta principalmente en los centros educativos utilizando como herramienta los modelos educativos, planes de estudio, programas de estudio y mapas curriculares.

El presente trabajo se estudiará únicamente la relación que hay entre el medio ambiente y el mapa curricular y en donde este último se comprende como un instrumento que ayuda en la agrupación y ordenamiento de los contenidos de las unidades de aprendizaje.

El medio ambiente un asunto planteado en el contexto internacional

El medio ambiente es una cuestión que se ha planteado en reuniones internacional, es a partir de observar el problema del deterioro ecológico a nivel global, por ejemplo llevó a cabo una Conferencia de la Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (CNUMAD), en la ciudad de Rio de Janeiro, Brasil en 1992. Asistieron 179 países, uno de los temas a discutir fueron los compromisos con el medio ambiente y el desarrollo sustentable en el siglo XXI.

En esta reunión uno de los documentos aprobados fue la agenda 21. La Alianza Global para el Medio Ambiente y Desarrollo.

Los países han tratado de ponerse de acuerdo, firmando convenios como son:

- Convenio sobre el cambio climático
- Convenio sobre la diversidad biológica
- Declaración de principios sobre bosques, etc.

El medio ambiente un asunto nacional

México ha participado activamente en los temas relacionados con la protección del ambiente ante el



Organismo de la Naciones Unidas (ONU); también en el Protocolo de Montreal, la Conferencia Cumbre del Río, la Agenda 21, los Convenios de biodiversidad y cambio climático y el Tratado de Libre Comercio del Norte (TLCAN)

En el TLCAN, uno de los rubros que se plantea es la parte ambiental ya que los tres países están preocupados por conservar y proteger el medio ambiente. A partir de la explotación de los recursos naturales de forma racional, sin exponer el mañana.

El programa del Medio Ambiente 1995-2000 señala para que la educación ambiental sea efectiva debe ir de la mano de la capacitación y participación social, y que para contribuir a una verdadera formación ambiental considera que es necesario:

-“Que la dimensión ambiental se considere como un contenido central en los currículos del sistema educativo”

-“Establecer programas de formación y actualización docente en todos los niveles”

-“Formular estructuras y contenidos curriculares que permitan su adecuación a las realidades locales y regionales, para comprender mejor la complejidad de los problemas ambientales” Ifaro/Limón (2008)

El Gobierno Federal dentro de su Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, contempla la sustentabilidad ambiental.

El medio ambiente un asunto del Instituto Politécnico Institucional

El politécnico tiene planteado dentro de su visión es ser líder en la generación, aplicación difusión y transferencia de conocimiento científico y tecnológico, creado para lograrlo, su comunidad forma integralmente profesionales en los niveles medio superior, superior y posgrado realiza investigación y extiende a la sociedad sus resultados, con calidad, responsabilidad, ética, tolerancia y compromiso social.. www.ipn.gob.mx

El Politécnico, tiene un programa ambiental a través de la Secretaría Académica.

En donde uno de sus objetivos es buscar consolidar la conciencia ecológica y de desarrollo sustentable en la comunidad politécnica, así como dentro de su misión y visión es de coordinar acciones para fomentar la cultura e investigación ambiental que permita el desarrollo de las actividades propias del IPN en forma sostenible con su entorno, integrando

la perspectiva ambiental al quehacer cotidiano de su comunidad y ser una entidad modelo que, fortalecida en la normatividad ambiental y el compromiso de la comunidad politécnica, coordine las acciones para la formación de una cultura ambiental orientadas a propiciar el desarrollo de las actividades académicas, de investigación y administrativas del Instituto, en armonía con el ambiente.

Los Mapas curriculares en el IPN

A continuación se describe el mapa curricular de algunas áreas de ingeniería que fue base del presente estudio.

Caso I.

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME, plantel Zacatenco)
Ingeniería en Control y Automatización

Otro caso particular es la Escuela Superior de Cómputo que dentro de su misión, y visión propone que será líder en la formación de profesionales en el área de sistemas computacionales, quienes desarrollarán capacidades analíticas, críticas e innovadoras, con amplio sentido humano, gusto por la cultura y el deporte, alta responsabilidad social y compromiso constante por el desarrollo sustentable del país, utilizando e incorporando tecnologías

de computación con mayor rendimiento que protejan al medio ambiente. A pesar en que la ESCOM si contempla el desarrollo sustentable y protección al medio ambiente pero desafortunadamente en su mapa curricular tampoco contempla una materia sobre este tema.

Veamos el mapa curricular de la Escuela Superior de Cómputo. Se observa unidades de aprendizaje que llevan un orden en forma vertical y horizontal.
Caso

Apartado crítico

El papel que desempeña la educación en el medio ambiente es relevante para la construcción de una forma de vida armoniosa con el entorno natural, y va desde la promoción de valores, la transmisión de conocimientos sobre la interdependencia de los procesos naturales y sociales, la adquisición de destrezas y aptitudes para habilitar en la resolución de problemas hasta facilitar información para la definición de criterios y normas de actuación y la orientación de los procesos de toma de decisiones que permitan construir un futuro deseable que



garantice el potencial productivo y un ambiente de calidad como uno de los más derechos humanos más elementales.

La educación y el medio ambiente, un binomio necesario para que un ciudadano se desempeñe adecuadamente en la sociedad, especialmente los estudiantes que tienden a olvidar que por más sofisticados que sean los espacios urbanos e industriales, éstos dependen de los recursos y servicios naturales y de quienes lo proveen (agricultores, pescadores, productores forestales, ganaderos, recolectores, etc.).

La falta de conciencia acerca de la permanente interconexión entre la educación y el medio ambiente no solo generan ignorancia y decisiones erróneas, también provoca la falta de ética ecológica, de una conciencia global, de una visión acerca del verdadero rol de los seres humanos y sus estructuras sociales, en el espacio y el tiempo.

Para tener una visión integradora se debe necesariamente cambiar o reorientar los programas

educativos desde el nivel preescolar hasta el universitario para desarrollar una cultura ambiental que pueda tener impacto en todos los sectores de la sociedad, porque sólo los seres humanos tienen el poder de reducir las presiones que se ejercen sobre los recursos naturales así como seguir utilizándolos para alcanzar un mejor nivel de vida para todos.

Pero este cambio de paradigmas en la educación no se da solo en el currículo, conlleva formar y capacitar permanentemente suficientes docentes en la materia, incentivar el aumento de investigadores, de especialistas, y una adecuada difusión a cargo de los medios de comunicación masiva, sin duda tareas a largo plazo.

La visión y misión van relacionadas, con el Modelo de Competencias implementado en nuestra institución en el cual el aprendizaje es evaluado por competencias adquiridas por los alumnos que se centra en el saber hacer y el saber ser.

Caso III



Fuente: www.escom.ipn.mx



Caso 1:

<p>PRIMER SEMESTRE <u>Cálculo Diferencial e Integral</u> <u>Física Clásica</u> <u>Química Básica</u> <u>Fundamentos de Álgebra</u> <u>Fundamentos de Programación</u> <u>Humanidades I: Ingeniería Ciencia y Sociedad</u></p>	<p>SEGUNDO SEMESTRE <u>Cálculo Vectorial</u> <u>Electricidad y Magnetismo</u> <u>Química Aplicada</u> <u>Ecuaciones Diferenciales</u> <u>Programación Orientada a Objetos</u> <u>Humanidades II: La Comunicación y la Ingeniería</u></p>
<p>TERCER SEMESTRE <u>Análisis Numérico</u> <u>Variable Compleja y Transformadas de Fourier y Z</u> <u>Física Moderna</u> <u>Teoría de los Circuitos I</u> <u>Prácticas de DAC</u> <u>Economía</u> <u>Humanidades III: Desarrollo Humano</u></p>	<p>CUARTO SEMESTRE <u>Probabilidad y Estadística</u> <u>Teoría de los Circuitos II</u> <u>Electrónica I</u> <u>Modelado de Sistemas</u> <u>Circuitos Lógicos</u> <u>Calidad Total y Productividad</u></p>
<p>QUINTO SEMESTRE <u>Máquinas Eléctricas I</u> <u>Electrónica Operacional</u> <u>Teoría del Control I</u> <u>Elementos Primarios de Medición</u> <u>Ingeniería Económica</u> <u>Preparación y Transporte de Materiales</u></p>	<p>SEXTO SEMESTRE <u>Máquinas Eléctricas II</u> <u>Teoría del Control II</u> <u>Electrónica II</u> <u>Elementos de Transmisión y Control</u> <u>Metodología de la Investigación</u> <u>Operaciones de Separación</u></p>
<p>SEPTIMO SEMESTRE <u>Teoría del Control III</u> <u>Instalaciones Eléctricas</u> <u>Tecnología de Mecanismos</u> <u>Interfases y Microcontroladores</u> <u>Instrumentos Analíticos de Medición</u> <u>Administración</u></p>	<p>OCTAVO SEMESTRE <u>Control de Procesos I</u> <u>Control de Máquinas y Procesos Eléctricos</u> <u>Mercadotecnia</u> <u>Generación y Evaluación de Proyectos</u> <u>Optativa I</u> <u>Proyecto Terminal I</u></p>
<p>NOVENO SEMESTRE <u>Control de Procesos II</u> <u>Planeación e Ingeniería de Mantenimiento</u> <u>Optativa II</u> <u>Comunicaciones Industriales</u> <u>Proyecto Terminal II</u> <u>Humanidades IV: Desarrollo Personal y Profesional</u> <u>Administración Aplicada</u></p>	<p>OPTATIVAS I <u>Control Avanzado I</u> <u>Manipuladores Industriales I</u> <u>Sistemas de Procesos Industriales I</u></p> <p>OPTATIVAS II <u>Control Avanzado II</u> <u>Manipuladores Industriales II</u> <u>Sistemas de Procesos Industriales II</u></p>

- Fuente www.esimez.ipn.mx



Caso II
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME, plantel Zacatenco)

SEMESTRE I	SEMESTRE II
<u>Cálculo Diferencial e Integral</u>	<u>Cálculo Vectorial</u>
<u>Física Clásica</u>	<u>Ecuaciones Diferenciales</u>
<u>Fundamentos de Álgebra</u>	<u>Electricidad y magnetismo</u>
<u>Fundamentos de Programación</u>	<u>Humanidades II: La comunicación y la Ingeniería</u>
<u>Humanidades I: Ingeniería, Ciencia y Sociedad</u>	<u>Programación Orientada a Objetos</u>
<u>Química Básica</u>	<u>Química Aplicada</u>
SEMESTRE III	SEMESTRE IV
<u>Métodos Numéricos</u>	<u>Análisis de Circuitos Eléctricos I</u>
<u>Mecánica</u>	<u>Conversión de la Energía I</u>
<u>Física Moderna</u>	<u>Electrónica I</u>
<u>Humanidades III: Desarrollo Humano</u>	<u>Humanidades IV: Desarrollo Personal y Profesional</u>
<u>Probabilidad y Estadística</u>	<u>Materiales Electrotécnicos</u>
<u>Variable Compleja y Transformadas de Fourier y Z</u>	<u>Teoría de Resistencia de Materiales</u>
SEMESTRE V	SEMESTRE VI
<u>Análisis de Circuitos Eléctricos II</u>	<u>Análisis de Circuitos Eléctricos III</u>
<u>Conversión de la Energía II</u>	<u>Conversión De La Energía III</u>
<u>Electrónica II Potencia Básica</u>	<u>Electrónica III</u>
<u>Equipo Eléctrico</u>	<u>Elementos de Control Eléctrico</u>
<u>Metodología de la Investigación</u>	<u>Instalaciones Eléctricas en Alta Tensión</u>
<u>Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión</u>	<u>Teoría General de Sistemas</u>
SEMESTRE VII	SEMESTRE VIII
<u>Accionamiento y Controles Eléctricos</u>	<u>Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia I</u>
<u>Administración y Ahorro de Energía</u>	<u>Desarrollo Prospectivo de Proyectos o Tópicos Selectos de Ingeniería I</u>
<u>Economía</u>	<u>Humanidades V: El Humanismo Frente a la Globalización</u>
<u>Fuentes de Generación</u>	<u>Ingeniería Económica</u>
<u>Generación y Evaluación de Proyectos</u>	<u>Optativa II</u>
<u>Líneas y Redes de Distribución</u>	<u>Protección de Sistemas Eléctricos I</u>
<u>Mediciones Eléctricas</u>	<u>Técnicas de las Altas Tensiones I</u>
<u>Optativa I</u>	
SEMESTRE IX	
<u>Administración</u>	
<u>Computación Aplicada a Sistemas Eléctricos</u>	
<u>Instalaciones Eléctricas Especiales</u>	
<u>Optativa III</u>	
<u>Protección de Sistemas Eléctricos II</u>	
<u>Proyecto de Ingeniería o Tópicos de Ingeniería II</u>	
OPTATIVAS I y III	OPTATIVAS II
<u>Sistemas de Producción y Calidad</u>	<u>Diseño I: Máquinas Estáticas</u>
<u>Sistemas de Tracción Eléctrica</u>	<u>Diseño II: Máquinas Rotatorias</u>
<u>Ingeniería Industrial</u>	<u>Electrónica de Potencia</u>
	<u>Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia II</u>
	<u>Técnicas de las Altas Tensiones II</u>
	<u>Protección de Sistemas Eléctricos II</u>
	<u>Diseño de Sistemas de Iluminación</u>
	<u>Puesta en Servicio e Ingeniería de Mantenimiento</u>

Fuente: www.esimez.ipn.mx



¿Saber ser bajo estas condiciones?

En la estructuración y reestructuración de planes y programas. Se tuvo la oportunidad de contemplar el tema de medio ambiente dentro del mapa curricular de las unidades académicas, sin embargo hubo escuelas que no integraron en su visión y misión el tema de medio ambiente y mucho menos dentro de su mapa curricular como por ejemplo en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) en sus diferentes campos de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Ingeniería en Control y Automatización, Ingeniería Eléctrica, otra escuela en la misma situación es Física y Matemática (FM) en sus dos carreras de Ingeniería Matemática y la de Físico matemático, no existe una sola unidad de aprendizaje (sinónimo de materias según el modelo por competencias), en el mejor de los casos, como lo es en la Escuela Superior de Cómputo ESCOM, lo contempla dentro de su visión y misión pero no lo concretiza en una unidad de aprendizaje que se vería plasmado en el mapa curricular. ¿Cómo plantear una problemática y soluciones? y ¿cómo se les pide **el saber ser?**. Si no hay congruencia entre los acuerdos y los hechos desde los niveles de mando más altos de autoridad mucho menos en los s medio y bajos.

Conclusiones

¿De qué sirve?, que en diferentes ámbitos se plasme en leyes, reglas, misión y visión todo queda en la parte formal ya que en la realidad no se lleva a la práctica ese proceso de educación e información que tanto hace falta.

Por todo lo anterior, se hace necesario concientizar la sociedad de la importancia que tiene contar con un medio ambiente sano, a pesar de que se cuenta con programas ambientales en los planes de desarrollo del gobierno federal, de los estados, así como de las instituciones educativas, pero aún es insuficiente.

La relación de la educación y el medio ambiente, como en otros temas, si bien centra muchos debates políticos y ciudadanos, es innegable que es la solución a muchos de los problemas que enfrenta hoy la humanidad aunque los resultados obtenidos son mínimos.

Para ello debe asumirse un compromiso, para que toda la educación, tanto formal como informal, preste sistemáticamente atención a esta situación con el fin de proporcionar la correcta percepción de los problemas ambientales, sus causas, impactos

así como fomentar actitudes y comportamientos favorables para el logro de un desarrollo sostenible y que es impostergable

Propuestas

Difundir mayor información sobre los problemas ambientales que nos aquejan.

-Integrar grupos interdisciplinarios que pongan atención al tema de medio ambiente para que se concienticen de que no es un asunto exclusivo de un área de conocimiento

Fuentes de consulta

1. Alfaro/Limón/otros. Ciencias del Ambiente. Universidad Autónoma de Nuevo León. Grupo editorial Patria. México. D.F..2008
2. José Luis Calva. Educación, ciencia y tecnología y competitividad. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México D.F., 2002
3. José Luis Calva. Sustentabilidad y Desarrollo ambiental. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México, D.F.2002

Hemerográficas

1. Alicia Lepre Larrosa. Cambio Climático: Luz Roja, innovación educativa, Instituto Politécnico Nacional, vol. 7, núm. 37 pp 54-59
2. Víctor M. Toledo, FulvioEccardi. Naturaleza viva de México ¿quién la conserva?, ¿Cómo ves?. Universidad Autónoma de México; año 10. no. 40, pp. 8-12
3. Fredo Carlos Guillén. Desarrollo Sustentable, ¿Cómo ves?. Universidad Autónoma de México; año 2. no. 19, pp. 16-21
4. **Achim Steiner**, Programa de las Naciones Unidas. 11 de junio del 2009. Viernes 17 de abril del 2012. <http://www.pnuma.org>.
5. www.ipn.mx
6. www.esom.ipn.mx
7. www.esimez.ipn.mx
8. <http://www.Secretaria.academica.ipn.mx>



Análisis organizacional: racionalidad en organizaciones ambientales y educación

Carlos Ernesto Simonelli Salimbene

Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
E-mail: ces_1_ar@yahoo.com

Resumen

El presente trabajo se basa en los resultados de una investigación que se ubicó en algunas organizaciones públicas ambientalistas del Distrito Federal (Centros de Educación Ambiental) que brindan orientación y comunicación a la población en la gestión del riesgo medioambiental. El encuadre conceptual parte del supuesto de que los riesgos sociales, políticos, económicos, ambientales e industriales son parte del desarrollo de la sociedad moderna y que las acciones humanas generan un riesgo específico para su propia existencia, a lo que Beck denomina “*Sociedad de riesgo*”. En resumida síntesis, es la sociedad la que, por medio de sus acciones, y sin poder predecir todas sus consecuencias, crea sus propios riesgos.

Las consecuencias del cambio climático

El cambio climático (en adelante, CC) puede ser entendido mejor como efecto de la variabilidad climática *atípica*: “El concepto de variabilidad climática denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa)” (IPCC, 2007: 89).

Actualmente los científicos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático definen al CC como “todo cambio que ocurre en el clima a través del tiempo, resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas”.¹

¹ El acuerdo denominado Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) está en vigor desde 1994, y forman parte de este acuerdo internacional casi todos los países en el mundo para responder al cambio climático. INE, disponible en

La ONU ha fijado como estrategias fundamentales frente al CC la mitigación y la adaptación. La primera implica la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación) y la segunda las medidas y estrategias para enfrentarlo (adaptación). La adaptación frente al CC hace referencia a *las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático*. Se refiere a las capacidades, de la población y a las posibilidades de reconstrucción, recuperación o de sobrevivencia, frente a los cambios en las condiciones medio ambientales.

“La adaptación al cambio climático, por su propia naturaleza, requiere una estrategia a medio o largo plazo de forma sostenida, según cada sector o sistema. Esto hace que, en numerosas ocasiones, se infravalore su importancia y necesidad frente a otros temas relacionados que irrumpen en la agenda en forma de crisis y urgencias, y que detraen los recursos siempre limitados. Por tanto, es muy importante enfocar las políticas y medidas de adaptación con un horizonte temporal adecuado y considerarlas como un proceso iterativo y continuo.”²

Para un análisis de la vulnerabilidad se necesita conocer el grado de pérdida de un conjunto dado de elementos, resultando en el riesgo de ocurrencia del fenómeno. En las comunidades

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/656/quees.pdf> Consultado septiembre de 2012.

² Véase Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, Ministerio de Medio Ambiente, España. Disponible en: http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/docs/pna_v3_en.pdf



locales se puede hacer un mapa cualitativo del riesgo, dando como resultado la relación general entre el peligro y la vulnerabilidad.³ La combinación se hará usando una tabla de dos dimensiones.⁴

En el caso de México, las organizaciones encargadas de reportar los informes de CC, a partir de la publicación de la tercera comunicación en 2007, han sido fundamentalmente académicas, participando además miembros del sector privado y la sociedad civil, y funcionarios de todos los sectores y niveles de gobierno. Las comunicaciones son entregadas por el gobierno de México a las Naciones Unidas quienes a su vez, tienen vínculo interinstitucional con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.⁵

Las eventuales iniciativas y medidas emanadas de estos intercambios interinstitucionales ayudan a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un CC, coadyuvando con los objetivos de la adaptación y la mitigación. En ese caso, otras organizaciones gubernamentales tienen a su cargo este tipo de

³ Los elementos en riesgo dentro de un área dada son la población, las propiedades, las actividades económicas, etc. Una clasificación de vulnerabilidad se puede llevar a cabo de la misma manera como se usa el método en la creación de mapas de riesgo: asignar los valores ponderados a cada uno de los factores, y resumir los valores obtenidos. Los mapas de riesgo son herramientas poderosas para el análisis del riesgo en su etapa final. Aunque no se disponga de datos de costo, por ejemplo, y tampoco del período de retorno, se puede simplificar el procedimiento calculando el riesgo como la combinación del peligro natural y la vulnerabilidad.

⁴ Véase van Westen, C.J., Análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo Department of Earth Systems Analysis, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC). Disponible en <http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/Casos%20de%20estudios%20SIG/03%20Amenaza%20vulnerabilidad%20y%20riesgo/Amenaza%20vulnerabilidad%20y%20riesgo.pdf>

⁵ Los estudios más recientes sobre los posibles impactos del cambio climático se realizaron en el marco de la Cuarta Comunicación de México ante el cambio climático.

acciones (SEMARNAT, CONAGUA, CFE, etc.).⁶ En ese aspecto existen elementos contradictorios: por una parte, se cuenta cada vez más con mayor información sobre los efectos del CC. Sin embargo, se advierte que si bien la asistencia internacional debe de ser realizada de acuerdo con las necesidades para cada país, con fin de hacerla compatible con las prioridades de desarrollo, se deben utilizar los fondos para financiar proyectos que ayuden a la problemática del CC y no ver a la adaptación como un tema ambiental aislado de las políticas y planes de desarrollo.⁷ En cuanto a la definición amplia que se adopta de adaptación, la misma contempla "...El conjunto de intervenciones humanas destinadas a proporcionar ayuda a las comunidades, pueblos o naciones sobre los efectos del cambio climático que ya se están produciendo..."⁸

Ahora bien, las acciones de mitigación también se tienen que adecuar, estructurar y planear no sólo pensando en términos globales (reducción global de GEI, por ejemplo) sino además desde el nivel local, debido a que cada vez más se reconoce que los impactos del CC presentan variaciones sensibles según sea el área geográfica y el tamaño de escala que se trate.

⁶ La legislación en materia de manejo, prevención y financiamiento de desastres en México establece, que las diferentes organizaciones encargadas son: el Sistema Nacional de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales, el Fideicomiso para la Prevención de Desastres Naturales, y el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales. Véase Puente, Sergio. "Construcción Social del Riesgo" en Simposio: "La Gestión Integral del Riesgo y sus Instrumentos de Financiamiento", SEGOB – PNUD. Octubre, 2009. Disponible en: http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/nsite/micrositios/diaIntRedDes09/002_sergiopuente.pdf Consulta septiembre 2012

⁷ Véase PNUD, "La Adaptación al Cambio Climático en México y el Apoyo del PNUD". Informe para periodistas, Disponible en: www.cinu.mx/.../2_AdaptacionAICC_PNUD_TallerPeriodistas.pptx. Consulta septiembre de 2012

⁸ Véase ¿Qué es REDD? Una guía para las comunidades indígenas Lima – 2010. Disponible en: <http://servindi.org/pdf/REDD-1.pdf> Consulta septiembre de 2012



Si entendemos que la mitigación abarca "...a todas las acciones humanas que reducen emisiones o que aumentan la absorción de dióxido de carbono por la vegetación" las medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI en las ciudades pueden consistir en aumentar la eficiencia del transporte, incrementar el acceso y uso del transporte público, sustituir los combustibles fósiles por energías alternativas (eólica o solar), y hacer más eficiente el uso de la energía en los edificios, así como mejorar el aislamiento de los mismos, entre otros.⁹ Por ejemplo, se pueden hacer proyectos de financiamiento de plantaciones para la producción de biocombustibles,¹⁰ la producción de energías renovables para reducir la cantidad de energía producida por las centrales eléctricas y la utilización de combustibles fósiles como el petróleo o el carbón,¹¹ o bien, proyectos de creación o mejora de los sumideros de carbono, forestación y reforestación. Otros mecanismos son la implementación conjunta Por medio del cual los países desarrollados pueden recibir créditos para invertir en proyectos de otros países desarrollados, creando así un mercado internacional de bonos carbono.¹²

El problema específico en la ciudad de México es el tamaño de su territorio y la distribución desigual de su población, con amplias zonas urbanizadas y muy concentradas y vastas zonas boscosas y de suelos de conservación, que se han ido perdiendo como producto de décadas de políticas de poblamiento irresponsables.

La zona del Distrito Federal de México, además, está conurbada con los municipios de otras entidades federativas, los que la convierte en una de las grandes ciudades del mundo y en particular una de las áreas metropolitanas de mayor tamaño, al punto de que se habla de la "megalópolis", un centro

poblacional de enorme tamaño) o de una proceso de "megalopolización".¹³

Diversos medios científicos y organismos internacionales están desde hace tiempo alertando acerca de que: "una ciudad segura frente al cambio climático dependerá no sólo de los aspectos físico-espaciales y de diseño de la ciudad, sino adicionalmente, de la capacidad económica, social e institucional tanto del sector social como del gobierno local para hacerle frente." (SEDESOL, 2012). Por su parte, SEMARNAT advierte que: "En el curso de los próximos años la resiliencia –o capacidad de recuperación- económica, social y natural de México ante el cambio climático dependerá de las iniciativas de la sociedad y de las políticas y programas para restaurar la integridad de los sistemas económicos y ecológicos, reorientando el desarrollo hacia la sustentabilidad."¹⁴

Estos mega territorios urbanos se volverán inmanejables en términos de vulnerabilidad si no se implementan en lo inmediato medidas concretas para la adaptación y la *resiliencia*. En este sentido el concepto de *resiliencia* hace referencia a la capacidad para sobreponerse y aprender de fenómenos adversos; se pueden visualizar aspectos positivos dentro de situaciones negativas. Mientras que el concepto de adaptación resulta más adecuada para referirse a sistemas naturales o ecológicos, la *resiliencia* resulta más adecuada para el análisis de sistemas humanos, en la perspectiva de las ciencias sociales (IPCC, 2007; Lavell, 2011).

⁹ ¿Qué es REDD? Op. Cit.

¹⁰ Son los combustibles que se obtienen de organismos vivos como la palma aceitera o el maíz, para sustituir el uso de combustible normal.

¹¹ Por ejemplo la generación de energía por medio del viento o de la luz solar)

¹² ¿Qué es REDD? Op. Cit.

¹³ Según Dirk Bronger (2004) una mega-ciudad es aquella aglomeración urbana que cuenta con, por lo menos, cinco millones de habitantes en un espacio total, con una densidad media mínima de 2.000 habitantes por kilómetro cuadrado y una estructura monocéntrica. La Organización de las Naciones Unidas define el tamaño mínimo de la mega-ciudad a partir de de 8 millones de habitantes, por ejemplo, en el área metropolitana de Ciudad de México o en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Véase Heineberg, Heinz. 2005. "Las metrópolis en el proceso de globalización". Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales. Serie documental de Geo Crítica. Vol. X, nº 563, 5 de febrero de 2005. Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-563.htm>.

¹⁴ Véase SEMARNAT, Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 – DOF 28/08/2009 VIII Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PEC_C_DOF.pdf Consulta Septiembre de 2012



Las instituciones también proveen de una doble información en relación a su acción en la formación de las capacidades, así como en las condiciones actuales de la población (capital humano en el nivel local), porque podrá actuar de mejor forma, recibiendo y comunicando información útil en el proceso de prevención y atención del desastre. Podría decirse que una población mejor educada o con niveles básicos de formación, es más *resiliente* frente a un desastre.¹⁵

Pero la perspectiva organizacional establece que la toma de decisiones de las políticas se hace *en y por* las organizaciones. Esto, debido a que la gestión para enfrentar el CC tienen que combinarse: la adaptación/mitigación, la gestión de riesgos, y el apoyo a las áreas del desarrollo. Desde un enfoque de toma de decisiones que considera como uno de los aspectos más sensibles al clima organizacional, la reducción de la vulnerabilidad asociada al riesgo por el CC para promover desarrollo sostenible, no se alcanzará sin una intervención pensada dese organizaciones idóneas para tal fin, que coordine los niveles superiores e inferiores de las jerarquías organizacionales.

“...el desarrollo de la gestión del riesgo supone considerar capacidades específicas en actores sociales y en las sociedades particulares, para poder actuar sobre las causas que lo originan; la gestión del riesgo así entendida, puede ser una herramienta para la planeación de las políticas públicas y para la toma de decisiones. Sin embargo, se debe buscar un nuevo paradigma de crecimiento y desarrollo que incorpore estos eventos climáticos futuros en las ciudades, dado que la perspectiva del desarrollo sostenible está siendo superada por los efectos previstos de fenómenos del Cambio Climático y teniendo en cuenta las estrategias del IPCC y para la adaptación y mitigación frente a la variabilidad del clima y al Cambio Climático.”¹⁶

Recientemente la gestión del riesgo ha recibido atención, debido a que ofrece oportunidades para

¹⁵ Foschiatti, A.M. 2009. *Aportes conceptuales y empíricos de la vulnerabilidad global (Primera ed.)*. Argentina: Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Suroeste. Argentina.

¹⁶ Proyecto de creación de una Licenciatura en Licenciatura en Protección Civil y Gestión de Riesgos en la UACM, 2012.

hacer práctica muchas de las ideas sobre las estrategias de reducción del riesgo. En efecto, la sociedad moderna está enfrentando escenarios de riesgo y desastres en todo el mundo, y en el caso de México se esperan enfermedades relacionadas con estos fenómenos: “Una de las consecuencias de la vulnerabilidad al CC han sido las intensas lluvias de octubre de 2007 en Tabasco, que se repitieron en 2009 y 2010, donde aproximadamente 70 por ciento de la población fue afectada directamente por la contingencia, y de ella 45 por ciento, es decir alrededor de 520 mil personas, tenían 15 años o menos”, recordó el Secretario de Salud José Angel Córdova Villalobos.¹⁷

La reducción de riesgos, y el posterior control de daños que constituyen los anteriormente referidos problemas de salud o económicos, dejan de lado la eliminación total de riesgos, y se plantea una perspectiva desde su prevención. La gestión para los desastres deben ser un componente específico de los esquemas de desarrollo, pero para ello debe ser vista como una línea de análisis que enlaza los diferentes tipos de actividad humana: que van desde las acciones en intervenciones hacia la población en caso de desastre, pero antes que nada acciones de *prevención*.

La Conferencia Internacional de Reducción del Riesgo de Desastres en el Sector Educativo en América Latina y el Caribe (EIRD, por sus siglas en inglés) define que “la gestión de riesgo es otra cosa que gestionar información concisa y clara, que sea interesante y práctica para un público amplio, incluyendo a profesionistas de distintas ramas, a los tomadores de decisiones y también a los que generan políticas para la acción” (EIRD, 2007).¹⁸

La importancia de la perspectiva organizacional para la gestión de riesgos frente al CC

“Dado que las mujeres, hacen más actividades de las que se les reconocen y se les valora en la comunidad de cambio climático... resalta su importante papel en la adaptación y en la búsqueda de comunidades más seguras que las lleva a

¹⁷ Disponible en: <http://www.publimetro.com.mx/noticias/sector-salud-vulnerable-ante-cambio-climatico-cordova/nkes!JCCETX8J9rOOEKQx@LnLg/>. Consultado septiembre de 2012

¹⁸ Disponible en: <http://www.eird.org/gestion-del-riesgo/capitulo7.pdf> Consulta Septiembre de 2012



comprender mejor las causas y consecuencias de cambios en las condiciones climáticas. Se concluye que producto de sus roles en la sociedad (rol productivo, reproductiva y comunitario), las mujeres poseen importantes conocimientos y habilidades para orientar la adaptación; se reconoce la importancia de la equidad de género en estos procesos; y se plantea la relación entre CC. Variabilidad climática y el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio”¹⁹

Esto destaca el rol que desempeñan las organizaciones de base, y en ellas, el papel central de las mujeres en el manejo del riesgo, para lograr la supervivencia del núcleo familiar y la *resiliencia* en las comunidades. Por lo anterior, se destaca la importancia de promover la participación de las comunidades en la toma de decisiones para enfrentar los riesgos del CC, desde al ámbito local y poniendo énfasis en la equidad de género. La importancia de la perspectiva de género en la gestión del riesgo radica no sólo en asegurar políticas que respondan a los legítimos intereses de las mujeres, si además para generar una mejoría en sus condiciones de vida y en la superación de las desigualdades, para que constituya una herramienta adecuada al propósito de construir sociedades equitativas y sostenibles.²⁰

De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas (EIRD) “Existe hoy en día el reconocimiento internacional que los esfuerzos dirigidos a la reducción del riesgo de desastres deben ir de la mano con las políticas, planes y programas para el desarrollo sostenible, la reducción de la pobreza, la gobernabilidad y la creación de alianzas. Igualmente la creación de capacidades para la gestión del riesgo de desastres tanto a niveles nacionales como locales, debe complementarse”. Esperando que

haya más claridad y que sea un estímulo para lograr nuevos avances en la reducción de desastres.”²¹
Pero, en principio, *la gestión de riesgos* implica un mínimo nivel de organización, ya se trate de la gestión internacional, nacional o subnacional. Estos niveles se representan en las estructuras de tomas de decisión en diferentes niveles: lo global, la gestión integral, la sectorial y “descendiendo” hacia lo local, lo comunitario y lo familiar. Aunque bien podría plantearse exactamente al revés, es decir, desde lo local a lo global, pasando por el plano nacional. Desde cualquiera de las dos perspectivas del diseño institucional, se debería esclarecer el rol de las organizaciones en la gestión de riesgos. Sin embargo, el reconocimiento de sistemas o de estructuras organizacionales no basta; se necesita la identificación de los actores intervinientes, quiénes trabajar en la reducción de riesgos, en su previsión y en el control de desastres, y quiénes que establecerán las modalidades de coordinación y se distinguirán de acuerdo con roles diferenciados previamente acordados.

Un ejemplo de nivel mínimo de organización es a través del *plan de gestión del riesgo* que es el “conjunto coherente y ordenado de estrategias, programas y proyectos, que se formula para orientar las actividades de reducción de riesgos, los preparativos para la atención de emergencias y la recuperación en caso de desastre. Al garantizar condiciones apropiadas de seguridad frente a los diversos riesgos existentes y disminuir las pérdidas materiales y consecuencias sociales que se derivan de los desastres, se mejora la calidad de vida de la población”.²² Al garantizar condiciones apropiadas de seguridad frente a los diversos riesgos existentes y disminuir las pérdidas materiales y consecuencias sociales que se derivan de los desastres, se mantiene la calidad de vida de la población y se aumenta la sostenibilidad, esto de acuerdo a las definiciones tomadas por el documento “la gestión del riesgo”.

¹⁹ Véase Y. Carvajal-Escobar, M. Quintero-Angell, and M. García-Vargas. 2007. “Women’s role in adapting to climate change and variability”, Adv-Geosci 14, 1-4. Disponible en: <http://www.adv-geosci.net/14/277/2008/adgeo-14-277-2008.pdf> Consulta Septiembre de 2012

²⁰ Véase De la Cruz, 2007. Disponible en : <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009a/476/476.zip>

²¹ Véase Dr. Dave Paul Zervaas ONU/EIRD 2008. Disponible en: <http://www.eird.org/gestion-del-riesgo/presentacion.pdf> Consulta septiembre 2012

²² Basado en Cardona, O.D. con modificaciones realizados por Lavell, A. M. “Conceptos Y Definiciones De Relevancia En La Gestion Del Riesgo” Colaboración del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo”. Disponible en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/conceptos.htm> Consultado septiembre de 2012)



El plan de gestión de riesgo debe contener: la preparación (preparativos), entendidas como las “medidas cuyo objetivo es organizar y facilitar los operativos para el efectivo y oportuno aviso, salvamento y rehabilitación de la población en caso de desastre. La preparación se lleva a cabo mediante la organización y planificación de las acciones de alerta, evacuación, búsqueda, rescate, socorro y asistencia que deben realizarse en caso de emergencia”; la prevención en sí misma, consistente en “medidas y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar o impedir que se presente un fenómeno peligroso o para evitar o reducir su incidencia sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente”; el plan de emergencias, entendiendo como tal “la definición de funciones, responsabilidades y procedimientos generales de reacción y alerta institucional, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas y simulación para la capacitación y revisión, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los bienes y recobrar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de que se presente un fenómeno peligroso”; y la intervención, que es “la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir su amenaza o de las características intrínsecas de predisposición al daño de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad. La intervención intenta modificar los factores de riesgo. Controlar o encausar el curso físico de un fenómeno peligroso, o reducir su magnitud y frecuencia, son medidas relacionadas con la intervención de la amenaza. La reducción al mínimo posible de los daños materiales mediante la modificación de la resistencia o tenacidad de los elementos expuestos es una medida estructural relacionada con la intervención de la vulnerabilidad física. Aspectos asociados con planificación del medio físico, reglamentación del uso del suelo, seguros, preparación para emergencias y educación pública son medidas no estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad social.”²³

Cabe señalar que lo anterior no sería posible sin el empleo de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que deben ayudar a informar a la población, a prepararse para enfrentar el riesgo, y para intervenir. Además, las organizaciones resultan ser el medio idóneo para promover la *resiliencia* (entendida como la

capacidad de un ecosistema o de una comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno) y reducir la vulnerabilidad, que consiste en un factor de riesgo de un grupo o comunidad expuesto a una amenaza, debido a su predisposición intrínseca a sufrir un daño (física, económica, política o social).²⁴

La importancia de las organizaciones locales en la gestión de riesgos

La reducción de GEI es posible si se comienzan a llevar adelante acciones inmediatamente para lograr cambios, por ejemplo en el uso de energía alternativas, o en el manejo responsable de los recursos forestales y la agricultura (IPCC, 2007), según el último informe de la agencia internacional de energía con relación a los niveles de emisiones de GEI (2011), las consecuencias del CC ya no son reversibles. Es necesario entonces involucrar a la ciudadanía actuando localmente para conseguir globalmente reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Se ha establecido que la ubicación geográfica hacen a México un país altamente vulnerable a los impactos del cambio climático, pero no sólo eso: evaluaciones internacionales recientes posicionan a este país lugar número 14 de los mayores emisores de GEI, y el primer emisor de América Latina.²⁵ Dentro de las medidas de mitigación, generalmente se detalla el uso eficiente de energía, o la generación de energía con métodos alternativos como la solar, eólica, bioenergía y geotérmica; pero existen otro tipo de acciones que se pueden aplicar a nivel local, como cocinas solares, estufas más eficientes para uso doméstico rural, bio digestores para producir energía hogareña, y en las ciudades el mejoramiento de la red de transporte público, así como instalar plantas de manejo integral y responsable de los desechos.

Las organizaciones a nivel comunitario podrían emprender acciones concretas para la mitigación del cambio climático que evitaran el aumento de las emisiones de GEI. De esta manera, la mitigación plantea *la disminución de los daños y de los cambios generados por las condiciones de riesgo y vulnerabilidad, utilizando nuevos*

²³ Cardona, O.D. Op. Cit.

²⁴ Cardona, O.D. Op. Cit.

²⁵ Véase La Jornada, 24-4-2012. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2006/04/24/index.php?seccion=economia&article=029n2eco>



procedimientos o introduciendo nuevas tecnologías para evitar que las emisiones de GEI continúen aumentando.

Las organizaciones a nivel local para la educación medioambiental no cuentan con materiales ni herramientas técnicas adecuadas para llevar adelante la mitigación, siendo ésta referida más bien al ámbito nacional o estatal. Pero las organizaciones locales podrían trabajar perfectamente en desarrollar habilidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero,²⁶ por ejemplo, con el manejo y separación de basura en las comunidades, controlando la tala indiscriminada, convenciendo a los pobladores de los perjuicios derivados del sistema de corta-roza-quema por ejemplo.

Las políticas públicas para la adaptación al cambio climático en el Distrito Federal (estudio de caso).

Uno de los lugares seleccionados en la investigación PI2010-97, debido a que se dedica a la educación ambiental y a la adaptación, es el Centro de Educación Ambiental “Yautlica”. Este centro pertenece a una dependencia del gobierno del Distrito Federal ubicado en la delegación Iztapalapa. Allí se realizaron entrevistas cuyo primer objetivo fue conocer si sus esfuerzos han contribuido realmente a la problemática ambiental.²⁷

Aunque actualmente existe mucha más información sobre los problemas que ocasionará el cambio climático, y la preparación para los posibles daños a partir de las estrategias de reducción de desastres, hace falta una sistematización de toda la información. Un ejemplo de problemas de falta de sistematicidad en la información es que México está por primera vez en condiciones de generar su propia información climatológica en términos no sólo

²⁶ Los principales GEI son: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Fuente: SEDESOL, 2012: “Boletín especial sobre la incorporación de criterios de adaptación al cambio climático en los instrumentos de planeación urbana”

²⁷ Pérez García, Víctor Manuel. 2012, “La comunicación para la gestión del riesgo medioambiental, en los centros públicos del Distrito Federal”. Trabajo recepcional para obtener el título de Licenciado en Comunicación y Cultura en la UACM. Abril. En el marco del Proyecto de Investigación UACM/ICyTDF PI2010-97.

históricos, ya que se cuenta con una base de datos desde principios del siglo XX.²⁸

En efecto, la información disponible permite realizar predicciones del clima a nivel de localidades en algunos estados del país. Esto sería muy útil para confeccionar los mapas de riesgo, no sólo por entidad federativa sino también en el nivel local. Sin embargo, esta información la emite una organización de tipo académica²⁹ y por lo anterior las fuentes de información no siempre se encuentran disponibles para los usuarios en general, y en algunos casos sólo se cuenta con acceso a las bases de datos si las instituciones académicas o gubernamentales tienen muy claro qué información necesitan. Esto genera una dispersión de información entre diferentes entidades que generan la información climatológica, e inclusive, no hay consistencia en cuanto a la metodología empleada. Por eso los usuarios, sobre todo en las organizaciones ambientales que a veces no cuentan ni siquiera con los recursos informáticos básicos (PC con ciertas características técnicas, por ejemplo, para que funcionen los programas georeferenciados o los simuladores de clima) no pueden asumir la tarea de generar documentos o recomendaciones a nivel local, y ni siquiera están

²⁸ Entrevista realizada por Carlos Simonelli en UNIATMOS, UNAM, 2012. Véase “El Atlas Climático Digital de México (ACDM) permite desplegar mapas y tener acceso los valores promedio mensuales de variables climatológicas continentales, de parámetros bioclimáticos derivados, así como de modelos y escenarios de cambio climático a muy alta resolución espacial (926 m). De igual forma contiene variables ambientales, de climatología oceánica y de aspectos y escenarios socioeconómicos en diversas resoluciones espaciales. La información se despliega en mapas georeferenciados en sistemas interactivos en Internet que se pueden exportar en formato KML para ser incorporados en el sistema Google Earth o mediante el servicio Web Map Service (WMS) para ser combinados con información de otras fuentes. Los datos se pueden descargar en forma gratuita en formatos Geotiff y txt.” Disponible en: <http://www.atmosfera.unam.mx/uniatmos/atlas/uniatmos.html> Consulta noviembre de 2011

²⁹ Se trata de la Universidad Nacional Autónoma de México pero es con fines científicos, y ni siquiera cuenta con presupuesto directo gubernamental, sino que depende como unidad de investigación, del presupuesto asignado a dicha universidad.



en condiciones de confeccionar sus propios mapas de riesgo.

Por otra parte, acuerdo con el informe de actividades de 2009 del CENAPRED, se ha trabajado en la gestión de riesgo desarrollando la capacidad para el desarrollo de estudios y para dotar de herramientas tecnológicas que permita ordenar datos, analizar información y utilizar conocimientos sobre riesgos, peligros, exposición y vulnerabilidades, teniendo en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales de los desastres. El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), debe proveer de los conocimientos indispensables para incorporar la gestión de riesgo en las políticas de desarrollo sustentable y de seguridad nacional.³⁰

Pero las organizaciones locales no pueden generar los mapas de riesgo o peligro. Son las organizaciones a nivel federal o estatal las encargadas de hacerlo, y para ello no cuentan con estimaciones a nivel local que pudieran ser muy útiles sobre todo por las observaciones de campo que podrían suministrar una información de primera mano. En cambio, todas las declaratorias de contingencia climática como son las sequías, las inundaciones y las localidades bajo riesgo de desmoronamiento de terrenos la emite la CENAPRED que es la entidad competente en la materia. Otra organización gubernamental en el nivel federal, por ejemplo, la CONAGUA, es la encargada de determinar la intensidad y magnitud de los fenómenos desastrosos, por ejemplo, las inundaciones, las sequías, y el nivel de las presas. Pero desde otras perspectivas se señala la importancia de la práctica cotidiana a nivel local en la gestión del riesgo de desastres:

“...la gestión del riesgo es esencialmente un proceso, y que un componente de ese proceso es la identificación e instrumentación de soluciones concretas a escenarios de riesgo diversos. Para poder llegar a la solución concreta de un problema particular, hay que garantizar que la gestión es efectivamente un proceso y no un conjunto de

³⁰ El Sistema Nacional de Protección Civil tiene como misión integrar, coordinar y supervisar, para ofrecer prevención, auxilio y recuperación ante los desastres a toda la población, sus bienes y el entorno, a través de programas y acciones. Disponible en: <http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Organizacion> Consulta Septiembre de 2012

instrumentos concretos particulares.”³¹ Diversas organizaciones internacionales como PNUD, la CEPAL y otras establecen que “la Gestión del Riesgo de Desastre definida de forma genérica, se refiere a un proceso social complejo cuyo fin último es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial, sostenibles. Admite, en principio, distintos niveles de coordinación e intervención que van desde lo global, integral, lo sectorial y lo macro-territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar.

Admite, en principio, distintos niveles de coordinación e intervención que van desde lo global, integral, lo sectorial y lo macro-territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar...”³² Lo anterior implica identificar con precisión las ideas, las propuestas y la planificación, para difundirlas posteriormente a la sociedad, con el objetivo de informar a la población pero también de involucrarlos como actores activos ante estos problemas.

Las organizaciones en la gestión de riesgos y en el desarrollo

La gestión del riesgo vinculada al desarrollo debe operar en primer lugar como un ámbito de política pública transversal para orientar las diversas acciones de los actores del desarrollo, en razón del riesgo a desastres que le es inherente.

Las acciones de gestión del riesgo “son responsabilidades compartidas por los actores sociales, con una motivación que no puede ser solo humanitaria, sino de profundo sentido humanista, un acto solidario y sororario de interés común por la vida y el bienestar humano, como el más

³¹ Lavell, Allan. “La Gestión Local del Riesgo., Nociones y Precisiones en torno al Concepto y la Práctica.” Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América Central CEPREDENAC PNUD. 2003. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf Consulta septiembre de 2012)

³² Véase Lavell, Allan y otros. 2003. “La Gestión Local del Riesgo: Nociones en torno al Concepto y la Práctica”. PNUD-CEPREDENAC. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf Consulta: Septiembre 2012



fundamental de todos los derechos y todas las ambiciones.”³³

De acuerdo a la experiencia en otros países de la región, un plan de gestión de riesgo nacional debe contener elementos que “conforman una estrategia, llevada al nivel de acciones y metas que pretenden incidir en el desarrollo nacional, para reducir la vulnerabilidad de la población, incidiendo con una propuesta de política transversal en la perspectiva y orientación de la planificación e inversión estatal, que afecta también a los actores privado y civil, así como con una serie de propuestas específicas de gestión del riesgo que enfatizan en campos del conocimiento, la aplicación del marco normativo para la seguridad humana, la inversión, la gestión local, la preparación para emergencias y la reconstrucción”³⁴ Ante las amenazas de desastre ambiental (desertificaciones e inundaciones provocadas y daños al medio ambiente) los programas de nivel internacional que han sido concebidos por prestigiosos científicos, para mitigar y reducir los desastres que provocarán en los próximos años que millones de personas tengan que abandonar sus hogares y localidades de residencia, hacen ineludible la difusión de material de apoyo, sobre todo en los países que se prevé serán los más afectados por el Cambio Climático. En este sentido, las organizaciones internacionales deben coordinarse con las organizaciones nacionales y subnacionales para que las comunidades logren un rápido poder de recuperación, así como para que reduzcan sus pérdidas económicas, ecológicas, y humanas. Pero si las organizaciones en México siguen estando limitadas por un diseño “arriba-abajo” (*top-down*) se enfrentarán con enormes dificultades que se asemejan a los límites institucionales de los que, en definitiva, depende la capacidad de intervención de las organizaciones. *Dado que la finalidad de la estrategia de reducción de riesgos es proveer de capacidades a la población afectada entonces -y dependiendo de los diferentes fenómenos dañosos y de su distinta magnitud- las organizaciones locales*

³³ Véase para comparar la experiencia en otros países: Plan Nacional para la Gestión de Riesgos. 2010-2015. Costa Rica. Disponible en: http://www.cne.go.cr/Documentos/planificacion/plan_nacional_para_gestion_riesgo_2010_2015.pdf Consultado Septiembre de 2012

³⁴ Plan Nacional para la Gestión de Riesgos. 2010-2015. Op. Cit.

en México se vuelven inviables para enfrentar los peligros a que están sometidas las comunidades frente a los efectos del CC.

Las políticas públicas para el cambio climático y el soporte organizacional

El PNUD encabezó la elaboración del “Documento Temático sobre Gobernabilidad para la Reducción del Riesgo de Desastres”, que se presentó durante la Conferencia Mundial para la Reducción de Desastres (CMRD), en enero del 2005. Allí se recomendó “el desarrollo de un proceso multisectorial para fortalecer las alianzas de trabajo entre diversos sectores y disciplinas, al igual que entre organizaciones de la sociedad civil, grupos voluntarios y el sector privado”.³⁵

En síntesis, la comunicación de riesgos tiene como uno de sus objetivos alertar a la población acerca de los peligros, para lo cual se sirve de los medios como una manera de integrar la gestión de riesgos. De esta forma, la comunicación local de los riesgos puede hacer un uso más efectivo de los medios masivos de comunicación, para alertar a la población y prevenirla sobre los riesgos a los que está expuesta. Adicionalmente, la comunicación de riesgos puede brindar a la población una capacidad de respuesta adecuada, sirviendo de este modo a la estrategia de “adaptación” definida anteriormente, sobre todo frente al cambio climático. No obstante, no sólo las comunidades directamente afectadas se ven beneficiadas por una comunicación de riesgos adecuada, también el sector público/político y la sociedad civil en general, reciben los beneficios de una buena comunicación frente a los riesgos. Acorde con la gestión de riesgos, se deben establecer políticas públicas que mitiguen los daños o logren adaptar a la población a ciertos riesgos.

Pero para implementar dichas medidas, las organizaciones existentes deben adaptarse, a su vez, a las necesidades de las estrategias de reducción de riesgos. *Las organizaciones se vuelven esenciales en la implementación de las políticas públicas para la reducción de riesgos, y a su vez, se convierten en los canales ideales para la comunicación de los riesgos, para lo cual sus integrantes deben ser capacitados en las nuevas*

³⁵ Véase ONU, International Strategy for Disaster Reduction. Disponible en <http://www.eird.org/cdmah/contenido/lineamientos-plataformas.pdf> Consulta: agosto de 2012



perspectivas que se orientan a la mitigación y a la adaptación.³⁶ Si la política pública es:

“El curso intencional de acción que sigue un actor o un conjunto de actores al tratar un problema o asunto de interés. El concepto de políticas presta atención a lo que de hecho se efectúa y lleva a cabo, más que a lo que se propone y quiere. Distingue también la política de una decisión, que es la mera elección entre alternativas” (Anderson, citado por Aguilar, 2007a: 27). En ese sentido, están destinadas a la *solución de* problemas; se entienden como una declaración de *intenciones*, como una declaración de metas y objetivos. Para Pressman y Wildavsky: “las políticas son una cadena causal entre las condiciones iniciales y las futuras consecuencias: si X, entonces Y” (Pressman y Wildavsky citado en Aguilar, 2007b: 44).

Uno de los principales aportes del análisis de las políticas públicas (*Policy Analysis*) es poder caracterizar la intervención de los diferentes actores (gubernamentales o no gubernamentales) poniendo énfasis en las diferentes *fases* de las políticas. Así, algunos analistas de políticas se centrarán en las organizaciones de la sociedad civil, en las empresas, en los sindicatos, en las organizaciones religiosas, o en otro tipo de organizaciones: “Los analistas se concentran en diferentes etapas del proceso de las políticas públicas...algunos, por ejemplo, se muestran muy interesados en el papel de los grupos de interés en la definición de políticas; otros, en el impacto de la burocracia en la toma de decisiones o en el papel de los profesionales en la ejecución de las políticas. Los analistas también pueden ocuparse de diferentes etapas del proceso, como la formulación, la implementación o la evaluación de las políticas”. (Parsons, 2007: 66)

Dado lo anterior, el *diseño* y la *implementación* de políticas, que contemplen *acciones públicas* específicas para enfrentar las consecuencias del cambio climático ha de considerar no sólo las dimensiones ambientales, sino los aspectos sociales, económicos y políticos, para que sean retomados por los actores gubernamentales (tomadores de decisiones) y los no gubernamentales (en general, las organizaciones de

sociedad civil y las organizaciones intermedias o del “tercer sector”). En la situación específica de México ante la urgencia de definir las estrategias para la mitigación y la adaptación al cambio climático (lo que incluye ineludiblemente tomar decisiones para financiar este esfuerzo), significaría definir las modalidades de acción conjunta del actor gubernamental *con* la sociedad.

La planeación y el desarrollo concreto de las políticas públicas dependen en gran medida del tipo de diseño de políticas involucrado. Si el diseño es prospectivo (*forward mapping*) la estrategia del planificador es acorde con la intención del tomador de decisiones, y continúa por una serie de “pasos” lógicos para definir lo que se espera de cada uno de los responsables de la implementación; de esta manera, el último eslabón de la cadena de decisiones simplemente “se adaptará” al objetivo original. Una “población” específica puede definirse como el “objetivo de una política” pública, y el efecto esperado se debería observar en la población objetivo” para poder evaluar los resultados a la luz de los objetivos originales. En cambio, el diseño “restrospectivo” (*backward mapping*) “cuestiona explícitamente el supuesto de que quienes elaboran las políticas deberían ejercer, o de hecho ejerce, una influencia decisiva sobre lo que ocurre durante el proceso de la implementación”.³⁷ Mientras que el primer diseño “refuerza el mito de que el proceso de implementación se controla desde arriba” (*top-down*), el segundo tipo de diseño “no parte de la cúspide del proceso de implementación, sino de la última de las etapas posibles, del punto mismo en el que las acciones administrativas se entrecruzan con las decisiones privadas” (*botton-up*).³⁸

En el caso específico de México, esto significaría establecer prioridades para que los planes y programas de protección civil sean elaborados en conjunto por las organizaciones locales, junto con los tomadores de decisiones en los programas claves (como SEGOB, SAGARPA, SEDESOL, SEMARNAT, FONDEN, FOPREDEN, CONAGUA, entre otros) en la gestión de reducción de riesgos.

En tanto que el diseño retrospectivo optas por desarrollar los mecanismos informales de

³⁶ Resultados de investigación del Proyecto PI2010-97 “Consecuencias antropogénicas del cambio climático: monitor de políticas públicas en las ciudades de México, Iberoamérica y Latinoamérica, ante la urgencia de la mitigación y la elaboración de metodologías para la adaptación (resiliencia)” (Inédito)

³⁷ Elmore, R., “Diseño retrospectivo: La investigación de la implementación y las decisiones políticas”, en Aguilar Villanueva, 2007b: 253-254.

³⁸ Elmore, Op. Cit. pp. 255-256.



delegación de la autoridad dispersando el control,³⁹ a diferencia de los diseños “top-down” que confían en los mecanismos formales de mando y control capaces de centralizar la autoridad, se debe poner énfasis en la cuestión organizacional. Si las políticas públicas permiten construir las bases para enfrentar con éxito la problemática del cambio climático, los “temas” de la agenda ambiental deben ser mucho más específicos, identificar agentes y tomadores de decisión en cada etapa, y lanzar acciones involucrando no sólo a las diferentes dependencias estatales sino a las organizaciones locales (ONG’s, Centros Ambientistas, Centros Comunitarios, Centro de Educación Ambiental, etc.) para coordinar conjuntamente la intervención. Esta perspectiva se aleja del “supuesto implícito e incuestionado de que *los elaboradores de políticas controlan los procesos organizativos, políticos, tecnológicos que condicionan la implementación*”.⁴⁰ y daría mucha mayor importancia a las organizaciones no sólo nacionales, sino locales en la gestión de los riesgos.

De esta manera, la secuencia de los “pasos a seguir” pueden ser mucho más flexibles y obedecer a las necesidades y circunstancias reales de las comunidades. Por ejemplo, si el objetivo de una comunidad es “crear conciencia” sobre los peligros del cambio climático sobre medioambiente, las líneas estratégicas que se desprendan no necesariamente deberían responder en un todo de acuerdo con los planes y programas a nivel nacional; el hecho que se apliquen ciertas políticas públicas definidas en el plan nacional para la gestión de riesgos, implica planificar no sólo “desde arriba”, sino dese la realidad cotidiana de las comunidades. De allí que los diseños “top-down” presentan mucho más riesgo de confundir a la población, de difundir de manera ambigua los objetivos de los planes trazados “desde la cúpula”, de comunicar de manera errónea o de omitir cuestiones importantes para las comunidades, y por lo tanto, de gestionar de manera subóptima en las comunidades de base. De esto se deriva lo abstracto de las formulaciones de las políticas para el cambio climático, toda vez que los objetivos “internacionales” (por ejemplo, reducir la emisión de GEI a la atmósfera) pueden resultar inalcanzables e incluso, contradictorios con las necesidades de los países en desarrollo

(incrementar el crecimiento económico y estimular el desarrollo) o de las comunidades (imposibilidad de pasar de manera inmediata de un tipo de cultivo a otros, como en el caso de los planes de plantación de la palma de aceite o del uso del maíz como biocombustible, por ejemplo).

Es mucho más simple pasar de un eslabón de la cadena de decisiones en el plano teórico, que en el plano concreto, por supuesto. Pero esta dificultad se refuerza mucho más cuando “las etapas” que se quieren encadenar, no existen o fallan en el plano concreto. Es decir, podemos realizar acciones de “mitigación” en las comunidades olvidándonos que se viven etapas del desarrollo humano muy diferentes entre distintas comunidades, y que muchas veces implica un proceso de maduración antes de poder alcanzar “el plan nacional”. Por ejemplo, al igual la caña de azúcar o la soya, el aceite de palma, sirve para la producción de biocombustible, que se ha establecido como un medio idóneo para dejar de usar combustibles fósiles y reducir así la emisión de GEI. Pero su cultivo implica la generación de *otros riesgos*.⁴¹

Otro tipo de políticas se refieren a lograr pautas de consumo adecuadas y sustentables, como el uso

⁴¹ Véase “Monografía de la palma de aceite”, Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria Debido a que “México, requiere de producir oleaginosas como la palma a bajo costo, que a la vez le permita a la industria nacional alcanzar la competitividad en la extracción y refinación de aceite. De otra forma, la producción nacional será sustituida por las importaciones más baratas”, muchas empresas están expandiendo este cultivo principalmente en las regiones tropicales como las que existen en Veracruz. Pero ello ha traído problemas inesperados, como la “...tala de bosques, envenenamiento de suelos, agua y aire por medio de venenos agrícolas, así como conflictos de tierra y empobrecimiento de las poblaciones afectadas son algunas de las consecuencias (...) también afectan a la tierra provocando una sequía excesiva (...)muchas empresas están extendiendo sus plantaciones de palma, afectando a comunidades locales que denuncian invasión de sus tierras, daños al medio ambiente y violaciones de los derechos humanos que incluyen asesinatos, desapariciones, torturas y desplazamiento forzado...” Disponible en: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COV/ECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOS/DIFUSION/MONOGRAFIA%20DE%20PALMA%20DE%20ACEITE.PDF> Consultado Septiembre de 2012.

³⁹ Elmore, Op. Cit. p. 258.

⁴⁰ Elmore, Op. Cit. p. 254.



más racional de los vehículos particulares, la separación de residuos, el racionamiento en el uso de energía doméstica, la utilización de los focos ahorradores, etc. Para ello también se necesitan medidas que son gestionadas desde las organizaciones.

Si el objetivo de las políticas medioambientales es que la población tome conciencia del deterioro del ambiente producido por la acción humana, e inducir de esta forma un consumo con menor generación de GEI (recordemos que México se encuentra entre los primeros 15 emisores más importante del planeta), todavía es parte de un interesante debate cómo las organizaciones logren sensibilizar a los ciudadanos y cómo influyan los programas en la opinión pública, sobre todo teniendo en cuenta que ni siquiera muchos de los funcionarios de las organizaciones medioambientales tienen completa claridad sobre las causas de la contaminación o la generación de GEI. (Véase al respecto, Lezama, 2006).

Dentro de las organizaciones que deberán implementar las acciones de políticas públicas para la gestión de riesgos ante el cambio climático, se encuentran los centros de educación ambiental en el Distrito Federal. Dado que las estrategias de adoptadas frente al cambio climático implica un diseño de políticas públicas elaboradas “desde el Estado”, también se espera una implementación consistente “desde la comunidad” que tengan en cuenta la prevención, la mitigación, y la adaptación; en definitiva, se esperaría que los Centros de Educación Ambiental que están trabajando en el ámbito del gobierno del Distrito federal trabajaran mancomunadamente con las organizaciones de nivel superior (la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, por ejemplo).

Sin embargo, en México las políticas pasan desde el nivel federal, estatal, municipal y sectorial por procesos muy variados. Si en el proceso de las políticas públicas pueden distinguirse al menos etapas: diseño (incluyendo la formación de la agenda), implementación, evaluación, en el plano práctico el ciclo de puede repetir o retroceder en algún punto. (Parsons, 2007).

Durante la fase de formación de la agenda se define qué temas o problemas serán tomados en consideración por el gobierno, y será tratado como “problema público” o de la agenda de gobierno (Aguilar Villanueva, 2007c). Una vez que el tema

se ha convertido en problema de políticas públicas, son las organizaciones públicas las que proceden a decidir qué pasos se debe seguir para cumplir con la agenda prevista -planificación de acciones, en la forma de programas, que pueden incluir proyectos legislativos para dotarlas de legalidad y de financiamiento necesario-. Un diseño “top-down” prevé que al finalizar las etapas del ciclo, la evaluación determinará si los objetivos del programa han sido cumplidos, o se ha desviado y en qué medida, aquello que inicialmente estaba en el diseño original. Por el contrario, un diseño “bottom-up” tiene más en cuenta los problemas concretos que generalmente se presentan al nivel de base en las organizaciones, lo que se denominó “el nivel de la calle” (*street-level bureaucracy*), donde existen los funcionarios de carne y hueso.

⁴² Pero las formas de evaluación de políticas contemporánea han cambiado, y ya no se espera el último día del programa para realizarla, sino que se establece un sistema de evaluación o seguimiento (monitoreo) continuado, lo que permite alterar partes del diseño, o incluso adaptarlo a las nuevas circunstancias, sin por ello tener que modificar todo el programa o poner en riesgo el conjunto de la política.⁴³ En problemas complejos como los generados por el cambio climático, se debe contar con ayuda mutua entre el Estado, las organizaciones públicas y privadas, y las comunidades de base, ya que se deben crear acciones conjuntas (sinergia) para enfrentar y en su caso, superar, los riesgos medioambientales de manera adecuada.

Además, la percepción del riesgo no es homogénea entre las diferentes comunidades, y ni siquiera dentro de las organizaciones gubernamentales o no gubernamentales dedicadas al problema ambiental (Véase Lezama, Op. cit) El conocimiento acerca del riesgo medioambiental y en específico, acerca de los daños ocasionados por la emisión de GEI al ambiente, no tienen relación con las propuestas de acciones específicas en cada ámbito. Para ello es importante desarrollar una cultura organizacional

⁴² Véase al respecto Lipsky, M., *Street-level Bureaucracy; Dilemmas of the Individual in Public Services*, 1980. Citado en Aguilar Villanueva, 2007b

⁴³ Véase el concepto de metaevaluación, en Majone, 1997)



que tome como prioridad *la intervención* antes dichos riesgos.

Conclusiones

Actualmente en las comunidades de México se tiene muy poco acceso a la tecnología informática y a la información, que son fundamentales tanto como los recursos financieros, la educación, y los recursos humanos capacitados, para gestionar el riesgo a partir de poder definir las líneas de las adaptaciones posibles frente al cambio climático. Esto hace difícil llevar adelante en las comunidades locales las políticas específicas para enfrentar los problemas del cambio climático a través de la adaptación. Además de lo anterior, es necesario establecer qué impactos del cambio climático pueden tratarse de forma concreta en México a través de la adaptación, dado que a medida que se empeora la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) disminuyen las opciones para que dicha adaptación sea exitosa. Se deben diseñar políticas orientadas a las comunidades que respondan una serie de interrogantes: ¿alcanza con el cuidado de las áreas verdes y forestales? O bien: ¿se necesitan de modificaciones profundas en los hábitos de consumo que reduzcan las emisiones? ¿Qué soluciones políticas y de gestión pública hacen falta implementar?

Las organizaciones tienen un rol fundamental en las estrategias para la adaptación y mitigación frente al CC, debido a que se necesitan acciones contundentes a nivel de las comunidades para enfrentar esta problemática a nivel local. Sin embargo, no se cuenta todavía con un sistema de redes interinstitucionales de nivel subnacional o local, es decir organizaciones que estén preparadas en las comunidades para enfrentar los eventuales escenarios de desastres, y que puedan reducir la vulnerabilidad y alcanzar la adaptación. En el plano local, las organizaciones comunitarias pueden tener un papel importante en el cuidado y uso responsable de bosques y zonas agrícolas. Además se están desarrollando métodos para capturar carbono atmosférico, ideales en el ámbito rural. Pero para tener éxito al integrar estas opciones requiere de un diseño flexible, “de abajo hacia arriba” no solamente siguiendo la línea jerárquica que va desde el nivel supranacional hasta el subnacional, como ocurre actualmente. Esto implica encontrar soluciones idóneas para el efecto del cambio climático, en donde se pudieran integrar los aspectos académicos con los criterios técnicos, económicos y políticos, en una gran red de actores sociales (no solamente gubernamentales).

Asimismo, resulta de vital importancia, en el contexto de las afectaciones al cambio climático, contar con información relevante para la formulación de mapas de riesgo municipales y estatales, así como para generar proyectos de desarrollo que tengan en cuenta las adversidades actuales y futuras, y generar información con base en la gestión de riesgo, la reducción del riesgo de desastres actualmente en México no cuenta con un diseño interorganizacional que tenga en cuenta como un primer eslabón a las organizaciones locales, y depende profundamente de las organizaciones gubernamentales de nivel superior, o de las investigaciones en las instituciones académicas.

Esto implicaría en primer lugar, superar la actual dispersión de información entre diferentes organizaciones públicas gubernamentales o no gubernamentales (como algunas universidades y centros de investigación) que generan la información climatológica y, en segundo lugar, consolidar una metodología consistente. Cabe recordar que las organizaciones ambientales muchas veces no cuentan ni siquiera con una PC en condiciones técnicas de manejar programas georeferenciados y menos simuladores de clima que actualmente requieren acceso a internet. Eventualmente, las organizaciones locales no pueden asumir la tarea de generar documentos o recomendaciones a nivel local, pero están en condiciones de realizar sus propios mapas de riesgo empleando observaciones directas de campo y empleando información cualitativa en las propias comunidades.

Un papel importante sin duda lo tendrán organizaciones de educación ambiental; ellas deberán orientar una parte de sus contenidos temáticos orientados a lograr la adaptación al cambio climático, sobre todo en aquellas comunidades que son especialmente vulnerables a este tipo de fenómenos dañosos. A ello se debe agregar acciones de capacitación y la investigación, en combinación con las organizaciones de nivel superior por ejemplo, para proveer mapas de riesgo a las comunidades.

La estrategia de reducción de riesgos debe proveer de capacidades a la población afectada pero las organizaciones locales en México resultan actualmente inviables para enfrentar los peligros a que están sometidas las comunidades, debido a los efectos del CC.



Pero para ello se debe cambiar la orientación de las políticas, que siguen estando limitadas por un diseño “arriba-abajo” (*top-down*); de lo contrario, las organizaciones ambientalistas locales se enfrentarán inevitablemente con la lógica jerárquica, y verán limitada su capacidad de intervención de las organizaciones. Un diseño retrospectivo y “abajo-arriba” (*bottom-up*) que involucre directamente a las organizaciones locales sería mucho más recomendable y acorde con las medidas de reducción de riesgo previstas la ONU y los gobiernos para mitigar y adaptarse al CC.

Fuentes de consulta

1. Aguilar Villanueva, Luis F. (1992). 2007a. La hechura de las Políticas. *Antologías de Política Pública*. México: Porrúa.
2. ----- (1993). 2007b. La implementación de las Políticas. *Antologías de Política Pública*. México: Porrúa.
3. ----- (1996) 2007c. *Problemas públicos y agenda de gobierno*, México, México: Porrúa
4. ----- (1996) 2007d. *El estudio de las políticas públicas*. México: Porrúa
5. Beck, Ulrich. (2002) *La sociedad del riesgo global*. Siglo XXI: Madrid.
6. ----- (2006) *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Paidós: Barcelona.
7. Castañeda, Itzá; Campuzano, Grisel; Moya, Xavier; De León Julieta; Paredes, Amalia; Demerutis, Elba.
8. 2007. “Superar la desigualdad, reducir el riesgo: gestión del riesgo de desastres con equidad de género”
9. en PNUD. 2007
10. CENAPRED. 2010. Informe de actividades 2009: Centro Nacional de Prevención de Desastres: México.
11. CENAPRED. 2010. Atlas Nacional de Riesgos, Segob- Cenapred, México.
12. De la Cruz Rock, Argüello Zepeda y Tello Iturbe: (2009) *Sociedad, Conflicto y Ambiente*, Edición electrónica gratuita. México.
13. EIRD. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2007). Reducción de Desastres en las Américas, EIRD Informa. Consultado 6 de Octubre de 2011. Disponible en : <http://www.eird.org/esp/revista/no-14-2007/art8.html>
14. Gay, García, C., (2003) *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies, Program: México.
15. Íñiguez, L. (1995) *Métodos cualitativos en psicología social*: Presentación, Revista de Psicología Social Aplicada, vol.5, núm.1.
16. INE. (2006) Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México: INE, SEMARNAT, PNUD México, EPA, Global Environment Facility.
17. IPCC. (2007) Cuarto Reporte de Evaluación. Londres: Cambridge University Press. Consultado 10 de octubre de 2011. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
18. IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2007). Cambio Climático 2007, impacto, adaptación y vulnerabilidad.
19. IPCC (2007). «Resumen para responsables de políticas». En Pachauri, R.K. y Reisinger, A. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: Cambridge University Press.
20. Lezama, José Luis *Población, ciudad y medio ambiente en el México contemporáneo*. 2006. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales. México: COLMEX)
21. Majone, Giandomenico, *Evidencia, argumentación y persuasión en la formulación de políticas*. 1997. México: FCE
22. Parsons, Wayne. 2007. *Políticas públicas: una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas*. México: FLACSO/Miño y Dávila,
23. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD (2007) *Superar la desigualdad, reducir el riesgo. Gestión del riesgo de desastres con equidad de género*. América Latina Genera.
24. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2011
25. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2005
26. Sampieri, R.; Collado, C.; Lucio, P.; (2003) *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill: México.



27. Secretaría de Educación Pública. (1999) *La educación Ambiental en la Escuela Secundaria*, SEP. Lectura. México.
28. Secretaría del Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal. 1999. *Manual del paquete básico de Educación Ambiental para la Ciudad de México*. México: Dirección General de Educación Ambiental
29. --2008. *Segundo Informe de Trabajo*. México
30. -- 2010. *Segundo Informe de Trabajo*. México
31. -----, 2011. *Segundo Informe de Trabajo*. México
32. SEDESOL, 2012: "Boletín especial sobre la incorporación de criterios de adaptación al cambio climático en los instrumentos de planeación urbana"
33. SEMARNAT. 2008. *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*, Semarnat, México.
34. -- 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012
35. --2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). México: Semarnat. Consultado 30 de Noviembre de 2011. Disponible en : <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/615.pdf>
36. SEMARNAT/INE. 2010. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México. . Consultado 1 de diciembre de 2011. Disponible en : <http://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc4s.pdf>



La percepción del cambio climático en adultos mayores, el caso de Veracruz.

Felipe R. Vázquez Palacios¹, Rodrigo Tovar Cabañas², Edit Rodríguez Romero³, Teresa Abraham Arano⁴, Sandra Areli Saldaña Ibarra⁵, Shany Arely Vázquez Espinosa⁶ y Adriana Ochoa Pumarino⁷

¹Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social Unidad Golfo (CIESAS-Golfo), e-mail: <fevaz19@gmail.com>

²Universidad Veracruzana, Licenciatura en Geografía e-mail: <rod_geo77@yahoo.com>

³Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana e-mail: <edrodriguez@uv.mx>

⁴Universidad Veracruzana, Licenciatura en Psicología e-mail: <tereabraham_@hotmail.com>

⁵Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana e-mail: <saraar11@hotmail.com>

⁶Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana e-mail: <shanyvaz@gmail.com>

⁷Universidad Veracruzana, Licenciatura en Enfermería e-mail: <adriana.pumarino@gmail.com>

Resumen

La ponencia es un trabajo inicial de un proyecto de investigación interdisciplinario, cuyo objetivo principal es dar a conocer la percepción de la población de 60 años y más en el estado de Veracruz con relación al Cambio Climático y sus efectos sobre el bienestar y la salud. Asimismo, se pretende tipificar a los adultos mayores en relación a su percepción del Cambio Climático y su relación con la salud, ello con la intención de ubicar los futuros problemas relacionados con el crecimiento exponencial de la población anciana del estado de Veracruz bajo un contexto de cambios en las oscilaciones térmicas. De manera concomitante se intentará reflejar la comprensión de la percepción del cambio climático desde un enfoque interdisciplinario. En ese sentido, las rutas metodológicas que pretendemos que guíen la presente investigación ahondan en la cuantificación de las proyecciones y tendencias del cambio climático natural (Aguirre, 2005); en la precisión sobre la distribución espacio-temporal de las epidemias y demás fenómenos estudiados por la geografía de la salud (Olivera, 1993); así como en los modelos geriátrico-demográficos.

Introducción

Con la aparición del primer informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático IPCC (por sus siglas en inglés), en el año de 1990, los estudios en torno al cambio climático se incrementaron de forma significativa. Esto debido a que desde el hombre común hasta los expertos en meteorología, se ha podido comprobar un ligero incremento de la temperatura promedio de nuestro planeta Tierra, en una primera instancia, cuatro

disciplinas académicas se dieron a la tarea de ubicar, definir e interpretar las causas de dichas alteraciones meteóricas a nivel planetario¹. En términos ecológicos se estima que el cambio climático poco a poco colapsa los ecosistemas (Vale, Alves y Lorini, 2009), por su parte en las ciencias de la Tierra se precisa que el paisaje (ecosistema) en unas cuantas décadas o incluso en pocos años ha sufrido cambios climáticos abruptos o súbitos (Thompson, 1998), mientras que desde el ámbito de las ciencias sociales se habla principalmente de mitigación y adaptación al cambio climático (OMS, 2003; González, 2009). El mérito de estos esfuerzos científicos radica en advertir la existencia de dicho fenómeno. Empero cabe agregar que en la literatura especializada a nivel mundial son muy escasos los estudios sociales de corte interdisciplinario tendentes a enriquecer la comprensión y dimensión del cambio climático², que en conjunto tienen relación directa con la construcción de políticas tendentes a prevenir y mitigar las amenazas derivadas de dicho fenómeno de trascendencia mundial.

Es probable que esta laguna intelectual se deba a un fuerte escepticismo derivado de una confusión

¹ Desde el punto de vista geoquímico se ha determinado el ciclo del CO₂ (desde su origen en la litosfera-astenosfera y su dinámica en la atmósfera e hidrosfera) y su relación con ciertos fenómenos climáticos, tal como el famoso efecto invernadero (Lara y Hernández, 2006)

² Tales como: salud pública y cambio climático, psicología geriátrica y cambio climático, enfermería comunitaria y cambio climático, antropología de la vejez y cambio climático, etcétera.



académica, es decir, como actualmente existen dos corrientes de pensamiento abocadas al estudio del cambio climático³ no es fácil llevar a cabo el trabajo interdisciplinario en cuanto a ciencias sociales se refiera. Por otra parte, llama la atención que en plena época de los estudios pos-coloniales, de los estudios sub-alternos, del enfoque posmodernista, del pos-eurocentrismo y del pos-helenocentrismo, de los estudios de género y de los aportes de la microhistoria sigan surgiendo hipótesis tan laxas como la teoría antropogénica del cambio climático, la cual de ninguna manera podrá ser tomada de forma sensata por ningún cientista social serio. Otra cosa es acercarse desde las ciencias sociales al análisis sociológico y antropológico de teorías de corte físico como la teoría natural del cambio climático. En ese sentido la presente investigación se suma a la comprensión del fenómeno del cambio climático natural retomando la sinonimia, los puentes teóricos, el isomorfismo, la filosofía integracionista, entre otros recursos metodológicos⁴ propios de la corriente interdisciplinaria para así poder brindar un panorama particular, en este caso referido a algunos problemas sociales relativos al cambio climático en estado de Veracruz, México.

³ La primera y más popular es la mal nombrada teoría antropogénica del cambio climático, la cual argumenta que el calentamiento global de nuestro planeta es producto de las actividades humanas, por lo que sus partidarios filosóficamente creen que lo más conveniente para la raza humana sea disminuir el calentamiento global mediante acciones políticas, en donde la lucha es contra aquellos gobiernos y empresas ajenas al protocolo de Kioto; mientras la teoría astronómica del cambio climático, aunque es más antigua es menos conocida, propone un andamiaje teórico, etimológico y epistemológico, basado en entender el concepto de naturaleza como cambio cíclico. En donde sus partidarios filosóficamente creen que lo más conveniente para la raza humana es adaptarse a estos grandes ciclos de cambio climático. De modo que su lucha es contra todas aquellas actividades industriales que consideran a los recursos no renovables como fuentes inagotables.

⁴ Es decir, la presente investigación, por su carácter multidisciplinario, tiene una estrategia metodológica dividida en tres rutas, en función de las respectivas disciplinas involucradas (antropología, salud pública y geografía), mismas que al final se integraran a partir de una correlación por matrices, así como por componentes principales, coeficientes de correlación e instrumentos de análisis espacio-temporal, así como por la reflexión dialéctica derivada de los pertinentes análisis cualitativos y de interpretación.

Clima y demografía del envejecimiento en Veracruz

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2011) en el territorio veracruzano existen alrededor de once climas bien definidos, los cuales en función de la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales⁵ se pueden agrupar en cuatro grandes áreas: la primera y más grande de ellas es una zona medianamente isotermal (de 5° a 7.5° C) que va desde el municipio de San Rafael (Región Nautla) hasta Las Choapas en el sureste del Estado, abarcando la mayoría de las entidades menores a 1000 msnm; la segunda zona se imbrica con la anterior pero se diferencia por ser muy isotermal (menor a 5°C); la región Totonaca y la Huasteca Baja dan origen a la tercer zona, cuyo rasgo distintivo es su gradiente térmico menor a 10°C, pero superior a 7.5° C; finalmente al norte del Estado en la región Huasteca Alta se sitúa la zona más extremosa de Veracruz (mapa 1).

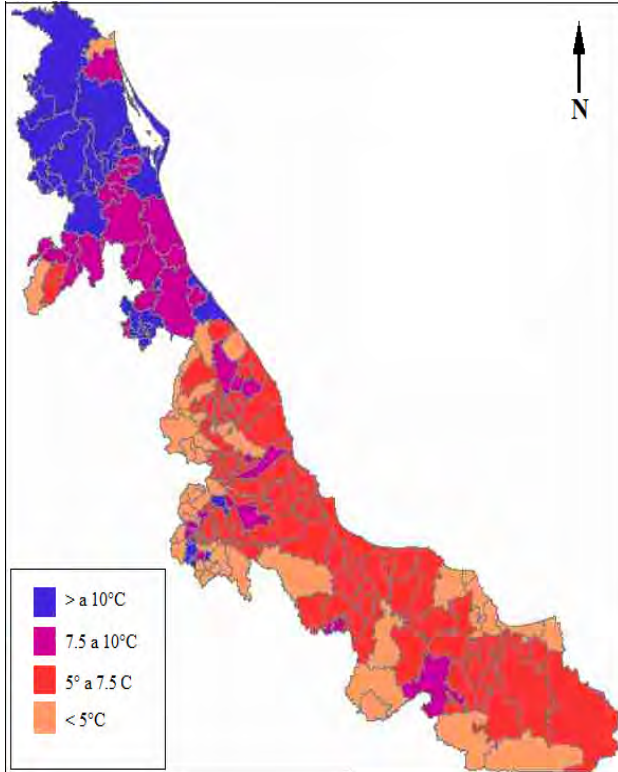
Si bien es cierto que el ser humano se ha adaptado a cualquier tipo de clima es necesario precisar que él mismo durante su senectud, se enferma de manera diferencial en función del tipo de clima en donde habita, este hecho logra impactar en las políticas públicas cuando la población de adultos mayores es bastante considerable, por lo que resulta pertinente proporcionar la distribución espacial de la población de 60 y más años en el estado de Veracruz, con la intención de ubicar los municipios con la mayor cantidad de adultos mayores. Con base en el mapa 2 podemos caracterizar a los adultos mayores de la entidad federativa bajo estudio en cuatro clases: Veracruz (puerto) y la capital del estado, Xalapa pertenecen a los municipios con más de 40,000 adultos mayores; Tuxpan, Papantla, Poza Rica, Córdoba, Coatzacoalcos y Minatitlán cuentan con una población de adultos mayores superior a 15,000, pero menor a 25,000; el resto de los municipios se dividen entre los que cuentan con una población de adultos mayores que oscila entre los 15,000 y los 3000 habitantes mayores de edad (por ejemplo: Pánuco, Martínez de la Torre, Tierra Blanca, Playa Vicente y Las Choapas) y los que tienen una

⁵ De las tres variables climáticas hemos decidido abocarnos al análisis de la oscilación anual, puesto que nos interesa conocer cómo impactará ese medio grado centígrado a cada municipio en particular. Advertimos que algunos municipios climáticamente fronterizos posiblemente dejen de ser isotermales y se tornen ligeramente extremosos, como en el caso del municipio de Nautla.



población envejecida menor a 3000 habitantes (v.g.: Tampico Alto, Cazonos de Herrera, Medellín y Tatahuicapan de Juárez

Mapa 1 Oscilación térmica por municipios en Veracruz

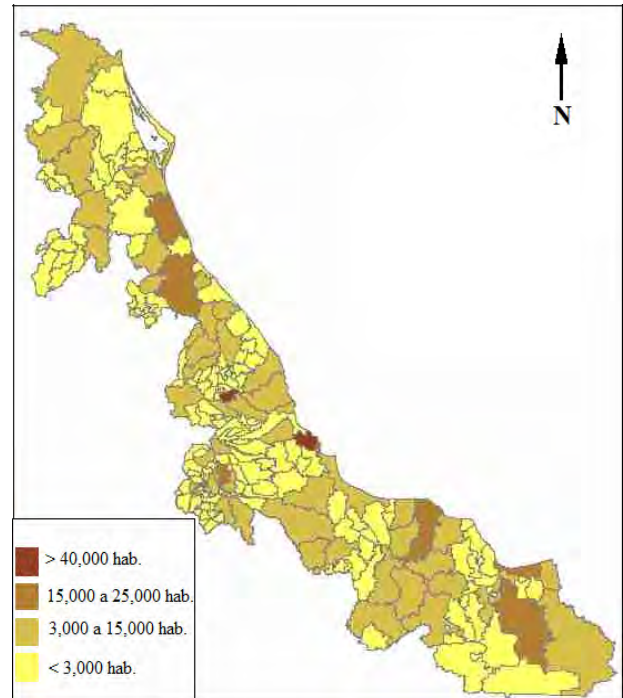


Fuente: Interpolación propia con base en García, 2004. La cartografía temática fue desarrollada a partir del software GvSIG (Sistemas de Información Geográfica de patente libre).

De acuerdo con el INEGI, una de las principales causas de muerte en los grupos de 65 y más años son las infecciones respiratorias agudas (IRAs) y dado que estas tienen cierto grado de correlación con los cambios bruscos de temperatura (clima), planteamos hipotéticamente que: a mayor oscilación térmica mayor riesgo de contraer algún tipo de IRA, o viceversa, el número de defunciones por IRA se correlaciona de forma significativa con el tipo de oscilación térmica. De modo que en nuestro análisis es importante conocer las defunciones por IRA que hubo en cada uno de los municipios que integran a nuestro estado bajo estudio (mapa 3), con la intención de calibrar nuestro cruce de información geoespacial. Al respecto podemos apuntar que existen cinco grupos de municipios, en función del porcentaje de defunciones a consecuencia de IRAs en adultos mayores, a saber: a) los que estadísticamente no presentan problema alguno,

que son la mayoría, es decir ciento setenta y siete municipios presentan tasa cero; b) los que tiene una tasa del 1 al 1.9% (en este grupo vale la pena mencionar a Veracruz y Xalapa); c) los de 2 a 2.9% (en donde podemos ubicar a Poza Rica); d) 3 – 4% (Medellín); y d) Puente Nacional con una tasa de 7.69%.

Mapa 2 Población de 65 y más años en Veracruz, 2010.



Fuente: Cartograma propio con base en INEGI, 2011b

Con lo expuesto hasta el momento, podemos empezar a plantear observaciones preliminares que nos sirvan para tipificar los municipios de la siguiente manera:

En el municipio de Poza Rica se conjugan los tres factores analizados para ubicarlo como una zona de atención prioritaria; debido a la pronunciada oscilación térmica y a su población de adultos mayores (superior a los tres mil habitantes) Río Blanco ocupa el segundo sitio en cuanto a problemáticas gerontológicas bajo un contexto de cambio climático se refiera; Veracruz, Xalapa y Orizaba, pese a que cuentan con un régimen de oscilación moderado, debido a su crecimiento demográfico senil, conforman un tercer foco de



atención; Puente Nacional es un caso excepcional puesto que es su elevada tasa de defunciones por IRAs en adultos mayores lo que lo sitúa en un cuarto sitio; de los casos prioritarios cerramos con un quinto grupo conformado por Cosamaloapan, Medellín de Bravo, Papantla de Olarte, Tamiahua y Tempoal de Sánchez.

San Andrés Tuxtla, Panuco, Córdoba y Boca del Río son municipios que deberán ser monitoreados pues el análisis los sitúa en la media.

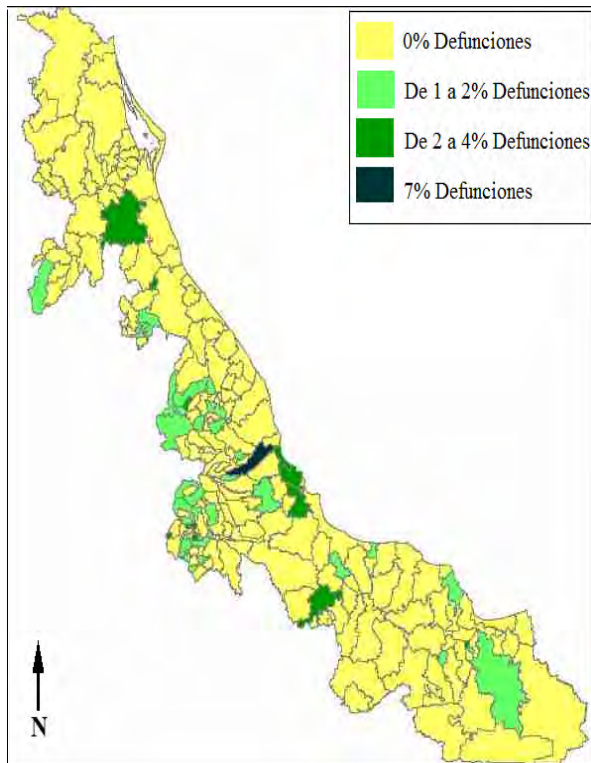
Tomando en cuenta los escenarios descritos con anterioridad, ahora queremos mostrar con base en las entrevistas que hemos realizado la percepción que tienen sobre el cambio climático los adultos mayores de las Tierras cálidas de Veracruz cuyos municipios se encuentran dentro de la sección de los menos afectados, cabe agregar que para tal efecto se entrevistaron a 137 personas, todas adultos mayores (gráfica 1), habitantes de los municipios de Alvarado, Emiliano Zapata, Apazapan y Minatitlán, principalmente.

Los resultados preliminares más reveladores son que: el 58.5% de los encuestados tuvieron una alta percepción del cambio climático en relación con el proceso de salud-enfermedad (a su vez de esta cifra sólo el 65% se correspondió con las IRAs mientras que el 35% restante, se relacionó con enfermedades diarreicas o EDAs); por otra parte, el 41.5% de la muestra indicó que se tiene una baja percepción del cambio climático en relación al proceso salud-enfermedad (ya que de estos el 58% asocia el cambio climático con cualquier ámbito o bien el 42% contestó de manera tautológica). Como vemos, al ponderar los porcentajes resulta que sólo el 33% de la muestra percibe la relación que existe entre el cambio climático y las infecciones respiratorias agudas o IRAs.

Reflexiones finales

Tomando en cuenta la cultura del autocuidado y de la prevención en Veracruz, la asimétrica capacidad instalada y de infraestructura de la secretaria de salud, así como la simulación de la operatividad de los programas sociales para atender al grupo bajo estudio, los problemas de salud de los adultos mayores ante escenarios de cambio climático irremisiblemente tendrán lugar en el norte del Estado, principalmente en Poza Rica, luego quedará involucrado Puente Nacional, sin embargo cuando el problema se manifieste tangiblemente en Xalapa, Veracruz y Orizaba, éste podría llegar a escalas de corte epidémico como ocurrió hace algunos años en Europa con los golpes de calor.

Mapa 3 Tasa sexenal de mortalidad por IRAs, Veracruz, 2004-2009

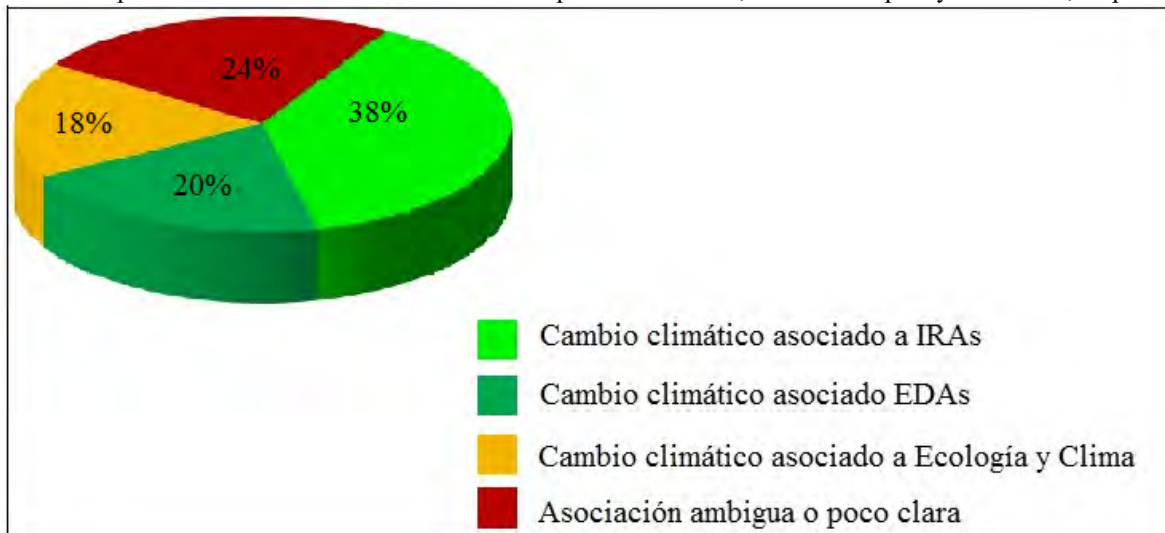


Fuente: Cartograma propio con base en Secretaria de Salud, 2011.

Ahora bien, los municipios cuya población de adultos mayores resentirán ínfimamente los estragos del fenómeno de cambio climático natural se agrupan de la manera siguiente: Acultzingo, Ayahualulco, Jesús Carranza, Mariano Escobedo, Mixtla de Altamirano, Texhuacan y Tlaquilpa son las dependencias más afortunadas, les siguen: Xico, Teocelo, Astacinga, Altotonga y Alvarado; Minatitlán,



Gráfica 1 Percepción del cambio climático en los municipios de Alvarado, Emiliano Zapata y Minatitlán, en porcentaje.



Fuente: Círculograma elaborado con base en encuesta realizada bajo supervisión del CIESAS, 2012.

Donde la mayoría de adultos mayores, si no se vira el rumbo, sino se refuerza la cobertura social terminarán siendo víctimas de un problema prevenible, es importante mencionar que estos cambios bruscos de temperatura, que se agudizan en esta última etapa de la vida, inciden en la calidad de vida; o por el contrario, algunos adultos mayores dada su percepción positiva del cambio climático y su relación con las infecciones respiratorias agudas o IRAs tendrán mayor consciencia y posibilidad de afrontar tal eventualidad. De allí la importancia de engarzar esta línea de investigación con los estudios antropológicos, en específico valdría la pena profundizar en la relación que tiene el saber local, medicina tradicional con el autocuidado, la cultura de la prevención de enfermedades y el cambio climático; o bien el papel de las redes familiares y de apoyo en la atención de los no derechohabientes.

Fuentes de consulta

1. Aguirre, E. 2005. "Cambios cíclicos, tendencias y alteraciones naturales del clima" *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, volumen 99, número 1 paginas 161-179, 2005.
2. García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México DF.: UNAM-Instituto de Geografía.
3. González, E., "Educación, comunicación y cambio climático. Resistencias para la acción social responsable", *Trayectorias. Revista de ciencias sociales*, volumen 11, número 29, páginas: 6-38, 2009.
4. INEGI, 2011. *Mapa de Climas del estado de Veracruz*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Documento disponible en:
5. <<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/ver/clim.cfm?c=444&e=13>>
6. INEGI, 2011b. *Censo de Población y vivienda 2010*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Documento disponible en:
7. <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>>
8. Lara, R., y Martín Hernández., "El océano como parte del ciclo del carbono", *Ciencia y Desarrollo*, volumen 32, número 202, paginas 54-57, Ciudad de México, 2006.
9. Olivera, A. 1993. *Geografía de la salud*, Madrid: Síntesis.
10. OMS. 2003. *Cambio climático y salud humana riesgos y respuestas*. Suiza: Organización Mundial de la Salud. Documento disponible en:
11. <<http://www.who.int/globalchange/publication/s/cchsummary/es/index.html>>



12. Secretaria de Salud, 2011. *Mortalidad, información tabular*. Documento disponible en: <<http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad/>>
13. Thompson, L. G., et al. "A 25,000-year tropical climate history from Bolivian ice core" *Science*, volumen 282, número 5395, paginas 1858-1864, 1998.
14. Vale, M., M. Alves y M. Lorini., "Mudanças climáticas: Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira", *Oecologia Brasiliensis*, volumen 13, número 3, 2009, páginas. 518-535, 2009.

Anexos

Posters
exhibidos en las
Sedes Regionales
Noreste y Centro



Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa.
División de Ciencias Biológicas y de la Salud.
Departamento de Biología.
Posgrado en Biología.



Las selvas tropicales de México frente al cambio climático: modelado de la distribución geográfica potencial actual y futura de dos especies arbóreas.

Aguilar-Romero Osiris¹, Ballesteros-Barrera Claudia² y Hernández-Cárdenas Gilberto³.
¹ahorita_nogracias@hotmail.com; ²bbc0711@gmail.com; ³hcg@xanum.uam.mx

Laboratorio de Manejo de Recursos Naturales. Departamento de Biología. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco N° 186, Col. Vicentina, Del. Iztapalapa, C.P. 09340, México, D.F.

* INTRODUCCIÓN *

Las selvas tropicales son de los ecosistemas más dinámicos y complejos de la naturaleza, son particularmente importantes porque albergan la mayor diversidad genética y biológica, poseen los más elevados valores de riqueza de especies y proporcionan una gran variedad de servicios ambientales al país. Sus componentes arbóreos son las formas de vida más relevantes, por el alto valor ecológico y la amplia utilidad que proporcionan a las actividades y necesidades humanas.

Sin embargo su permanencia es incierta, debido a las variaciones en los patrones de temperatura y precipitación producidos por el actual cambio climático; ante estas modificaciones, se ha observado que las especies responden de manera individual, moviendo sus límites de distribución hacia áreas que corresponden a sus requerimientos ambientales, mostrando un aumento o reducción de sus áreas de distribución e incluso presentándose extinciones locales, esto depende principalmente de las características y capacidades de cada una de las especies.

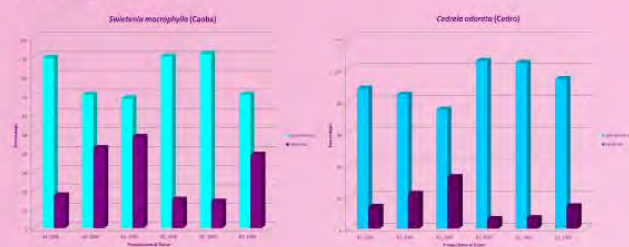
* OBJETIVO *

Analizar la distribución geográfica potencial actual y futura de dos especies arbóreas representativas de este tipo de vegetación (*Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*), bajo dos escenarios de cambio climático (A2 y B1), para los años 2030, 2060 y 2090.

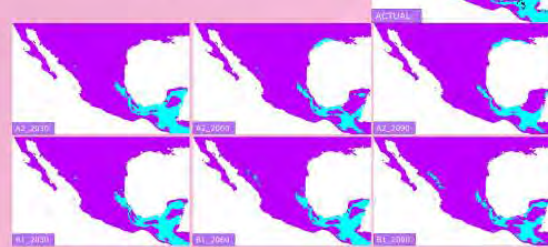
* METODOLOGÍA *



* RESULTADOS *



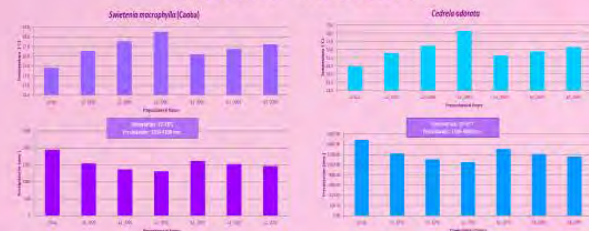
Swietenia macrophylla (Caoba)



Cedrela odorata (Cedro)



* ANÁLISIS AMBIENTAL *



* CONCLUSIONES *

i) La sobrevivencia de *S. macrophylla* se verá más seriamente afectada que *C. odorata*, considerando principalmente los cambios en los patrones de precipitación producidos por el cambio climático. ii) La distribución geográfica potencial en un escenario A2, muestra modificaciones más amplias en comparación con un escenario B1 para los mismos lapsos de tiempo, especialmente en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, para ambas especies. iii) Identificamos áreas actuales y futuras, idóneas para su protección y conservación, como lo son algunas zonas en los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas para la *S. macrophylla* y los estados de la costa del Pacífico y del Golfo para *C. odorata*.



Estrategia Local de adaptación al Cambio Climático en zonas marinas y costeras del Caribe Sur de Costa Rica (ELACC)



Master's in Development Practice

Oscar Aragón Merma¹, Petronila Colque Aguilar¹, Bertha L. Rosales Blas¹, Claudia Bouroncle Seoane², Alejandro C. Imbach Hermida³.

Bloque temático "Adaptación"

RESUMEN

El perfil de proyecto formula una propuesta para elaborar participativamente una estrategia local de adaptación en comunidades de la zona marina y costera del Caribe Sur de Costa Rica, la cual será validada con un plan estratégico participativo de adaptación al cambio climático. La estrategia estará enfocada en el aumento de las capacidades adaptativas de los pobladores locales frente a los efectos del cambio climático, priorizando las estrategias y medios de vida de las comunidades involucradas. El plan estratégico definirá propuestas que podrán ser implementadas por organizaciones o instituciones locales, regionales y nacionales. En general, se espera que los resultados sirvan como instrumento orientador para la gestión del territorio y para la toma de decisiones.

La institución demandante es el Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC, responsable de la gestión institucional descentralizada y participativa que integra las competencias en materia forestal, de vida silvestre y áreas protegidas del territorio, con dependencia del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones-MINAET.

Palabras claves: Cambio climático, variables climáticas, eventos extremos, propuestas de adaptación, sensibilidad, capacidad adaptativa, estrategias y medios de vida.

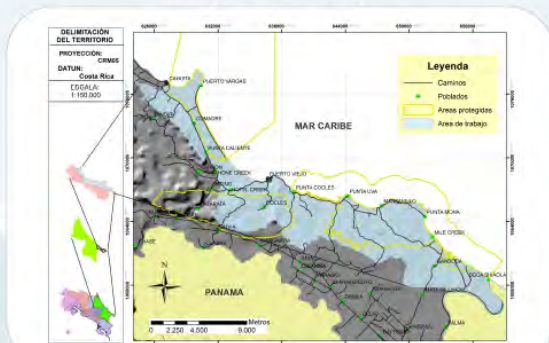
INTRODUCCIÓN

Costa Rica está en una de las regiones donde se prevé que los efectos del cambio climático serán especialmente graves (Giorgi et al. 2006). El aumento del nivel del mar en el Caribe, el aumento de las temperaturas superficiales del mar tanto en el Caribe como en el Pacífico y el cambio en los patrones de precipitación y temperatura del aire son los principales efectos esperados (Aguilar et al. 2005, Rauscher et al. 2008).

Costa Rica tiene 6.778 especies marino-costeras, un 3,5% de la biodiversidad marina-costera conocida en el mundo (Wehrmann & Cortés 2009). Se prevé que el cambio climático está amplificando y acelerando los efectos negativos de la sobrepesca y la contaminación de aguas, con los efectos consiguientes en la pérdida de especies y degradación de ecosistemas marino-costeros. El blanqueamiento de los corales en el Caribe Sur de Costa Rica, como parte de estos procesos, amenaza la base de los medios de vida (pesca y turismo) de la mayoría de las poblaciones locales.

El trabajo se realiza en 12 comunidades incluyendo dos áreas naturales protegidas; el Parque Nacional Cahuita y el Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca-Manzanillo ubicada en los distritos de Cahuita y Sixola del cantón de Talamanca, provincia de Limón. Los medios de vida principales son los servicios para el turismo y la pesca artesanal. El trabajo inició en abril de este año y se espera finalizar en noviembre.

MAPA DE UBICACION



Notas:

- 1. Maestría en Práctica del Desarrollo. Escuela de Posgrado, CATIE
- 2. Programa de Cambio Climático y Ciencias, CATIE
- 3. Programa de Práctica del Desarrollo. Escuela de Posgrado, CATIE

OBJETIVOS

Principal:

Diseñar y validar una metodología participativa de planificación estratégica para la adaptación al cambio climático con la formulación de una Estrategia local para la región costera del Caribe Sur de Costa Rica.

Específicos:



Validar una metodología participativa de adaptación al cambio climático.

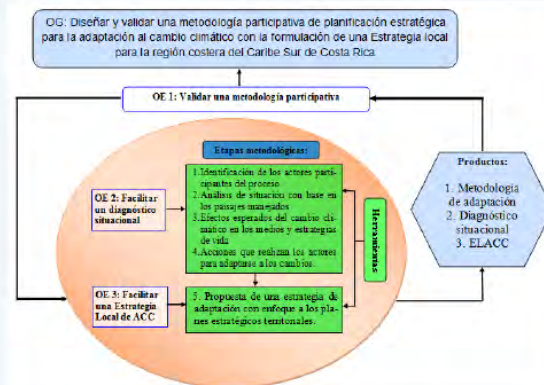


Facilitar un diagnóstico situacional participativo con énfasis en los medios de vida y el cambio climático.



Facilitar una Estrategia participativa de adaptación al cambio climático.

METODOLOGÍA



PRIMEROS AVANCES

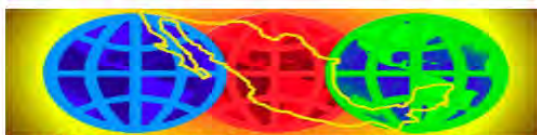
- Respaldo de las organizaciones locales.
- Diagnóstico participativo mediante entrevistas, grupos focales y talleres.
- Socialización del análisis situacional mediante talleres participativos.



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- AGUILAR, E. ET AL., 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *Journal of Geophysical Research* 110
- IMBACH, A. 2012. Estrategias de vida, Analizando las conexiones entre la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales y los recursos de las comunidades rurales. Turrialba, Costa Rica, Publicado por Geolatina ediciones, p. 19 -20.
- GIORGI, F., 2006. Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters* 33
- RAUSCHER, S.A., F. GIORGI, N.S. DIFFENBAUGH, AND A. SETH, 2008. Extension and intensification of the Meso-American mid-summer drought in the twenty-first century. *Climate Dynamics* 31: p.551-571.
- WEHRMANN, I., AND J. CORTÉS eds., 2009. *Marine biodiversity of Costa Rica, Central America*, Berlin: Springer.

Escuela de Posgrado, CATIE 7170, Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica.
E-mail: brosales@catie.ac.cr / pcolque@catie.ac.cr
Teléfonos (506)
www.catie.ac.cr



II Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN INST. DE EDU. SUP. CENTRO UNIVERSITARIO TAMPICO-MADERO.

M.I. Enrique Ayala Piñeyro

Estudiante del 5to. Semestre de la 3da. Generación. Correo electrónico: ayala@uat.edu.mx

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería "Arturo Soto Siles", Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero, 89339 Tampico, Tamaulipas.

Palabras claves: RST, IES, Tampico

Introducción

Dentro de la problemática ambiental, destaca la contaminación al suelo. La contaminación al suelo puede darse por sustancias tóxicas que son vertidas en este sustrato, dentro de las principales contaminantes se tienen los vertidos derivados del petróleo, aceites lubricantes gastados de maquinaria y equipos de materiales pesados, pesticidas, colorantes entre otros. El suelo también puede verse afectado por residuos sólidos cuando son dispuestos de manera no controlada. Dentro de los residuos de casa habitación, residuos ambientales, residuos de construcción y de hospitales etc. (BERMUDEZ, 2003).

La disposición final de los distintos tipos de residuos sólidos ocasiona grandes problemas al entorno, contaminando agua, aire y suelo. Son necesarias acciones para definir y realizar estudios de generación de residuos, formas de transporte, un aprovechamiento y destino final. Además se deben definir estrategias de producción más limpia, definiciones de política ambiental, capacitación de personal, así como definir soluciones conjuntas en aspectos ambientales críticos, el manejo integral de residuos sólidos contribuyen al desarrollo sustentable de los recursos naturales al incrementar los pillos de vida útil de desechos. En México los residuos sólidos son clasificados por ley como residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, y residuos peligrosos.

Existe un problema en cuanto a la disposición final de estos residuos ya que el 40% son depositados en tiraderos a cielo abierto, sin ningún control, del 20 al 25% en tiraderos a cielo abierto que cumplen parcialmente con la normatividad y solo de un 30% a un 35% en sitios de disposición final controlados. (grzmesico2005)

Si bien existe una estrategia para implementar planes (LEGPR) de mantenimiento industrial dirigido a municipios y grandes generadores de residuos sólidos urbanos en la práctica queda un gran espacio de oportunidades para regularizar el manejo de dichos residuos. Esta situación es común en toda la República Nacional y en el Estado de Tamaulipas dicha necesidad se hace más evidente. En el caso de los municipios de la zona sur del Estado. Esta situación permea a los grupos generadores de la región como es el caso del centro Universitario Tampico-Madero. Dicho campo genera aproximadamente 2 mil toneladas anuales, generando un problema ambiental y administrativo. Dada la importancia en cuanto a la generación de desechos es pertinente realizar estudios que conduzcan a la gestión interna de los mismos. (Ley GPGDR)

Objetivo, Hipótesis y Justificación

Objetivo General

Proponer un sistema de manejo integral de los Residuos Sólidos, generados en Instituciones de Educación Superior, analizando un caso de estudio. Para contribuir en el establecimiento de un manejo de residuos que promueva la sustentabilidad del funcionamiento de la Institución, caso de estudio: Institución de Educación Superior, Centro Universitario Tampico-Madero.

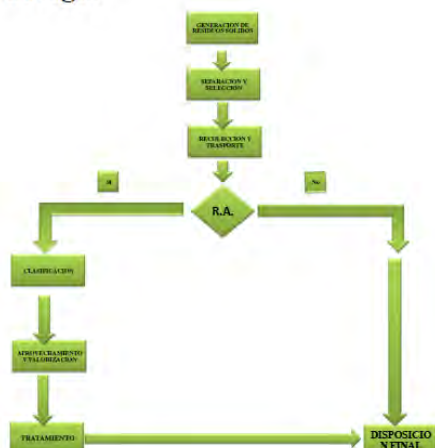
Objetivo Particular

1. Definición y caracterización de residuos sólidos en el Centro Universitario Tampico-Madero.
2. Caracterización de residuos, calidad y cantidad de Residuos Sólidos en Muestra generados.
3. Analizar los niveles y características de residuos en el Centro Universitario Tampico-Madero en los Residuos Sólidos Urbanos.
4. Analizar el sistema actual de manejo de Residuos Sólidos Urbanos, incluyendo los aspectos técnicos, ambientales, sociales, según la institución.
5. Proponer un plan de manejo integral de Residuos Sólidos Urbanos, en el Centro Universitario Tampico-Madero.
6. Proponer alternativas de implementación, de evaluación y relación de los principales problemas ocasionados.
7. Proponer alternativas de implementación y evaluación de los principales problemas.

Hipótesis.- "Minimizar del manejo de Residuos Sólidos Urbanos. Disminuir las toneladas al año de Residuos sólidos Urbanos en Instituciones de Educación Superior"

Justificación.- El Campus Tampico-Madero está asentado sobre un predio con una extensión de 67 hectáreas ocupadas por 8 unidades académicas, un centro de excelencia, dos gimnasios, un área administrativa, vialidades, reserva ecológica, diferentes áreas verdes y deportivas, donde se generan un promedio de 5.5 toneladas diarias de desechos sólidos y orgánicos y al año aproximadamente 2 mil toneladas, generando una problemática al medio ambiente en nuestro campus. La generación de dicha basura se debe a la gran comunidad estudiantil, personal administrativo, docente y público en general que concurre diariamente al campus; de no llevarse a cabo estas tareas se disminuiría la imagen de nuestra Universidad y estaríamos expuestos a todas las consecuencias negativas provocadas por la presencia de estos desechos.

Metodología



Actividades y Cronograma

ACTIVIDADES	2012		2013		2014
	Sem-4	Sem-5	Sem-6	sem 7	Sem 8 - sem 9
I.- ESQUEMATIZACIÓN DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN					
I.1.- Acepto y Suscripción a Revista Indexada en Tema					
I.2.- Revisión de Fuentes Bibliográficas					
I.3.- Identificación y Determinación del Área Tributaria en estudio					
I.4.- Redacción de Protocolo de Tesis					
I.5.- Registro de Proy. De Tesis, Asignación Director					
II.- ESTADO DEL ARTE Y REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN					
II.1.- Marco Referencia Movilidad Sustentable en Contexto Internacional y Nacional					
II.2.- Análisis de la Movilidad Sustentable en las IES a Nivel Nacional					
II.3.- Diseño, Aplicación y Evaluación de Encuestas - Entrevistas en Área					
II.4.- Análisis de Resultado y Revisión Metodológica Proyecto de Investigación					
II.5.- Participación Ponencia en Congreso Nacional e Internacional					
II.6. Escritura Artículo 1 Rev. Arbitrada o Indexada, Escritura Artículo 2 Rev. Arbitrada o Indexada.					
III.- EDICIÓN, REGISTRO Y DEFENSA					
III.1.- Impresión Final y Encuadernación de Tesis					
III.2.- Registro Administrativo de Tesis					
III.3.- Defensa Tesis Doctoral ante Tribunal					

Discusión

a) Resultado Esperados

Aspectos Técnicos; Tomando en cuenta la importancia de obtener una caracterización de la zona de estudio, generando un diagnóstico actualizado en el manejo de los residuos sólidos urbanos generados en el Centro Universitario Tampico-Madero, con base a los indicadores del desempeño ambiental, económico y social; con el fin de implantar una propuesta a corto, mediano y largo plazo y un análisis, único de la zona de estudio, con el fin de saber que grado de daño ambiental existe con respecto a las sustancias generadas que contienen los desechos sólidos urbanos. A mediano plazo se logrará identificar los residuos con mayor impacto, de esta manera se analizar su ciclo de vida y así aplicar la metodología para su adaptación, corrección, prevención de los impactos ambientales que se presentan, y poder con todo lo anterior la formulación de una Gestión Integral adecuada a los residuos sólidos urbanos. Clasificación de residuos sólidos en cada Facultad, Minimizar los residuos sólidos en el Centro Universitario Tampico-Madero.

b) Desarrollo Sustentable

Realizar el presente estudio de la generación de residuos sólidos y de las estrategias actuales de manejo en instituciones de educación superior se relaciona con el Desarrollo Sustentable ya que se busca entender mejor el problema de la basura, así como identificar las debilidades y oportunidades que se presentan con el fin de desarrollar mejores prácticas que permitan avanzar hacia un manejo integral y sustentable de residuos en el universo definido del Centro Universitario de caso de estudio.

c) Vulnerabilidad

La experiencia demuestra que la relación entre el tipo y magnitud del evento natural y los impactos ambientales resultantes, depende en gran medida de la vulnerabilidad ambiental y no siempre está relacionada con la magnitud del evento natural. En la mayoría de los casos la mayor parte de la población afectada, es la que se encuentra asentada en zonas de riesgo natural, como laderas de ríos, zonas de pendientes altas, de suelos frágiles o marginales, en las que no existe o no se aplica una normativa para regular el uso del suelo acorde a su capacidad o fragilidad. Lo anterior, combinado con prácticas inadecuadas de uso y manejo de los recursos naturales, que exceden la capacidad de carga de los ecosistemas en general, produce un deterioro y degradación del medio físico y biológico, que hace muy vulnerables estos espacios territoriales o unidades geofísicas y a quienes las habitan, a los efectos de eventos hidrometeorológicos, especialmente huracanes, ciclones tropicales, y sus efectos secundarios, como deslizamientos de laderas, inundaciones o avalanchas de barro, entre otros. Las poblaciones afectadas, son en general las de menos recursos, lo que con lleva un círculo vicioso, en el cual no se puede escapar a la marginalidad si no se toman medidas integrales por parte de todos los actores involucrados. De igual manera, la vulnerabilidad ambiental se ve aumentada por una urbanización inapropiada y una concentración poblacional en áreas de alta exposición y fenómenos naturales, tal y como es el caso de numerosas ciudades de la República Dominicana desde que ha dado un fenómeno de rápido crecimiento sin una planificación ni ordenamiento territorial previos, lo que ha repercutido en un aumento de edificaciones mal construidas ó con una manifiestación inapropiada, en la falta de infraestructura básica (agua, alcantarillado, evacuación de residuos, etc.).

Agradecimientos

El autor del presente trabajo, con # de Beca 292106, agradece al CONACYT el apoyo prestado para realizar el presente Proyecto de Investigación. También se agradece el apoyo prestado al M.I. Roberto Pichardo Ramirez Director de la Facultad de Ingeniería "Arturo Soto Siles", al Dr. Jesús César Robles Aguilera, Jefe del área del Centro de Posgrado e Investigación, Dr. Rodolfo Garza Flores y al Dr. en Q. René Bernardo Elías Cabrera Cruz.

Referencias

1. ABORGASE-EDIFESA, 2001 "Evolución histórica de los residuos sólidos urbanos". Alonso, C., Martínez E. and de la Morena, J 2003, "Manual para la gestión de los residuos urbanos". Madrid, vol. Ecotur.
2. BERMUDEZ, J.D. 2003, "La gestión de los residuos urbanos: Situación actual y perspectivas futuras". SOGAMA (Sociedad de Gallega de Medio Ambiente).
3. GILPDI (2003) "Economía Ambiental". Ed. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México, D.F.



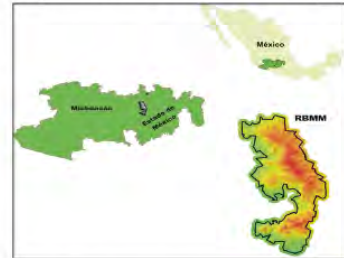
Teodoro Carlón Allende¹, Manuel E. Mendoza Cantú¹, José Villanueva Díaz² y Diego Pérez Salicrú³

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (UNAM)¹; Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (INIFAP)²; Centro de Investigaciones en Ecosistemas (UNAM)³

Introducción

El presente trabajo se llevo a cabo en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca (RBMM) y consistió en la evaluación de eficiencia de sitios de muestreo de árboles para estudios dendrocronológico con base a datos biofísicos (CVUS 2011, pendiente del terreno y de orientación de laderas) mediante el uso de técnicas de Percepción Remota (PR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

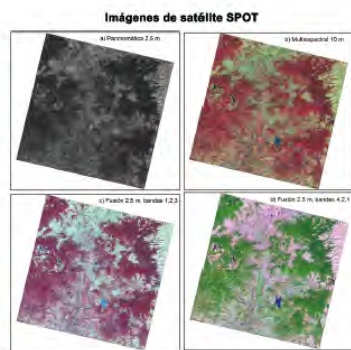
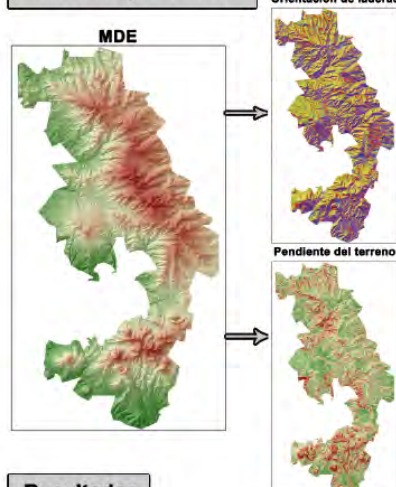
Ubicación de área de estudio



Objetivos

Identificar el patrón de distribución espacial de los bosques templados con mayor potencial para estudios dendrocronológicos en la RBMM

Materiales y métodos



La determinación de los sitios con mayor potencial dendrocronológico requirió la elaboración de un análisis del paisaje a partir de datos de CVUS, pendiente de terreno y exposición de laderas al sol. Los datos fueron derivados del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y de la interpretación visual de las imágenes SPOT 5 fusionadas.

Los datos espaciales de valores (pendiente y orientación de laderas) fueron clasificados, y en conjunto con los dato CVUS, se definieron reglas de decisión y ponderaron los criterios a fin de identificar las áreas con mayor estrés hídrico y por lo tanto más susceptibles de presentar árboles adecuados para el muestreo.

Resultados

Clasificación y ponderación para el mapa de CVUS

Tipo de CVUS	Área (Ha)	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Cedro	20	13	0.63
Plantaciones arbóreas	0	487	0.89
Selva mixta secundario	0	4260	7.80
Agricultura de temporal	0	6362	11.31
Agricultura de riego	0	46	0.08
Pastizal subhúmedo	0	1891	3.31
Sin vegetación aparente	0	24	0.04
Insustentables sumacas	0	148	0.27
Cursos de agua	0	7	0.01
Opuntia alamos	8	256	4.73
Praderas abiertas	0	4020	7.30
Opuntia	10	14851	27.45
Insustentable	10	17061	31.28

Clasificación y ponderación para el mapa de pendiente del terreno

Clase de pendiente (Grados)	Ponderación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
<15	0	23196.1	42.5
15-20	0	9780.7	17.9
20-25	7	8367.2	15.3
25-30	8	6779.2	12.7
30-35	9	3997.5	7.3
>35	10	2753.9	5.0

Clasificación y ponderación para el mapa de orientación de laderas

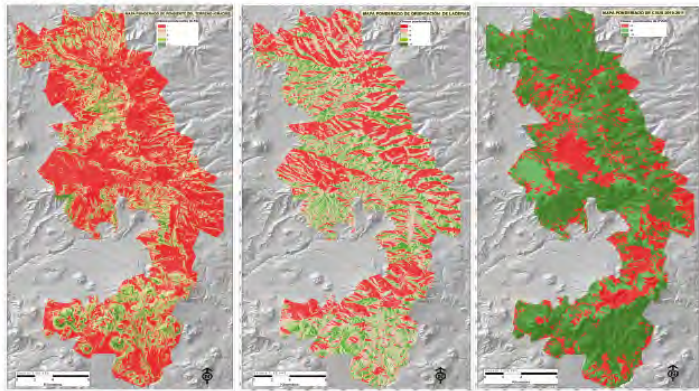
Dirección de laderas	Área (Ha)	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Plano	0	3733.04	6.75
Norte	0	4198.20	7.70
Noreste	0	1681.6	3.04
Noroccidente	0	4426.08	8.12
Este	7	3320.36	6.03
Oeste	7	7782.72	14.21
Suroeste	8	4221.52	7.70
Suroccidente	9	7182.44	13.00
Sur	10	7289.04	13.31

El análisis de variables biofísicas en la RBMM para la elección de sitios de muestreo indica que aproximadamente el 18 % del área de estudio (108,53 Ha) presenta áreas con buenas características para llevar a cabo estudios dendrocronológicos enfocados a la reconstrucción climática. Debido a que presenta características muy aptas ya que se encuentran en pendientes muy pronunciadas (>25°); orientación de laderas (Sur, Sureste, Suroeste) y CVUS (bosque de Cedro, Oyamel y Pino-encino), que de acuerdo a muestreos dendrocronológicos son áreas con altas probabilidades de albergar árboles longevos y con variaciones en el ancho de sus anillos provocadas por las condiciones climáticas.

Mapa con áreas de muestreo dendrocronológico



Mapas ponderados



Conclusiones

En el caso de la RBMM, la evaluación espacial de los criterios biofísicos permitió identificar que el 18% de la superficie del área tiene condiciones para el muestreo de árboles útiles para reconstrucción dendrocronológica, como se verificó durante el trabajo de campo y el análisis de muestras en el laboratorio.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto "Efecto de perturbaciones naturales y humanas de bosques de coníferas de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca: Implicaciones para el manejo del fuego" (Sep-Conacyt 2010-154434) por el apoyo otorgado. El primer autor agradece al Conacyt por la beca de doctorado.



OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE SEMILLAS DE FRUTOS DE CHIRIMOYA (*Annona cherimolla*) Y SU TRANSFORMACIÓN A BIODIESEL



De Jesús Romero Yanely Araceli¹, Benito Reyes Trejo², Lino Joel Reyes Trejo¹, Antonio Reyes Chumacero², Diana Guerra Ramírez³, María de la Cruz Espindola Barquera⁴
¹Departamento de Química Orgánica y ²Físicoquímica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México ³Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 carretera México-Texcoco, CP 56230, Texcoco, Estado de México. ⁴Fundación Sánchez Colín, Michoacán.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el panorama energético mundial se encuentra dentro de una grave crisis de disponibilidad y abasto de combustibles fósiles a los diferentes sectores productivos, al mismo tiempo se observa otro problema, el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. La biodiversidad de nuestro país representa opciones para el aprovechamiento de cultivos en la obtención de energía renovable, es decir que se cuenta con especies o residuos de éstas, que si bien no son destinadas para la alimentación humana pueden ser una fuente para la generación de biocombustibles.

Esta investigación tiene como objetivo obtener Biodiesel y estudiar algunas de sus propiedades, a partir de las semillas de la chirimoya (*A. cherimolla*), las cuales pueden aprovecharse para obtener aceite el cual no es factible para la alimentación debido a su alto contenido de acetogeninas, sustancias bioactivas y citotóxicas¹.



Figura 1. Aspecto físico del fruto y las semillas de la chirimoya (*A. cherimolla*)

METODOLOGÍA

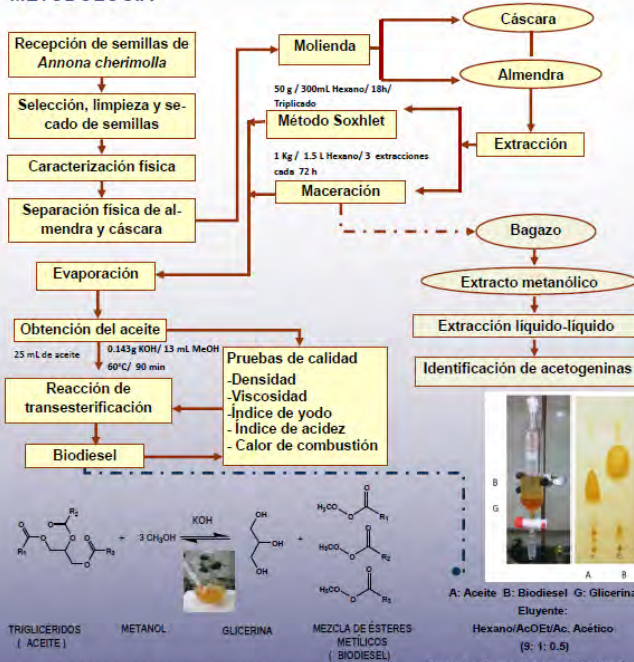


Figura 2. REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN EN MEDIO ALCALINO²

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las semillas de chirimoya son mas pequeñas, longitud (1.87 ± 0.13 cm) que las de *A. purpurea* cuya longitud es de 2.71 ± 0.24 cm, razón por la que se obtuvo menor rendimiento en la extracción de aceite de *A. cherimolla*.

El rendimiento de la extracción del aceite de la almendra y cáscara de la semilla de *A. cherimolla* por el método de Soxhlet y maceración fue de 28.9341 ± 2.5621, 22.8889 % y 0.8541 ± 0.0567, 0.6152 % respectivamente.

Esto indica que se obtiene mayores rendimientos con el método de Soxhlet ya que se aplica calor para la extracción y de la cáscara se obtiene un rendimiento pobre.

El aceite de las semillas de *A. cherimolla* registró valores de densidad de 0.9072 g/mL, viscosidad de 3.7354 mm²/s, índice de yodo de 100.48 I/100 g, calor de combustión de 39.4 KJ/g y un índice de acidez inferior al 2 %, límite suficiente para permitir la obtención de biodiesel (como ésteres metílicos de ácidos grasos) por la reacción de transesterificación alcalina².

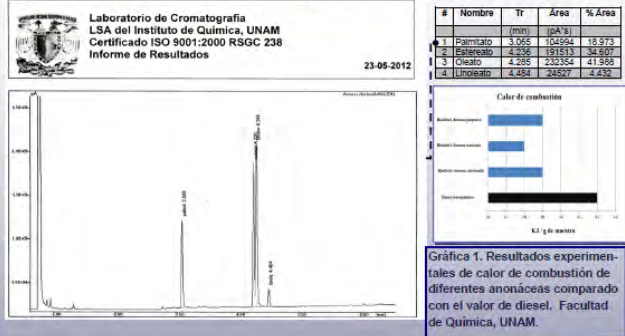
Se obtuvo un rendimiento de biodiesel del 84 % a partir del aceite obtenido de Soxhlet y un rendimiento de 82.5 % a partir del aceite de maceración, posteriormente se analizó la calidad de este producto comparándose con la Norma Europea EN 14214 lo que muestra su posible uso como biocombustible³ (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Pruebas de calidad del Biodiesel de *A. cherimolla*.

Determinación	Biodiesel obtenido del aceite de <i>Annona cherimolla</i>		
	A partir del Aceite		NORMA EUROPEA EN 14214 ³
	Soxhlet	Maceración	
Densidad Relativa 20°C	0.8802 ± 0.0002	0.8769 ± 0.0005	Límites a 15°C 860-900 Kg/m ³
Índice de acidez (mg KOH/g biodiesel)	0.4640 ± 0.0011	0.4765 ± 0.0244	Máx. 0.50 mg KOH/g
Índice de yodo (g I / 100 g biodiesel)	100.5219 ± 0.0914	102.8998 ± 2.5688	Máx. 120 g I/100 g
Calor de combustión (KJ/g biodiesel)	40.0719 ± 0.1471	39.8909 ± 0.0507	—
Viscosidad 40°C (mm ² /s)	—	3.7354	a 40°C 3.5 – 5.0 mm ² /s
Densidad Relativa 40°C	—	0.8621	a 15°C 860-900 Kg/m ³

Los valores pequeños de viscosidad y densidad permiten establecer que el biodiesel obtenido no tendrá problema para fluir a través de los conductos hasta llegar al motor de combustión. La cantidad de ésteres metílicos de ácidos grasos insaturados determinada como el 46% por cromatografía de gases, constituye un dato relevante que previene una mejor fluidez y grado de almacenaje a bajas temperaturas³. En la Fig. 4 se muestra el cromatograma (CG) para el Biodiesel, el cual indicó un contenido del 46% de ésteres metílicos de ácidos grasos de dobles enlaces (oleato y linoleato).

Figura 4. Perfil de ésteres metílicos de ácidos grasos del biodiesel de *A. cherimolla*.



CONCLUSIONES

Se obtuvo un rendimiento de biodiesel de 84 % y 82.5% del aceite de *A. cherimolla* por los métodos de Soxhlet y maceración respectivamente, obteniendo como subproducto glicerina. El biodiesel obtenido a partir de las semillas de chirimoya posee características adecuadas para ser utilizado como biocombustible por ejemplo: su densidad, índice de acidez, calor de combustión (similar al del diesel petroquímico) e índice de yodo además su perfil de ácidos grasos insaturados que permite su uso combinado con diesel a bajas temperaturas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ocampo, S. D. M.; Betancour, J. L. A.; Ortiz, A.; Ocampo, C. R. (2007). Estudio cromatográfico comparativo de los ácidos grasos presentes en semilla de *Annona cherimolla* y *Annona muricata* L. Vector (2), pp.103 – 112.
- Alizadeh, M.; Arora, M. K. y Aziz, A. A. (2010). High acidity biodiesel and its diesel engine application: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews (14) (pp. 2886-2893).



EVALUACIÓN DE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS EN *Tillandsia sp.* POR LA EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA REGIÓN INDUSTRIAL TULA-TEPEJI



Samira Islas Valdez¹, Rosa Icela Beltrán Hernández², Ainhoa Arana Cuenca¹, Georgina Martínez Reséndiz², Sergio Alejandro Medina Moreno¹, Carlos Alexander Lucho Constantino¹



Calidad del aire e inventarios de emisiones

¹Universidad Politécnica de Pachuca, Carr. Pachuca-Cd. Sahagún Km 20, Rancho Luna, Ex-Hacienda de Santa Bárbara, Municipio de Zempoala, Hidalgo. CP. 42830. Tel. 7715477510, ext. 2330, e-mail: a_lucho@yahoo.com.mx.

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo.

INTRODUCCIÓN

La exposición a los contaminantes puede ocasionar diversas respuestas genotóxicas, así como estrés oxidativo en los organismos (Borowiak, 2009) las plantas por su gran sensibilidad han sido utilizadas para evaluar la presencia de contaminantes atmosféricos en diferentes regiones del mundo. La región Tula-Tepeji es una zona con fuerte actividad industrial y agrícola, en donde destacan la Refinería de Petróleos Mexicanos (PEMEX) "Miguel Hidalgo", la Termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) "Francisco Pérez Ríos" y muchas empresas extractivas del ramo de la cal y el cemento que impactan en la calidad del aire.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad de bioacumulación de metales en *T. usneoides* y *T. recurvata* y determinar si esos metales tienen un efecto sobre la expresión de biomarcadores como clorofila a, proteína total y la actividad enzimática de peroxidasa (POD).

METODOLOGÍA

Las muestras de *Tillandsia usneoides* L. y *Tillandsia recurvata* L. fueron colectadas en el Parque Nacional El Chico y en dos sitios pertenecientes a la Región Tula-Tepeji. Se lavaron con agua destilada y se tomaron secciones para realizar cada una de las pruebas mostradas en la figura 1. La cuantificación de Cloa se llevó a cabo por el método de Jeffrey y Humphrey (1975), la cuantificación de proteína se realizó mediante el método de Bradford (1976) y la actividad enzimática de POD mediante el método de Malick y Singh (1980). La cuantificación de metales en los biomonitores se realizó por el método Absorción atómica. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente por medio de Dunnett y correlaciones de Pearson.



Figura 1. Diagrama del diseño experimental de la exposición del biomonitor a contaminantes atmosféricos.

RESULTADOS

Las POD y la degradación de proteínas afectó la síntesis de Cloa. También las concentraciones de los elementos Ca, K, y Mn ejercieron un efecto negativo sobre la producción de Cloa. Lo anterior puede atribuirse al antagonismo hay entre los metales anteriores con el Mg que es el átomo central de la clorofila (Figura 2).

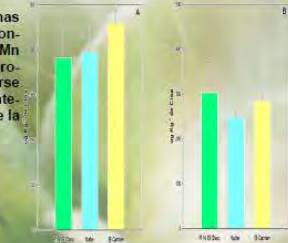


Figura 2. Concentración de Cloa en A) *T. recurvata* L., B) *T. usneoides* L.

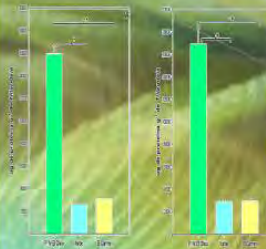


Figura 3. Contenido de proteína total en A) *T. recurvata* L., B) *T. usneoides* L.

Elementos como Fe, Zn y As producen especies reactivas de oxígeno y se unen a grupos tioles, lo que altera la estructura y actividad enzimática de las POD. Las proteínas presentaron un efecto positivo sobre POD (Figura 4).

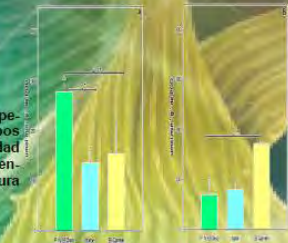


Figura 4. Actividad enzimática de POD en A) *T. recurvata* L., B) *T. usneoides* L.

CONCLUSIONES

En ambos biomonitores, el parámetro bioquímico que presentó la respuesta más sensible en proporción a la concentración de contaminantes fue el contenido de proteína total.

El decremento mínimo de la relación Cloa/Clob en *Tillandsia usneoides* L. y *Tillandsia recurvata* L. podría atribuirse a la degradación de clorofila causada por la presencia de algunos metales tóxicos en la planta.

Tillandsia recurvata L. presentó mayor capacidad de acumulación de elementos en comparación con el biomonitor *Tillandsia usneoides* L.

REFERENCIAS

Borowiak, K. (2009). Biochemical markers of tropospheric ozone: experimentation with Test-Plants. *Polish Journal of Ecology*, 47 (1), 3-14.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem* 72, 248-254.

Jeffrey, S.W., Humphrey, G.F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem Phys Res* 12, 133-134.

Malick, C.P., Singh, M.S. (1980). Plant Enzymology and Histochemistry. Kalyani Publishers New Delhi, 53. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/40114941/Plant-Enzymology-and-Histochemistry>

Method 3052 (1996). Recuperado el 10 de Marzo de 2012, de <http://www.casaa.com/ERA-Methods/PDF/Methods/3052.pdf>



Estructuración de una base de datos de registros de presencia para la evaluación del impacto del cambio climático sobre los patrones de distribución de la herpetofauna en Michoacán



Brihban Albeli Nava González^{1,2*}, Bharish AH Montoya Valdivia^{1,2,3*}, Eduardo Mendoza¹, Ireri Soazo Cruz^{1,2} y Javier Alvarado Díaz^{1,4}
¹Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, UNMSH.
²Asesoría de Tecnología Ambiental, Instituto de Investigación sobre los Recursos Naturales, UNMSH.
³Asesoría de Tecnología Ambiental, Instituto de Investigación sobre los Recursos Naturales, UNMSH.
⁴bang097@gmail.com *alvus17@me.com



BIODIVERSIDAD

INTRODUCCIÓN

La creciente evidencia de que el cambio climático está produciendo alteraciones marcadas en los patrones globales de temperatura y humedad sustenta la urgencia de contar con métodos que permitan estimar su impacto sobre la biodiversidad (IPCC 2007). Una herramienta que puede ser de relevancia para este fin es la modelación de los patrones de distribución de especies con base a registros de presencia y variables bioclimáticas actuales y futuras. Dado el desarrollo experimentado por la informática y el considerable número de años de investigación taxonómica acumulada en nuestro país se podría suponer que el recopilar una base robusta de registros de presencia para un grupo de vertebrados podría ser una tarea sencilla. Para evaluar esta hipótesis nos enfocamos a estructurar una base de datos con registros de la herpetofauna de Michoacán, un estado que se distingue por su riqueza de especies y endemismos y que se localiza relativamente cerca de la zona urbana más poblada del país. La fuerte dependencia ecológica que la herpetofauna tiene de variables climáticas relacionadas con la temperatura y la precipitación hace a esta fauna un grupo ideal para evaluar el impacto del cambio climático sobre sus patrones de distribución (Root y Schneider 2001; Gibbons et al 2000).

OBJETIVOS

Identificar y categorizar los problemas asociados con la construcción de una base de datos idónea para su uso en el modelado de distribución de especies para el estudio del impacto del cambio climático.

METODOLOGÍA

- 1) *Recopilación de registros de presencia de la herpetofauna de Michoacán.* Obtuvimos del Sistema Nacional de Información Biológica (SNIB) de la CONABIO y del Laboratorio de Herpetología (LH) del INIRENA la relación de especies de herpetofauna registradas en Michoacán. Los registros tienen información asociada tal como: coordenadas, localidad, fecha de obtención, etc.
- 2) *Verificación de la georeferenciación de los registros.* Con el software especializado GeoLocate©, Mapa Digital de México V5.0, INEGI y el apoyo de personal del laboratorio de herpetología del INIRENA, experto en la zona y fauna de estudio, se verificó la correcta ubicación de todos los registros de presencia de las especies asegurándose su congruencia con su información asociada (i.e. localidad de colecta).
- 3) *Revisión de consistencia en la nomenclatura taxonómica utilizada en registros y análisis de su información asociada.* Se comparó la consistencia de la nomenclatura taxonómica utilizada en los registros de SNIB y el LH y se revisaron las características de la información asociada (p.ej., fecha de obtención, presencia de georeferencia).
- 4) *Análisis de sesgo en la distribución geográfica de los de la herpetofauna.* Utilizando el programa Arc Map©, los registros de presencia de herpetofauna y la cartografía de principales carreteras escala 1:50'000 (INEGI, 2001) se realizó un análisis de distribución espacial de los registros utilizando una serie de buffers: creados a partir de las carreteras.

RESULTADOS

Se acumularon 6206 registros, 1030 de LH y 5176 del SNIB (Fig. 1). Los registros de LH se concentraron en el período (1993-2012), en comparación, en este mismo período se concentro el 32% de los datos del SNIB. Así mismo, 8.77% de los datos del SNIB fueron anteriores a 1950 (Fig. 2). En esta última base, el 46.84% de los datos careció de fecha de registro. Por otra parte, mientras que el total de los datos del SNIB contaron con coordenadas asociadas, el 56% de los registros en LH carecieron de coordenadas.



Fig. 2. Comparación de la temporalidad de los registros

Al estandarizar la nomenclatura taxonómica en función de la utilizada en la base del LH, fue necesario actualizar los nombres en el 20.2% de los registros de la base SNIB que contaban con fecha de colecta. Finalmente, nuestras bases de datos se vieron reducidas a 435 registros verificados para la base LH y 2172 para SNIB; es decir, 42.2% y 42.0% respectivamente de los totales originales, donde la mayoría de las especies presentó pocos registros (Fig. 3). Además,

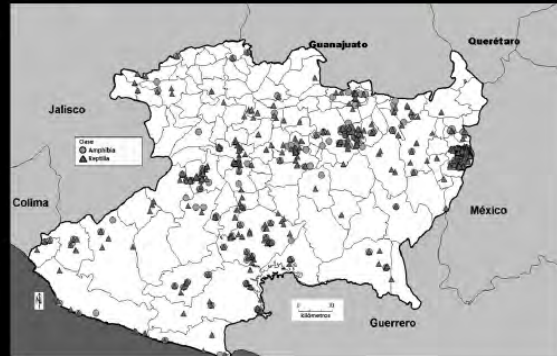


Figura 1. Mapa de la distribución de los registros obtenidos para las clases Amphibia y Reptilia

Encontramos que el 35% de los registros de la herpetofauna se concentraron a una distancia menor a 1km de distancia de las carreteras.

DISCUSIÓN

Si bien en principio el número recopilado de registros de la herpetofauna de Michoacán parecía ser relativamente alto, al momento de revisar su integridad, actualidad y confiabilidad su número se redujo marcadamente. Los datos fueron afectados por ausencia de información, falta de actualización y problemas con la nomenclatura taxonómica utilizada. Estos problemas agravaron el hecho de que el número de registros por especie era, desde un inicio, bastante bajo. Sumado a esto los registros de presencia mostraron indicios de estar sesgados en su distribución espacial al estar concentrados cerca de las carreteras. La variedad y magnitud de problemas que afectan esta base de datos es particularmente notoria por tratarse de registros de un grupo de vertebrados relativamente bien estudiado y por corresponder el área de estudio a una región del país cercana a núcleos poblacionales humanos densamente poblados.

Si bien a últimas fechas se han propuesto métodos dentro del modelado de distribución de las especies que permiten amortiguar los efectos de alguno de los problemas evidenciados en nuestra base de datos (p.ej., sesgos en la distribución espacial de los datos y escasez en el número de registros), es clara la gran necesidad de plantear proyectos enfocados a realizar estudios de la biodiversidad en el país bajo un esquema de muestreo sólido.

Frecuencia de registros de presencia por especie

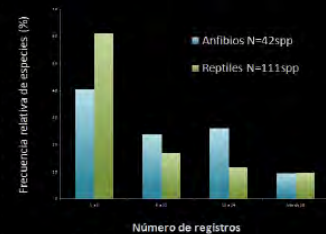


Fig. 3. Frecuencia de registros por especie



Literatura Citada

- Cayuela L., D. J. Golecher, A.C. Neilson, M. Kolb, F.S. Di Aburquerque, E. J.M.M. Arés, J. R.M. Abarralde y A.M. Pérez, 2009. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentials, and the role of biological data for effective species conservation, *Tropical Conservation Science* 2(3):193-202.
- Gibbons J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Dulman, D.D. Tuberville, B.S. Metz, J.L. Greene, T. Mads, Y. Linden, S. Poppy, C.T. Minnie, 2000. The global decline of reptiles, especially amphibians. *Bioscience* 50:453-466.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK and New York, NY: Cambridge University Press.
- Phanous R. D., R. J. Rawlinson, M. Nakamura y A.T. Peterson, 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34: 102-117.
- Root T. L., J. J. Price, M. Hall, M. Dobson, T. C. Cho, C. J. Yarn, 2011. A historical perspective of Madagascan herpetofauna: Diversity and Distributions, 17:43-57.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011. *Sistema Nacional de Información Biológica*. Consultado personal en fechas 15/09/2012. INEGI, México, Michoacán.



OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE *ANNONA PURPUREA*

Lizbeth Alejandra Olvera Garibay¹, Benito Reyes Trejo², Lino Joel Reyes³, Antonio Reyes Chumacero², Diana Guerra Ramírez², José Alfredo Ríos Montejo⁴
¹Departamento de Química Orgánica y ²Fisicoquímica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México ³Laboratorio de Productos Naturales, Área de Química, Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 carretera México- Texcoco, CP 56230, Texcoco, Estado de México. ⁴SENASICA, Cintalapa, Chiapas.



INTRODUCCIÓN

El uso de biodiesel como combustible alternativo, reduce las emisiones de los gases de efecto invernadero. Una gran variedad de semillas oleaginosas aportan aceites que son transformados a biocombustibles. La familia *Annonaceae* constituye una fuente de frutos, cuyas semillas son ricas en aceites que pueden ser aprovechados como materia generadora de energía. En el presente trabajo se extrajo el aceite de estas semillas de *Annona purpurea*, mismo que fue sometido a una reacción de transesterificación para obtener biodiesel. Tanto el aceite como el biodiesel se caracterizaron, para establecer la posibilidad de su uso en máquinas de combustión y tratar de mitigar la emisión de contaminantes.

METODOLOGÍA

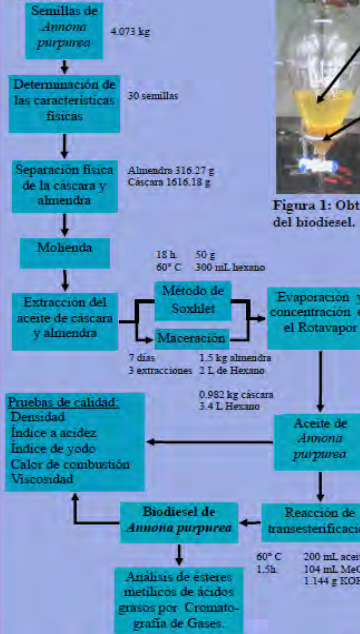


Figura 1: Obtención del biodiesel.

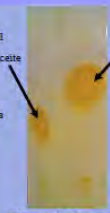


Figura 2: Cromatoplaque de la reacción de transesterificación del aceite

Tabla 3. Composición de ácidos grasos de los aceites más utilizados para hacer biodiesel.

	Acetate de soja	Acetate de colza	Acetate de girasol
Acido palmítico (C16:0)	11.75	3.49	6.08
Acido esteárico (C18:0)	3.15	0.85	3.26
Acido oleico (C18:1)	23.26	64.40	16.93
Acido linoleico (C18:2)	55.53	22.30	73.73
Acido linoléico (C18:3)	6.31	8.23	0.00

*(Costa, et al. 2010)

Tabla 1. Resultados de las dimensiones y peso de la semilla de *A. purpurea*.

Parámetros	Almendra	Cáscara
Peso (g)	0.6838 ± 0.1166	0.4873 ± 0.0663
Largo (cm)	1.79 ± 0.2662	2.71 ± 0.2413
Ancho (cm)	0.91 ± 0.0994	1.35 ± 0.1939
Grosor (cm)	0.70 ± 0.0799	0.86 ± 0.1017

*30 semillas.

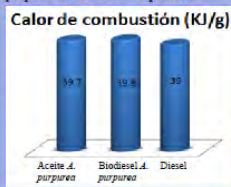


Figura 3. Semillas de la *Annona purpurea*.

Tabla 2. Rendimientos y características del aceite de *A. purpurea* y biodiesel.

	ACEITE Obtenido por maceración	BIODIESEL
Rendimiento (%)	29.97	75.93
Índice de acidez (g KOH/g)	1.1921±0.0209	0.4693±0.0012
Densidad a 20°C	0.9072±0.0018	0.8699±0.0006
Índice de yodo (g I/g)	89.2467±1.0537	82.9344±1.3023
Calor de combustión (kJ/g)	39.7603±0.1107	39.7554±0.1065
Viscosidad dinámica (mPa.s)	24.182	3.4308
Viscosidad cinemática (mm ² /s)	27.198	4.0132
Densidad (g/cm ³) 40°C	0.8891	0.8559

Gráfica 1: Comparación del calor de combustión del aceite y biodiesel de *A. purpurea* con el diesel de petróleo.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dimensiones determinadas a las semillas colectadas de frutos de *A. purpurea* son de 2.71 ± 0.2413, 1.35 ± 0.1939 y 0.86 ± 0.1017 de largo, ancho y grosor respectivamente. Como podemos ver en la tabla 1, la almendra representa alrededor del 60% del peso de la semilla.

Se obtuvo de la extracción del aceite de la cáscara y la almendra, menos del 1% y 29.87% de rendimiento respectivamente. Por lo que solo es viable la extracción del aceite de la almendra.

En la tabla 2, se muestran los resultados de las pruebas de calidad del aceite obtenido de la almendra de *A. purpurea* y el biodiesel, como el porcentaje de índice de acidez del aceite fue menor a 3% se realizó la reacción de transesterificación en medio básico (figuras 1, 2 y 4) sin ningún tratamiento previo. Debido a la presencia de acetogéninas en el aceite, éste no puede ser utilizado para consumo humano. En el calor de combustión (gráfico 1), podemos ver que el biodiesel de *A. purpurea* es ligeramente superior al diesel de petróleo, por lo que dará un buen rendimiento energético. La viscosidad cinemática es de 4.0132 mm²/s, lo que entra en los parámetros establecidos de la EN 14214 con 3.5-5 mm²/s de rango.

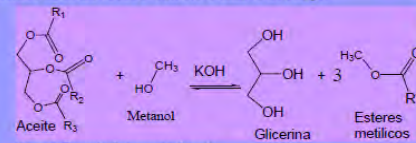


Figura 4: Reacción de transesterificación.

En la figura 5, se muestra la cromatografía de gases y en la tabla 4 podemos ver la composición de los ésteres metílicos del biodiesel, comparándolo con los aceites comunes (tabla 3), el biodiesel tiene un mayor contenido de ácido palmítico y esteárico, casi el doble de ácido oleico, y menor contenido de ácido linoleico con respecto a los aceites comunes.



Laboratorio de Cromatografía
 LSA del Instituto de Química, UNAM
 Certificado ISO 9001:2000 RSGC 238
 Informe de Resultados

23-05-2012

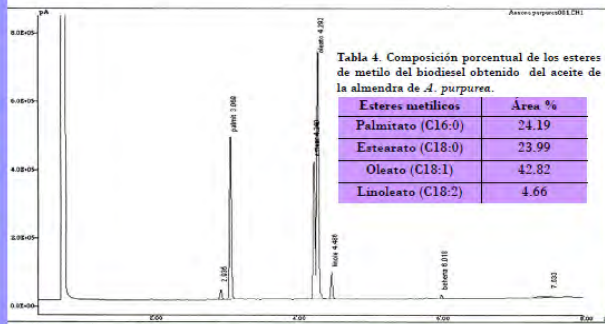


Figura 5: Cromatografía de gases de los ésteres metílicos del biodiesel de *A. purpurea*.

CONCLUSIONES:

Se obtuvo biodiesel del aceite de la almendra de *Annona purpurea*, es factible extraer el aceite y hacer la reacción de transesterificación. La composición de ésteres metílicos que presenta el biodiesel, nos indica que es potencial y es estable a la oxidación como el aceite de soja y girasol. Con los parámetros evaluados al biodiesel, no se puede tener una completa caracterización de este, por lo que se necesita realizar las demás determinaciones, como la de índice de cetanos que es uno de los parámetros más importantes.

Bibliografía:

Costa, B. P., Castillo P. C., Rojas, M. F., Ferreira, J. (2010) Characterization of annona cherimola Mill. Seed Oil from Madeira Island: a Possible Biodiesel Feedstock. *J. Am. Oil Chem. Soc.* (87), pp. 429-436.

León, Jorge. (2000). *Fundamentos Botánicos de Los Cultivos Tropicales*. Tercera edición, San José: IICA, pp. 50 -56.



Top Efficiencies in Ceramics for CO₂ sequestration

Eficiencias Límite en el uso de Cerámicos como secuestradores de CO₂ de fuentes antropogénicas

J.B. Pérez-Navarrete*

Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, México, D.F., climaturo@yahoo.com.mx

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar las variables de interés que permitan tanto la evaluación como el desempeño de los cerámicos actuales en la captura de CO₂ por medio de un modelo no lineal que brinda la capacidad real de captura de CO₂ en función de los elementos presentes en la composición del cerámico, su área superficial, conductividad iónica, presión y temperatura de operación entre otros que permite buscar compuestos y composiciones más eficientes.

Abstract

Searching for cheaper and most efficient Ceramics for Carbon Capture (CC) is one major issue in Materials Science for decades, however, almost all ceramics that has excellent performance for this task has reached its top efficiency, so the main goal of this paper is to points out the characteristic and chemical structure of the Next Generation of Ceramics to come.

Keywords

Ceramics, Carbon Capture (CC), Materials Science, CO₂, mathematical modelling, Chemisorption, Physisorption, Langmuir adsorption isotherm

Introduction

Materials posses two type of properties related some of them to the nature of the atomic arrangement, these are intrinsic properties (i.e., melting point, elastic modulus, ferromagnetism, etcetera) and those related to, the extrinsic properties, are mainly affected by microstructure [1-3]. The understanding of such interrelation between intrinsic and extrinsic properties is essential for synthesis and interpretation o laboratory performance tests for high temperature CO₂-adsorbent. The sites available in metal oxides -with a low charge/radius ratio enhance the acidic nature of CO₂ for adsorption on the basic sites, on which the CO₂ molecules can adsorb forming mono- or multidentate species (Figure 1).

Methodology

The kinetics of CO₂ adsorption on ceramic adsorbents is driven by two main processes:

- 1.The rate of the carbonation process, partially limited by the rate of the chemical reaction (usually very fast at elevated temperatures)
- 2.The rate of the CO₂ transport to the unreacted adsorption sites of the metal oxide.

Thus carbonation consist of an initial process with a rapid reaction rate, followed by a slower second stage that continued until the maximum conversion is finally reached.

Figure 1. Schematic Carbon Dioxide Capture by Complex Formation with a Chelating (from Chelys) Agent



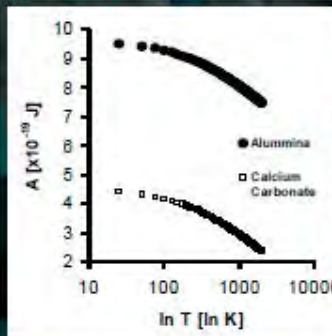
The overall process may be modelled by means of Potential Energy Model for Two Spheres that involves the Hamaker Constant (Equation 1), where a is the particle radius, h is the separation of particles, and V_A is the potential energy between the particles due to atomic forces [4]. A is the Hamaker Constant. During the overall process the grain boundary diffusion plays a key role in the mass transfer from CO₂ to the surface ceramic particle, and according to the fact that θ (θ is the surface coverage in the Langmuir adsorption isotherm [5], Equation 2) is related to the viscous sintering of Frenkel as X (X is the neck radius) is relate with the temperature (T) as $X \propto T^{-1}$, in this manner θ is enhanced by T or $\theta \propto T$. However, greater values of q decrease the area disposable for reaction θ_0 , and if T is related to θ in this way, $T^{-1} \propto a$ [4].

$$V_A = -\frac{A}{\delta} \left(\frac{2a^2}{h^2 - 4a^2} + \frac{2a^2}{h^2} + \ln \left(\frac{h^2 - 4a^2}{h^2} \right) \right) \quad (1) \quad K_{ads} C = \frac{\theta}{1-\theta} \quad (2)$$

On the other hand, since the Langmuir adsorption isotherm requires that T is maintained during the experiment [6], after the proposed assumptions and simplifications we can plot A (considering V_A as a measure of the ionic conductivity of the materials) the Hamaker Constant as versus natural logarithm of (T^{-1}) (Equation 3).

$$A = A_0 - k * \ln(T^{-1}) \quad (3)$$

From reported data previously for CaCO₃ and Al₂O₃, graphic behaviour of Hamaker Constant is seen in Figure 2.



Conclusions

From calculated values for Hamaker Constant seems likely that the analytical approach of Hamaker would provide a method to test the performance of possible CO₂ sorbents since it comprises relations of temperature, geometry of particles, rate of surface available for reaction, sintering and temperature, however, analysis and experimental data are needed for best evaluation and customary of model proposed in this paper.

References

1. J.B. Pérez-Navarrete, Verdadera Naturaleza Fractal de los ElectrodoS Sólidos y su Respuesta en Impedancia, 1^o Congreso de Alumnos de Posgrado, UNAM-CEP, held in Ciudad de México, Mexico, 18-20 May, 2011.
2. P.L. Mangonon, The Principles of Material Selection for Engineering Design, Prentice Hall, USA, 1997
3. J.B. Pérez-Navarrete, Nuevos Compuestos Orgánicos para Inhibir la Corrosion en Tiberias de Traensport de Crudo, 1^o Coloquio Nacional para Estudiantes Universitarios, Universidad de Guadalajara-Centro Universitario del Sur, held in Zapopan El Grande, Jalisco, México, 25^o November, 2009.
4. M.N. Rahaman, Ceramic Processing and Sintering, Taylor and Francis Editors, USA.
5. J.B. Pérez-Navarrete, Manomateriales el Despertar de una Nueva Era Industrial, ICYTDF, Gobierno de la Ciudad de México, Lecture presented in Ciudad de México, 13^o October 2010.
6. J.B. Pérez-Navarrete, Steel Corrosion Inhibition with New Organic Compounds, 1^o Coloquio Nacional para Estudiantes Universitarios, Universidad de Guadalajara-Centro Universitario del Sur, held in Zapopan El Grande, Jalisco, México, 25^o November, 2009.



Mathematical Modelling of Climate Change taking into account Feldspar CO₂ Sequestration in Sands and Rock Formations

Modelaje Matemático de la Influencia del CO₂ en el Cambio Climático tomando en cuenta el Secuestro de CO₂ por Feldspatos en los Suelos

J.B. Pérez-Navarrete*

*Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad Universitaria, México, D.F., climaturo@yahoo.com.mx

Resumen

Mediante el uso de modelos no lineales se procedió a cuantificar la influencia de los feldspatos en el suelo capaces de limitar el calentamiento global debido a la influencia que los mismos tienen en el secuestro de CO₂ en el manto terrestre, pudiendo determinarse un claro modelo no lineal que predice el alcance que los mismos pueden tener sobre las emisiones de CO₂.

Abstract

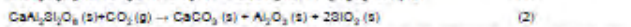
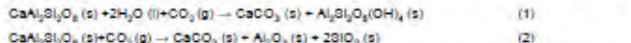
By means of the development of a non linear model the true rate of Global Warming was calculated taking into account feldspar CO₂ sequestration in soils and rock formations, and the influence on atmospheric CO₂ concentration due to feldspars in soils and rock formations was by first time accurately modeled.

Keywords

Feldspar, Anorthite, Microcline, Sanidine, Albite, Plagioclase, CO₂ sequestration, mathematical modeling, IPCC, No linear models, Lagrange Polynomial, Least Square Method

Introduction

Carbon dioxide capture and sequestration in deep geological formations is a novel option for control and reducing greenhouse emissions. The injection of CO₂ into a reservoirs disturbs their physico-chemical equilibrium, which is known to be controlled by acid-generating reactions as CO₂ will dissolve into the brine to form carbonic acid. Further CO₂-brine-rock interactions include the dissolution of certain minerals –which may contain alkali and plagioclase feldspar solid solution since feldspar are by far the most abundant minerals in Earth's Crust (About the 65 %) -involving the precipitation of carbonaceous slag and finally reforming the chemical composition of the soils and rock formations on which CO₂ sequestration takes place. Because CO₂ is a greenhouse gas, CO₂ contributes to Global Warming by reflection of heat radiated from the Earth. The concentration of CO₂ in the Earth's atmosphere is currently approximately 370 parts per million by volume (ppmv), which is equal to approximately 560 parts per million by weight (ppmw). Based merely in thermodynamic consideration some reactions have been suggested to occur likely in some feldspar (Anorthite, CaAl₂Si₂O₈) [1] (Equations 1 and 2):



Besides, kinetic analyses of these reactions [2-5] suggested that Albite (NaAlSi₃O₈) and Microcline (KAlSi₃O₈, Sanidine) may be efficient CO₂ sequestration agents. The feldspar stuffed framework structure is constructed from a 3D 4-connected net of [AlO₄] and [SiO₄] tetrahedra where the Al:Si distribution is more or less disordered depending on the thermal history of the sample. Furthermore, by far the most rapid and inexpensive tool available to simulate the processes taking place on this minerals is the mathematical modelling being inexpensive and avoiding experimental on-site measurement until fully understanding of the problem is achieved [6-9].

Methodology and discussion

To implement model that accounts for annual remote sensing data the rate of forest land converted to grassland must be known among many other experimental parameters representative of CO₂ release and sequestration. A fine mathematical model must provides the linkage between various sub-models. Carbon dioxide (CO₂) emissions and removals can be estimated using the Full Carbon Accounting Model (FullCAM) [10]. Change, this model includes the calculation of the amount of photosynthetically active radiation absorbed by plants (APAR), as a natural sink for CO₂, and several parameters as APAR, SWRadn, LAI and NDVI. Where LAI is the Leaf Area Index and the coefficient 0.5 is a general value for the extinction coefficient. However, The use of long term (temporal) average and regionally (spatial) averaged climate data was shown to be inadequate to support spatially and temporally disaggregated carbon modeling, frequently generating spurious results when tested. In this manner the use of instantaneous rates is necessary, for these reason considering simply a simple model for mass transfer is used (Equation 3), that simplify a system where adsorption, desorption and fluxes are present as a closed box [11], so it is as if CO₂ is inside a box represented by the atmosphere, and base is Earth's Crust. Along with this simpler and useful mass transfer model for modeling CO₂ real concentration in atmosphere function mapping by means of Lagrange Polynomial (Equation 4) was used because the broad time interval reported-to the set of data provided by Xu, Apps and Pruess [12] for KAlSi₃O₈ and NaAlSi₃O₈ (it covers an interval of 100,000 years). Data were taken at distance x=0 for superficial CO₂ immobilization through carbonate precipitation that results in sequestration of CO₂ in soils by sands and rock formations exposed to atmosphere (Equations 5 and 6). In these Equations t, is time (year), c is CO₂ concentration, S_i is the sequestration amount of CO₂ in volume fraction (i refers to sanidine (K) or Albite (Na) feldspars). The values for c₀ were taken from Mauna Loa Program (Keeling 1976) 1958-1982 (Figure 1), in the graphic the approximated parabolic behaviour for atmospheric CO₂ concentration is showed in Figure 1, the parabolic equation showed in Figure 1 was fitted by means of Least Square Method [8].

$$x = c_0(t) = e^{-kt} \quad (1)$$

$$P(t) = \sum_{k=0}^n f(t_k) \cdot \left(L_{k,n}(t) = \prod_{j=0, j \neq k}^n \frac{t - t_j}{t_k - t_j} \right) \quad (2)$$

$$T_k = 4.89 \times 10^{-12} t^2 - 4.47 \times 10^{-10} t + 7.912 \times 10^{-8} \quad (3)$$

$$S_{\text{San}} = 5.71310 \times 10^{-17} t^2 - 4.19500 \times 10^{-15} t + 4.216 \times 10^{-13} \quad (4)$$

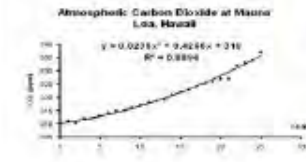


Figure 1. Reported CO₂ Concentration by Keeling In Figure 2 this trend is seen for both feldspar, Albite (NaAlSi₃O₈) and KAlSi₃O₈, Sanidine.

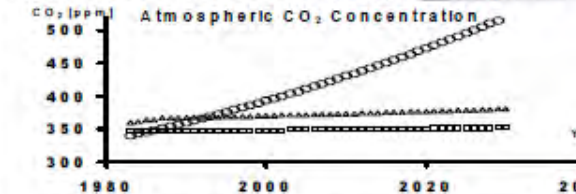


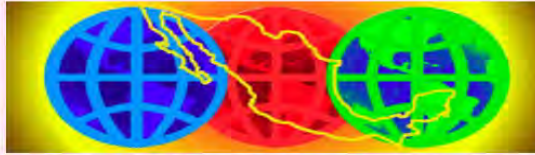
Figure 2. Atmospheric CO₂ Concentration taking into account feldspar reactivity

Conclusions

From calculated values and the fact that almost all superficial sands and rocks on Earth's surface are composed of feldspar (about 60%) is likely by this numerical and analytical manipulations to conclude that Feldspar actually influence the presence of atmospheric CO₂ and that superficial CO₂ immobilization through carbonate precipitation play a key role in CO₂ sequestration. However, as well as further numerical simulations, models and experimental data is required to assessment of kinetic followed in sequestration of CO₂ in soils by sands and rock formations exposed to atmosphere.

References

1. D.M. Blumner, D.D. LaFolade, J.B. Pritz & R.H. Hess, Assessment of the Potential for Carbon Dioxide Sequestration by Reactions with Rocks in Nevada, Report 52, Nevada Bureau of Mines and Geology, University of Nevada, Nevada, USA, 2007.
2. S.A. Carroll & K.G. Krause, Dependence of labradorite dissolution kinetics on CO₂ (aq), Al (aq), and temperature, Chem. Geol. 217 (2005) 213-225.
3. IPCC (2006) Underground geological storage. In: Metz B, Davidson O, de Coninck HG, Loos M, Meyer LA (eds), IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York, USA, pp. 195-238.
4. A.C. Lasaga, Chemical kinetics of water-rock interactions. J. Geophys. Res. 89 (1984) 4039-4025.
5. C.J. Swales & A.C. Lasaga, A coupled model for transport of multiple chemical species and kinetic precipitation/dissolution reactions with applications to reactive flow in single phase hydrothermal systems. Am. J. Sci. 294 (1994) 529-562.
6. J.B. Pérez-Navarrete, Analytical Approach to Mathematical Modelling of Rolling Forces in Bimetric Cold-chambered Strip Steel Materials, Quinto Coloquio de Tecnología UNAM-IES Guadalupe, held in Estado de México, México, 23 June, 2010.
7. J.B. Pérez-Navarrete, Establishment of Electrical Equivalent Circuits from Electrochemical Impedance Spectroscopy Study of Corrosion Inhibition of Steel by Imidazolium Derived Ionic Liquids in Sulfuric Acidic Solution, Proceedings of the 7th International Conference on Electric Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE, 2010), held in Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 6-10 September, 2010.
8. J.B. Pérez-Navarrete, Influence of Social Networking Sites on Electronic Voting, Simposio Interamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingeniería (SIMCI-UPF), held in Puebla, México, 21-23 September, 2011.
9. J.B. Pérez-Navarrete, Linear polarization and direct current potentiodynamic polarization study of 2-propanol to inhibit steel corrosion in acidic solution, Quinto Coloquio de Tecnología UNAM-IES Guadalupe, held in Estado de México, México, 23 June, 2010.
10. Department of Climate Change and Energy Efficiency, Australian Government, Australian National Greenhouse Accounts, National Inventory Report 2010, Volume 2, Australia, April 2012.
11. B.L. Coaster, Diffusion, Cambridge University Press, Cambridge, 1977.
12. T. Xu, J.A. Apps & Karsten Pruess, Mineral Sequestration of Carbon Dioxide in a Sandstone-Shale System.



II Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

“El Agua como Factor de Desarrollo Sustentable ante Escenarios de Cambio Climático: Estudio de Caso Cuenca Río Guayalejo-Tamesí”

Rangel Blanco Lidia¹ Rolón Aguilar Julio Cesar² y Treviño Trujillo Juana³

¹Estudiante de Doctorado en Medioambiente, Generación II. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

²Profesor-Investigador, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

³División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

¹ lidia88_6@hotmail.com, ² rolon@uat.edu.mx, ³ jmtrevino@uat.edu.mx

Introducción

El agua es un elemento principal para el desarrollo, debido a que define y limita las oportunidades de crecimiento y desarrollo económico. Además de que la escasez de agua se incrementará constantemente debido al incremento de las actividades económicas, demandas sociales, el deterioro del medio ambiente y a los cambios climáticos.

La cuenca del río Guayalejo es uno de los sistemas hidrológicos más importantes de Tamaulipas. Hoy en día, y ante el incremento de la demanda, el sistema abastece de agua a importantes sectores productivos de la entidad, tales son los casos de la industria química y petroquímica, la industria energética y, en términos más amplios, a la zona conurbada de la desembocadura del río Pánuco. En su parte media, el abasto de agua al sector agrícola y pecuario es tal que abastece a tres distritos de riego.

La estimación de indicadores socioeconómicos de cuenca es una experiencia nueva en el ámbito nacional, que debe ser abordada de manera generalizada por las instancias vinculadas al desarrollo de estos espacios territoriales, lo que permitirá un mejor uso social y económico del sistema hidrológico para el manejo de un plan integral sustentable.

Objetivo general

➤ Evaluar indicadores socioeconómicos de disponibilidad de agua ante escenarios de cambio climático de la Cuenca del Río Guayalejo Tamesí, como insumo para un plan de manejo integral sustentable.

Objetivos específicos

- Determinar y caracterizar la zona de estudio en su medio físico y socioeconómico.
- Análisis de escenarios de cambio climático nivel regional en el área de estudio, considerando las variables precipitación y temperatura.
- Análisis de los resultados modelación de disponibilidad de agua 2010-2030 para la cuenca Guayalejo Tamesí, identificando zonas de estrés hídrico.
- Adaptar y aplicar una metodología de indicadores socioeconómicos en la cuenca para establecer relaciones entre los datos ge estadísticos y los aspectos socioeconómicos de los usuarios de los servicios hídricos.
- Diseñar un plan de manejo integral sustentable de la cuenca en base a aplicación de indicadores socioeconómicos.



Hipótesis

En función del crecimiento demográfico de los usuarios que se sirven de la cuenca río Guayalejo Tamesí, se producirá el incremento en la demanda de agua como resultado de las actividades económicas y la modificación del ciclo hidrológico como consecuencia del cambio climático, ocasionando la insustentabilidad de la cuenca.

Justificación

En los últimos tres años, en la Zona conurbada del sur de Tamaulipas, principalmente durante el estiaje el Sistema Lagunario del cual se abastece ha llegado a 30 cm del fondo o lecho, lo cual se ha considerado ya como una situación de tensión hídrica por las instituciones responsables de la gestión del recurso (CONAGUA, COMAPA). Esta situación nos remite a considerar dos vertientes: por un lado la creciente escasez en el corto plazo y por el otro, la insustentabilidad de la cuenca río arriba. Esta problemática plantea la necesidad de conocer el uso de la cuenca desde su nacimiento hasta su desembocadura y estudiar el modo de lograr su gestión integral hacia la sustentabilidad.

Cronograma

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Investigar referencias sobre la temática.												
2. Determinar y caracterizar la zona de estudio.												
3. Elaboración de cartel para presentar en congreso internacional en el área de especialidad.												
4. Análisis de escenarios de cambio climático a nivel regional, contenido en el informe actualizado por el IPCC.												
4. Elaboración de presentación oral en tesis de especialidad.												
5. Análisis de los resultados de la modelación de disponibilidad de agua 2010-2030 para la cuenca Guayalejo Tamesí, mediante la aplicación del programa de cómputo WEAP.												
6. Adaptar y aplicar una metodología de indicadores socioeconómicos, para determinar las áreas críticas insustentables de la cuenca.												
7. Escucha de artículo invitado y/o Invitado.												
8. Escritura de artículo invitado y/o Invitado.												
9. Elaboración de la propuesta del plan de manejo integral sustentable en la Cuenca Río Guayalejo Tamesí.												
10. Presentación de tesis.												
11. Presentación del examen de grado.												

Resultados y Discusión

La vulnerabilidad es una condición socioeconómica que potencia el efecto de un fenómeno amenazante, haciendo más difícil la adaptación y la recuperación de un estatus anterior. Las comunidades que usan los servicios ecológicos de la cuenca del río Guayalejo Tamesí son potencialmente vulnerables a modificar sus condiciones de vida, en merma considerable de su calidad al reducirse la disponibilidad de agua por efectos combinados del cambio climático, el crecimiento demográfico y el consecuente aumento de las actividades económicas y la demanda de agua.

El manejo integral sustentable de la cuenca permite recuperar la capacidad del acuífero, conservar la disponibilidad del elemento para desarrollar la calidad de la vida de los usuarios en el mediano plazo.

Agradecimientos

El autor del presente trabajo, con número de becario 218968, agradece al CONACYT por el apoyo prestado para la realización del presente proyecto de investigación. Así como también agradezco el apoyo prestado a la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller" en el área de Posgrado e Investigación y de manera particular al Dr. Gerardo Sánchez Torres Esqueda, Dr. Julio Cesar Rolón Aguilar, Dr. René Bernardo Elías Cabrera Cruz y la Dr. Dora Esther González Turrubiates, así como a todas las personas que han participado en este trabajo.

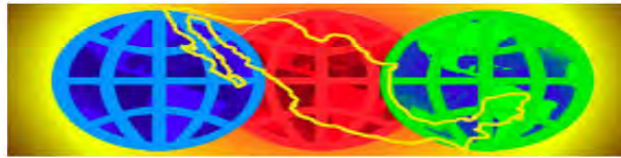
Referencias

CONAGUA, (2011). Agenda del Agua 2030. Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales agenda2030.conagua.gob.mx/. Foroagenda2030/Folleto.pdf

Programa de Manejo Integral del Sistema Lagunario del Río Tamesí. (2004). Grupo especializado de trabajo del sistema lagunario del río Tamesí. Gerencia Regional Golfo Norte, Gerencia de Planeación Hidráulica [ftp://ftp.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/CCRP/Planes/PMI_SLRT.pdf](http://ftp.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/CCRP/Planes/PMI_SLRT.pdf)

Sánchez, G. et. al. (2008) Generación de escenarios de cambio climático a escala Regional, al 2030 y 2050; evaluación de la vulnerabilidad y Opciones de adaptación de los asentamientos humanos, la Biodiversidad y los sectores ganadero, forestal y pesquero. Ante los impactos de la variabilidad y el cambio climático; y Fomento de capacidades y asistencia técnica a especialistas Estatales que elaborarán programas estatales de cambio Climático.





ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL SISTEMA LAGUNARIO DEL RÍO TAMESÍ

Ruiz Maraboto, J. 1, Rolón Aguilar, J. 2 y Treviño Trujillo J. 2

1 Estudiante de Doctorado en Medioambiente, Generación II. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero. E-mail: jmaraboto29@hotmail.com

2 Profesor-Investigador (a), División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero. E-mail: jrolon@uat.edu.mx, jmtrevino@uat.edu.mx

Palabras claves: cambio climático, disponibilidad de agua.

Introducción

El Sistema Lagunario del río Tamesí es una gran extensión de lagunas de poca profundidad que corresponde fisiográficamente a la planicie de inundación del río Guayalejo. El río Guayalejo con una cuenca del orden de 17,000 kilómetros cuadrados, nace a 3,000 m.s.n.m., es afluente del río Pánuco que pertenece a la vertiente del Golfo de México. Toma el nombre de Río Tamesí en la planicie y confluye al río Pánuco 13 Kilómetros. antes de la desembocadura de éste al Golfo de México.

El sistema esta conformado por las lagunas; La Culebra, La Puente, Toquillas, La Escondida, Champayán, La Puerta y Chairil por margen izquierda y por la derecha Jopoy, Miradores, Quintero, Tortuga, Mayorazgo y Camalote.

En los últimos años se han tenido intensas y prolongadas sequías que han afectado el abastecimiento de agua en los principales cuerpos de agua del Sur de Tamaulipas, los regímenes de precipitación pluvial presentando una seria amenaza para el desarrollo sustentable y protección del medio ambiente. (Barton, 2008).

El cambio climático ha sido asociado con cambios en el ciclo hidrológico, en aspectos como: aumento del contenido de la presión de vapor en la atmósfera; cambios en los patrones de precipitación (intensidad y extremos); menor cobertura; cambios en la humedad del suelo; y, modificaciones en la escorrentía. Los cambios de precipitación muestran variaciones sustanciales tanto a nivel espacial como en la variabilidad entre décadas (Jiménez, 2005).

Es importante conocer la disponibilidad de agua para poder detectar la vulnerabilidad y desarrollar acciones que apoyen el desarrollo económico en la zona del Sur de Tamaulipas.

Objetivos Particulares

- Determinar las características ambientales, económicas y sociales del área de estudio.
- Caracterizar la variabilidad climática de precipitación y temperatura observada.
- Desarrollar escenarios de cambio climático con el software MAGICC con una selección de tres diferentes escenarios; A2, B2 y A1B.
- Modelación de disponibilidad de agua en el sistema Lagunario del Río Tamesí (WEAP)
- Determinar los principales impactos en el Sistema Lagunario del Río Tamesí, por aumento o disminución de disponibilidad de agua.

Justificación

Al realizar la estimación del efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en el Sistema Lagunario del Río Tamesí, se puede evaluar los impactos sobre el ecosistema y la actividad humana.

Metodología

La presente investigación se realizará durante el periodo de 2012 -2014 en la Universidad Autónoma de Tamaulipas en la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller" División de Estudios de Postgrado Doctorado en Medioambiente. Tendrá por objetivo analizar el comportamiento del Sistema Lagunario del Río Tamesí en cuanto a su disponibilidad de agua ante el efecto del cambio climático. Las etapas a seguir en la presente investigación se pueden apreciar en la figura 2 En cuanto a los escenarios de Cambio Climático se eligieron tres orientados al desarrollo regional, y con distinto énfasis, en el cuidado del medio ambiente (Conde, C., Gay, C., 2008)

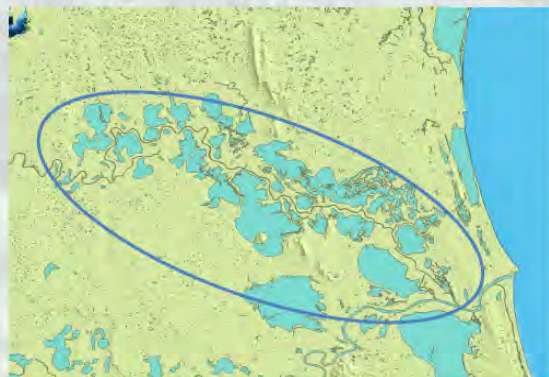


Fig. No.1 Sistema Lagunario del Río Tamesí
Fuente: Elaboración propia



Fig. No.2. Metodología
Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El agua generalmente suele considerarse un recurso renovable, ya que, puede utilizarse de manera que no afecte la disponibilidad del mismo a largo plazo; sin embargo, la disponibilidad y el acceso a este recurso son temas críticos a resolver en el presente y futuro. El Sistema Lagunario del Río Tamesí constituye la reserva de agua para satisfacer las demandas del sur de Tamaulipas, al mismo tiempo es una barrera de protección sanitaria a la región ya que la vegetación de dicho sistema actúa como filtro y purificación del agua. El proceso de adaptación a los efectos previstos del Cambio del Cambio Climático es particularmente importante en el sector hídrico, puesto que el agua es el principal medio a través del cual impactará a la población y al medio ambiente. Dicho proceso debe abarcar e integrar de manera coherente y efectiva en la prestación de los servicios de agua y saneamiento; a la eficiencia en los sistemas de riego y la producción de alimentos; la generación de energía hidroeléctrica; el ordenamiento territorial; protección de ecosistemas y biodiversidad. El manejo de los recursos hídricos debe incluir medidas de prevención de las amenazas como inundaciones frecuentes o sequías, que afecten la disponibilidad y calidad de agua en la zona. Para lograr la sustentabilidad hídrica en el Sistema Lagunario del Río Tamesí es importante la Generación de Escenarios de Cambio Climático regionales a fin de tomar medidas de mitigación y regulación hidrológica.

Agradecimientos

El autor del presente trabajo con número de becaria 247980, agradece al CONAYT, por el apoyo prestado para la realización del presente proyecto de investigación. Así como también agradece el apoyo prestado al Dr. Julio Cesar Rolón Aguilar, Dr. Gerardo Sánchez Esqueda y Dr. René Bernardo Elias Cabrera Cruz quienes han contribuido con su aporte técnico y metodológico en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Objetivo General

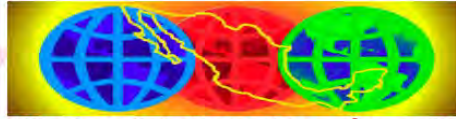
Describir el comportamiento de un cuerpo de agua en sus condiciones actuales y en sus condiciones futuras ante tres escenarios de cambio climático en un horizonte de tiempo a 30 años, mediante la determinación de los factores críticos que determinen el comportamiento del sistema y que serán afectados por el aumento o disminución de temperatura y precipitación pluvial para estimar el impacto del cambio climático sobre el sistema y su área de influencia.

Objetivos Particulares

- Determinar las características ambientales, económicas y sociales del área de estudio.
- Caracterizar la variabilidad climática de precipitación y temperatura observada.
- Desarrollar escenarios de cambio climático con el software MAGICC con una selección de tres diferentes escenarios; A2, B2 y A1B.
- Modelación de disponibilidad de agua en el sistema Lagunario del Río Tamesí (WEAP)
- Determinar los principales impactos en el Sistema Lagunario del Río Tamesí, por aumento o disminución de disponibilidad de agua.

Bibliografía

- Barton, J. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. Revista de Geografía, Norte Grande. 43, 5-30.
 Conde, C., Gay, C. (2008). Guía para Generación de Escenarios de Cambio Climático a escala regional. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México D.F. 105 pp.
 Jiménez, B., Durán, J., Méndez, J. (2010). Calidad. En: El agua en México; cauces y encauces. (Blanca J., Juan Carlos D., Juan Manuel M.). Creativa Impresores SA de CV. México D.F. pp. 265- 681.



II Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

MANEJO DE RESIDUOS BIOLÓGICOS-INFECIOSOS EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR: CENTRO UNIVERSITARIO TAMPICO-MADERO.

M. en C. A. Jaime Ataulfo Sánchez González
Estudiante del 5to. Semestre de la 2da. Generación, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico-Madero, 89339 Tampico, Tamaulipas.

Correo electrónico: jasesanchez@post.ata.mx

Palabras claves: Manejo, RPBI, IES, Tampico

Introducción

Los Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos (RPBI). También son conocidos como desechos hospitalarios, desechos médicos regulados, desechos de bolsas rojas o desechos biomédicos. Estos residuos son capaces de transmitir enfermedades infecciosas, debido a que incluyen materiales contaminados con sangre o líquidos corporales. Todos los programas de control de infecciones en clínicas deben incluir un apartado para el manejo adecuado de Residuos Peligrosos Biológicos Infecciosos que se generan en el ejercicio. Estas prácticas deben ser observadas junto con procedimientos para la protección del trabajador.

La salud ambiental ha sido definida como el completo bienestar físico, mental y social y no solo como la ausencia de enfermedad o molestia. En México, de acuerdo al Artículo 3 fracción XXXII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 8ª Edición 1993 y a la Norma NOM-52 ECOL-93, se define al RPBI como "aquel que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos y al ambiente, que se generan en establecimientos de atención médica" el marco legal mexicano de los RPBI está sustentado en la NOM-087 ECOL 1995, publicada el 7 de Noviembre de 1995 y puesta en vigor el 7 de Mayo de 1996 a principios del 2000, se expide como anteproyecto de modificaciones y se hace disponible en la Internet. Finalmente se publicó en el Diario Oficial de la Nación el 17 de Febrero de 2003 como NOM-87ECOL_SSA1-2002 y cuyos objetivos van encaminados a la clasificación de los RPBI y a su manejo.

El campo de aplicación incluye a todos los establecimientos que generen RPBI y los prestadores de servicios a terceros. En un principio, se emitió como elemento regulatorio de la protección del medio ambiente, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Actualmente tiene observancia también sobre la protección de la salud, por la debida participación de la Secretaría de Salud (SS). Los centros hospitalarios que generan RPBI se clasifican de acuerdo a la NOM-087-ECOLSSA1-2.

Metodología



Objetivos, Hipótesis y Justificación

Objetivo General

Proponer un sistema de manejo integral de los residuos biológicos-infecciosos, generados en Instituciones de Educación Superior. Para contribuir en el establecimiento de un manejo de residuos que promueva la sustentabilidad del funcionamiento de la Institución, caso de estudio: Institución de Educación Superior, Centro Universitario Tampico-Madero.

Objetivos Particulares

- Identificar y caracterizar los residuos generados en laboratorios y clínicas.
- Generación de residuos, calcular o estimar la cantidad de Residuos Biológicos-Infecciosos, generados
- Analizar los procesos y actividades que se realizan en el Centro Universitario Tampico-Madero de los Residuos Biológicos-Infecciosos.
- Analizar el sistema actual de manejo de Residuos Biológicos-Infecciosos, incluyendo los aspectos técnicos, económicos, sociales, legales e institucionales.
- Proponer un plan de manejo integral de Residuos Biológicos-Infecciosos, en el Centro Universitario Tampico-Madero.
- Proponer alternativas de implementación, de evaluación y soluciones de los principales problemas encontrados.
- Proponer alternativas de implementación y evaluación a los principales problemas.

Hipótesis

¿Qué factores del medio natural y social intervienen en el manejo Integral de los Residuos Biológicos-Infecciosos en las Instituciones de Educación Superior, toneladas al año?

Justificación

El conjunto de estrategias de control de infecciones comunes a todas las áreas al cuidado de la salud, deberían reducir el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas causadas por agentes patógenos de la sangre como el HBV, HIV y otros. Esta extensión de precauciones con la sangre y fluidos corporales, referidas como "las precauciones universales", debe observarse rutinariamente en el cuidado de todos los pacientes dentales. En el cumplimiento puntual de estas acciones, lo que genera los diferentes tipos de residuos peligrosos biológicos-infecciosos, que necesitamos conocer para saber como manejarlos responsablemente hasta su disposición final. El establecimiento de los procedimientos de control infecciosos, incluyendo el manejo adecuado de los residuos biológicos-infecciosos, además de ser una obligación legal, ética profesional se convertirá a muy corto plazo, en un criterio de selección de servicios profesionales.

Actividades y Cronograma

ACTIVIDAD	2012		2013		2014	
	Sem 4 - Sem 5	Sem 6 - Sem 7	Sem 8 - Sem 9	Sem 8 - Sem 9	Sem 8 - Sem 9	Sem 8 - Sem 9
I. ESQUEMATIZACIÓN DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN						
I.1.- Revisión de Fuentes Bibliográficas						
I.2.- Identificación y Determinación del Área Tributaria en estudio						
I.3.- Redacción de Protocolo de Tesis						
I.4.- Registro de Proy. De Tesis. Asignación Director						
II. ESTADO DEL ARTE Y REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN						
II.1.- Marco Referencia de Información de los RPBI en Contexto Intern. y Nac.						
II.2.- Volumen y Composición de los RPBI por los generadores en el CUTM						
II.3.- Planteamientos de la Gestión Ambiental Integral en el manejo de RPBI						
II.4.- Elaboración y Participación como ponente en Congreso Naci. e Intern.						
II.5.- Escultura Art 1 Rev. Arbitrada o Indexada, Escultura Art 2 Rev. Arbitrada o Indexada						
III. EDICIÓN, REGISTRO Y DEFENSA						
III.1.- Impresión Final y Encuadernación de Tesis						
III.2.- Registro Administrativo de Tesis						
III.3.- Defensa Tesis Doctoral ante Tribunal						

Resultados esperados.

La Sustentabilidad Ambiental, un término frecuentemente usado en la actualidad para referirse al anhelo de desarrollo de nuestras ciudades y territorios, poniendo énfasis en conceptos relacionados con la dimensión social de los problemas ambientales urbanos, el impacto que esto conlleva también a la salud de las personas, es de gran valor el de tener un plan de manejo integral para los RBI minimizando así los riesgos que generan en ámbito del sector salud y de contaminación a recursos naturales.

Se espera obtener una caracterización de la zona de estudio, generar un diagnóstico actualizado de la zona de estudio, respecto a los RBI, con base a los indicadores de desempeño ambiental, económico y social, además de una análisis de las afectaciones al suelo que se produce, con el fin de saber que grado de daño ambiental existe con respecto a los microorganismos patógenos que contienen los RBI. A mediano plazo se logrará identificar los RBI con mayor impacto, de esta manera aplicar la metodología correspondiente para su adaptación, corrección, prevención y predicción de los impactos ambientales que se presenten, y poder con todo lo anterior la formulación de una Gestión Se espera obtener: Clasificación de los RBI en las Instituciones de Educación Superior, para la optimizar el manejo adecuado de los RBI en cada una de las Facultades.

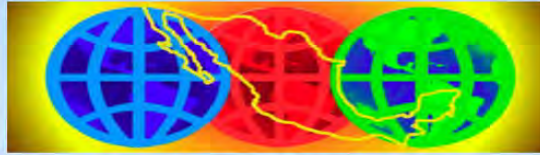
Agradecimientos

El autor del presente trabajo, con # de Beca 278359, agradece al CONACYT el apoyo prestado para realizar el presente Proyecto de Investigación. También se agradece el apoyo prestado al M.I Roberto Pichardo Ramirez Director de la Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", al Dr. Julio Cesar Rolon Aguilar, Jefe del área del Centro de Posgrado e Investigación, Dr. Rodolfo Garza Flores y al Dr. en Q. Rene Bernardo Elias Cabrera Cruz.

Referencias

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental Salud ambiental Residuos peligrosos biológico-infecciosos Clasificación y especificaciones de manejo. Diario Oficial de la Federación febrero 2003.
- NOM-052-ECOL que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
- INEGI. GIIIS. Boletín de Información Estadística No. 20. Recursos y Servicios.2000. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/difusion/espanol/fdesinf.html>.
- Organización Panamericana de la Salud. Manual de Prevención y Control de Infecciones, Hospitalarias en la serie HSP-UNI/Manual Operativo PALTEX, 1996, 4. pág. 87-90.
- Barquín Calderón, M. y cols. La Salud en el Trabajo. IGH Editores. México, 2000. p.164.





II Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

“Cambio Climático y su Impacto en la Disponibilidad Hídrica de la Cuenca del Río Soto la Marina, Tamaulipas, México”

Rocío del Carmen Vargas Castilleja¹, Julio Cesar Rolón Aguilar² y Juana Treviño Trujillo²

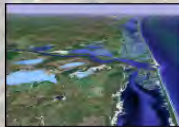
¹Estudiante de Doctorado en Medioambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

²División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

¹rociovargascastilleja@hotmail.com, ²jrolon@uat.edu.mx, ²jmtrevino@uat.edu.mx

Palabras clave: cambio climático, disponibilidad de agua, MIRH.

Introducción.



Durante miles de años se ha visto la evolución de la tierra y los cambios que ésta ha sufrido de manera natural. Sin embargo, ahora se sabe con un alto grado de confiabilidad que el cambio que el clima global está experimentando en las últimas décadas está fundamentalmente ligado a las actividades que dentro de la atmósfera planetaria realiza el hombre y que exceden la tolerancia de la tierra para mantener un ambiente en que se pueda respirar y vivir satisfactoriamente (Delgado, et. al, 2010). Se vive en un constante desequilibrio en los ciclos naturales, principalmente en el ciclo hidrológico, situación que hoy en día preocupa por la incertidumbre que aún se tiene respecto a si es o no un recurso renovable o hasta cuando dejará de serlo. La ubicación de México en el globo terráqueo indica que en el siglo XXI las precipitaciones disminuirán, por ser una región tropical y subtropical (IPCC, 2007).

Con base en lo anterior, existe la necesidad de integrar la variable del efecto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua a nivel de estudios de cuenca hidrológica, así como en los planes de gestión integral de las mismas. En el estado de Tamaulipas la cuenca hidrológica del Río Soto la Marina no cuenta con un manejo integral de los recursos hídricos ni proyecciones de escenarios de cambio climático. Los estudios de cuenca deberán incluir en sus consideraciones futuras escenarios de vulnerabilidad, la identificación de amenazas y estudios de riesgo hídrico.

Objetivo General.

• Analizar los efectos del cambio climático en los recursos hídricos, mediante la modelación hidrológica y de disponibilidad de agua para identificar y estimar índices de vulnerabilidad en la cuenca hidrológica del Río Soto la Marina en Tamaulipas, México.

Objetivo Específicos.

- ✓ Determinar el área de estudio y las condiciones ambientales, económicas y sociales.
- ✓ Analizar registros históricos de precipitación, temperatura ambiente, escurrimientos e índice de Lang para determinar las proyecciones de estas variables climatológicas.
- ✓ Modelación hidrológica para la determinación del comportamiento del área de estudio.
- ✓ Generar escenarios de cambio climático a nivel regional en el área de estudio.
- ✓ Analizar la relación oferta/demanda del recurso hídrico para los diferentes usuarios del agua, para un escenario base (condiciones actuales) y para escenarios que incorporen el impacto del cambio climático.
- ✓ Identificar y estimar índices de vulnerabilidad de los recursos hídricos en el área de estudio bajo los diferentes escenarios de cambio climático.
- ✓ Definir criterios y elementos de juicio para la elaboración de políticas públicas tendientes al uso eficiente y manejo integrado de los recursos hídricos a nivel de cuenca, que coadyuven a la toma de decisiones que permitan mitigar los procesos adversos del cambio climático.

Hipótesis.

La disponibilidad del agua tiende a decrecer debido a las condiciones cambiantes del clima, a las prácticas de aprovechamiento del agua y programas de gestión integral del recurso hídrico en el área de estudio.

Justificación.

A nivel nacional, México experimenta un grado de presión del agua del 17.5%, lo cual se considera de nivel moderado; sin embargo, la zona centro, norte y noroeste del país experimenta un grado de presión fuerte sobre el recurso. El proyecto de investigación que se propone, analizará los efectos y consecuencias sobre los recursos hídricos derivados del fenómeno del cambio climático en la cuenca del Río Soto la Marina y que actualmente carece de dicha información.

Metodología.

La modelación se llevará a cabo en la cuenca hidrológica del Río Soto la Marina, que se ubica en la Región Administrativa Golfo-Norte IX y en la Región Hidrológica 25 San Fernando-Soto la Marina. Se ubica en la parte costera central del estado de Tamaulipas y cuenta un área de 21 475 km² (DOF, 2009), comprende 13 subcuencas, 18 municipios que se ubican en un 14.2% en Nuevo León y el 85.8% en Tamaulipas. Con base en el esquema siguiente de la figura 1, el estudio comprenderá 4 etapas, donde las tres primeras están relacionadas entre sí, y la última etapa incorpora el Modelo de Disponibilidad de Agua para determinar el impacto del cambio climático bajo diversos escenarios y la estimación de la vulnerabilidad hídrica en el área de estudio.

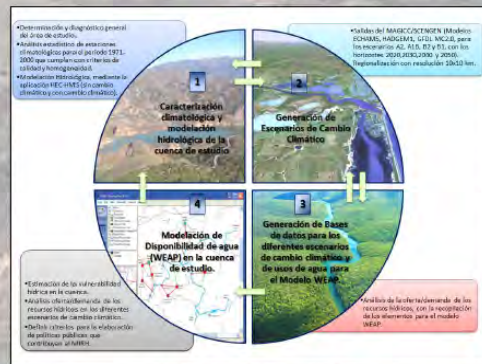


Fig. 1. Esquemática del proceso metodológico. Fuente: Elaboración propia.

Discusión.

El presente estudio aplica un esquema que proporcione un marco de referencia en los estudios de impactos sobre la disponibilidad de agua ante el cambio climático, debido a que analiza el comportamiento del clima y de la cuenca, propone diversos escenarios que juegan un papel importante en la oferta/demanda del agua a nivel regional, identifica la vulnerabilidad actual y futura bajo ciertos indicadores y propone criterios que favorecen al aprovechamiento de los recursos hídricos.

La investigación cumple con el principio de sustentabilidad en relación a los recursos hídricos, ya que tiene el objetivo de prevenir, mitigar y adaptarse a las condiciones actuales y futuras del uso del agua, para que las generaciones próximas obtengan el beneficio de la transformación en la gestión del uso eficiente y el ahorro del agua que debe plantearse actualmente como medida prioritaria.

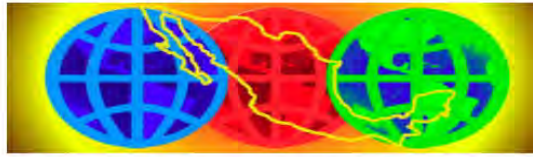
La vulnerabilidad hídrica seguirá creciendo a medida que la información climática no sea tomada como una medida preventiva y no como una explicación del desastre. Es necesario realizar la importancia del cambio climático como una causa en la disminución de la cantidad y calidad del agua y su efecto sobre la calidad de vida y el funcionamiento de los ecosistemas.

Agradecimientos.

El autor con Número de Becario 217031 del presente trabajo agradece a CONACYT por el apoyo otorgado para el desarrollo de la investigación. De igual manera se agradece el apoyo al Dr. Julio Cesar Rolón Aguilar y a la M.I. Juana Treviño Trujillo, así como al Dr. Gerardo Sánchez Torres Esqueda y al Dr. René Bernardo Elias Cabrera quienes han contribuido con su aporte técnico y metodológico para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Referencias.

- Comisión Nacional del Agua (2011). *Estadísticas del Agua en México Edición 2011*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., 185 pp.
- DOF (2009). Estudios técnicos en la Subregión Hidrológica Río Soto la Marina de la Región Hidrológica número 25 San Fernando-Soto la Marina. Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. D.F., 29 pp.
- IPCC (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación). Ginebra, Suiza., 114 pp.
- Delgado, G., Gay, C., Imaz, M., y Martínez, A. (2010). *México frente al Cambio Climático. Retos y oportunidades*. Colección El Mundo Actual: Situación y Alternativas. UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Programa de Investigación en Cambio Climático y Programa Universitario de Medio Ambiente. México, D.F., 240 pp.



II Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

“Reutilización de Residuos Generados por la Demolición de Pavimentos de Concreto. Caso de estudio: En Zona Conurbada Tampico-Madero-Altamira”

Vidal Acosta, A¹, Rolón Aguilar, J², Treviño Trujillo, J³.

¹Estudiante del Programa de Doctorado en Medio Ambiente, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico Madero, Email: avidal@uat.edu.mx

²Profesor-Investigador (a) División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Tampico Madero, Email: jrolon@uat.edu.mx, jmtrevino@uat.edu.mx

Palabras clave: Reutilización, Residuos Sólidos, Concreto

Introducción

El vertido frecuentemente clandestino, sin separación ni tratamiento de una mezcla de restos de concreto, resinas industriales, plásticos, disolventes y restos de pintura, y otros metales nada ecológicos, constituye desde luego una auténtico problema de índole medioambiental. Poner fin a esta situación ya no es solo una demanda de grupos ecologistas organizados, es el conjunto de la sociedad el que cada vez con mas fuerza exige un desarrollo sostenible. En las plantas de tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) mas avanzadas existen 2 líneas de entrada según los restos lleguen mezclados o con una separación previa, en todo caso, una vez efectuada la separación, los restos minerales pasan por un proceso de cribado para eliminar tierra, arenas y arcillas, y un posterior triturado. El producto resultante es conducido por una cinta sobre la que actúa un electroimán que retira los materiales metálicos que aun acompañan a los restos minerales, una molinda posterior mas minuciosa y un cribado selectivo mediante el que se obtienen y separan los áridos resultantes según una granulación prefijada pone fin al proceso mecánico. Ante tal perspectiva en nuestro país se están planteando medidas legales y económicas tendentes a la Reutilización, Reciclaje y correcta eliminación de RCD peligrosos, sin embargo aun resultan insuficientes tanto que con respecto a otros países europeos ocupamos las ultimas posiciones en materia de reciclaje y reutilización.



Objetivo General

Examinar las propiedades físicas que presentan residuos de construcción y demolición generados en la zona metropolitana Tampico-Madero-Altamira, caracterizando y evaluando el comportamiento de los materiales estudiados mediante técnicas de reciclado, minimizando los residuos obtenidos de la demolición de pavimentos de concreto y así conservar la calidad del Medio Ambiente.

Objetivos Específicos

- Analizar la generación, transportación y disposición final de los residuos de concreto en la zona conurbada.
- Seleccionar los sitios de disposición final para muestras.
- Toma de muestras, transportación y preparación de las muestras.
- Caracterizar las propiedades físicas en el laboratorio.
- Evaluar el comportamiento del residuo con técnicas de reciclado.
- Propuestas de alternativas.
- Evaluar aplicaciones del material.

Justificación

Las amenazas contra el Medio Ambiente son constantes y múltiples, pero entre las más graves se encuentran aquellas que provienen del aumento de los residuos y de los vertidos incontrolados, que provocan la contaminación de los suelos, el agua y el aire, la alteración del paisaje y así la degradación del Medio Ambiente.

Hipótesis

Ante tales circunstancias es importante considerar alternativas para la fabricación del concreto, algunas podrían ser el diseño de mezclas que cumplan el mismo propósito o carga de servicio utilizando aditivos que permitan el uso reducido de agregados o alternativas de agregados, utilizar los residuos de antiguos pavimentos, triturarlos en tamaños específicos y luego utilizarlos en la construcción de pavimentos nuevos.

Metodología

Actividades y Cronograma

ACTIVIDAD	PERIODO				
	2010	2011	2012	2013	2014
1. Selección y caracterización de tema					
2. Revisión de fuente bibliográfica					
3. Determinación y caracterización de la zona de estudio					
4. Desarrollo del protocolo de tesis					
5. Elaboración de propuestas					
6. Implementación, seguimiento y evaluación de la propuesta					
7. Escritura de la tesis					
8. Presentación del examen de grado					

Discusión :

Centrándonos en el ámbito de la actividad constructiva, llegamos al objetivo inmediato que se sitúa en el caracterizar y evaluar el comportamiento de un material obtenido a partir del reciclado de los residuos de demolición generados por la construcción de pavimentos.

Con esta actuación y tras considerar los resultados que se alcancen como caracterización general de los residuos de construcción y demolición obtenidos estaremos en disposición de aumentar el ciclo de vida útil de estos materiales, tratando de devolverlos como “materia prima”, construyéndose así, de manera importante, a la utilización prudente y racional de los recursos naturales en pro de un Desarrollo Sostenible.

Bibliografía.

- LILLI, FELIX J. “Curso sobre diseño racional de Pavimentos”, Popayán, Septiembre del 2007.
- GORLE, D. “Reciclado de hormigón y otros materiales utilizados en la construcción de carreteras y pavimentos” Programa SPRINT de la transferencia de Tecnología e innovaciones en la construcción de carreteras 2007.
- VRIES, P. “Concrete recycled crushed concrete as aggregate” 21 st annual Convention of the institute of Concrete Technology, Coventry, April 2006.
- GARCIA SANTIAGO J. L. “Reciclado de materiales procedentes de la carretera” Jornada sobre utilización de residuos de la construcción de carreteras. 2006.
- AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION (ACPA) Illinois, 1999.
- GOMEZ OREA, D. “Recuperación de Espacios Degradados” Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición.

Agradecimientos

El autor del presente cartel agradece a CONACYT por el apoyo brindado en el transcurso de mi preparación de doctorado, así como también al M. en I. Roberto Pichardo Ramírez, Director de la Facultad de Ingeniería por su incondicional apoyo para seguir creciendo académicamente, al Dr. Julio C. Rolón Aguilar, Director del Área de Estudios de Posgrado, Dr. Rodolfo Garza Flores, Coordinador del Programa de Doctorado, Dr. René Bernardo E. Cabrera Cruz, por su valioso apoyo en la realización de este trabajo.



ANEXO II

Documentos según Sede receptora



SEDE TEMATICA ESTATAL

ARQUITECTURA Y URBANISMO EN EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMATICO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS

Mejoramiento del comportamiento térmico en vivienda de interés social, en clima cálido subhúmedo por medio de simulación
Mareny Arredondo Martínez y Raúl Pável Ruiz Torres.

Selección de indicadores de calidad ambiental en los parques urbanos en el Estado de Tabasco
Aída López Cervantes, Luis Manuel Pérez Sánchez, Jorge Flores González, y Haydee Pérez Castro

Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero por el empleo de cimbra para las losas en el Estado de Chiapas
Moisés Nazar Beutelspacher, Gabriel Castañeda Nolasco y Teresa Argüello Méndez

Propuesta de Techo Alternativo para vivienda en el Istmo de Tehuantepec, ante el Cambio Climático.
Nereyda Morgan Torres

Influencia de las transformaciones constructivas en las condiciones térmicas de la vivienda de interés social en clima cálido sub-húmedo
Karla Ivonne Ovando López, Gabriel Castañeda Nolasco y Raúl Pavel Ruiz Torres

Diseño y evaluación del sistema pasivo chimenea hidro-solar en prototipos de laboratorio
Haydee Pérez Castro, Jorge Flores González, Aida López Cervantes y Luis Manuel Pérez Sánchez

Vulnerabilidad Urbana en la Configuración de la zona Metropolitana de la Ciudad de Villahermosa
Luis Manuel Pérez Sánchez, Aida López Cervantes, Haydee Pérez Castro y Jorge Flores González



La arquitectura y el urbanismo ante el Cambio Climático

Áreas verdes, Diseño Urbano y Calentamiento Global, La Ciudad de Mérida, México como caso de estudio

Raúl Canto Cetina, Gladys Arana López y Lucía Tello Peón Facultad de Arquitectura

Sistemas de techo no convencional, viable para vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Ruber Trujillo Samayoa, Gabriel Castañeda Nolasco y José Luis Jiménez Albores

Los residuos sólidos urbanos y El Cambio Climático Antropogénico, Una aproximación en Yucatán

Rubi Elina Ruiz y Sabido y Adrian Contreras Manzanilla

Estudio preliminar de Confort térmico en la vivienda de la ciudad sustentable Nuevo Juan de Grijalva

Raúl Pável Ruiz Torres y Gabriel Castañeda Nolasco

Evolución de la restructuración de un Sistema de Vialidad

Liliana Eneida Sánchez Platas y Pavel Makagonov

Fusión de la Arquitectura Orgánica y sustentable ante el Cambio Climático

Liliana Eneida Sánchez Platas y Jesús Sánchez Luqueño

Impacto Ambiental asociado a la producción de la vivienda progresiva popular en Tuxtla Gutiérrez

Teresa del Rosario Argüello Méndez

Impacto de la obra urbana en el microclima local

Raúl Valdez Gil y Teresa del Rosario Argüello Méndez

Consideraciones de las de islas de calor dentro del espacio urbano

Yliana Mérida Martínez



**SEDE REGIONAL NOROESTE
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA DE LA UNAM
UNIDAD ACADÉMICA, MAZATLÁN, SINALOA**

34 años (1979-2012) de registros de Florecimientos Algales Nocivos (FAN)
Roberto Cortés Altamirano y Rosalba Alonso Rodríguez

Distribución de las variables físicas, químicas y biológicas en dos transectos del Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS).
Vázquez-Martínez I., Espinosa Carreón T. L., Ulloa Pérez A. E., Beier E. y Valencia Martínez S

Proyecciones de la captura de sardina monterrey en la Costa Occidental de Baja California y el Golfo de California
Saldívar-Lucio Romeo, Christian Salvadeo, Daniel Lluch-Belda y Héctor Villalobos

Variabilidad de media y baja frecuencia en el Pacífico mexicano, sus efectos ecológicos y su importancia en los pronósticos climáticos de largo plazo
Christian Salvadeo, Romeo Saldívar-Lucio, Héctor Villalobos y Daniel Lluch-Belda

El efecto del huracán Juliette sobre las comunidades algales marinas del complejo insular del espíritu santo en la bahía de la Paz, Baja California Sur, México
Ignacio Sánchez Rodríguez, Margarita Casas Valdez y Alberto Sánchez

Implicaciones del cambio climático a la salud pública con énfasis en Sinaloa, México
Martín F. Soto Jiménez

Seawater-air CO₂ exchange in the Gulf of California
Saúl Álvarez-Borrego



**SEDE REGIONAL NORESTE
FACULTAD DE ARQUITECTURA “ARTURO NARRO SILLER”
DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE TAMAULIPAS**

Modelación de la disponibilidad del agua en la cuenca del río los hules considerando el impacto del cambio climático

Lizbeth Álvarez Guillermo y Juana Treviño Trujillo

Estudio comparativo del uso de humedales construidos en granjas de cultivo de camarón blanco como una alternativa para la producción acuícola frente al cambio climático Yacciri Barrios Román, Oscar Laureano Casanova y Esther Llorens.

Cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola como herramienta para hacer frente al cambio climático

Adriana Belfort Martínez, Adriana Rodríguez, Oscar Laureano Casanova, Jazihel Ventura Santillán y Lorena Belfort Martínez

Inventario de emisiones de GEI 1990-2025 del estado de Tamaulipas

H. Calderón Zúñiga, S. Casas González, H. Cavazos Llitera, S. Treviño Garza

Diseño hidráulico de un sistema de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable considerando el impacto del cambio climático

Gerardo Sánchez Torres, Jesús E. Ospina, Rocío Vargas, Raisa Barragán y Alejandro Govea Universidad

Vulnerabilidad socioeconómica debido a la disponibilidad de agua ante el cambio climático en la Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí

D. M. E González Turrubiates, R. del C Vargas Castilleja, L. Rangel Blanco y A. Monterroso Rivas

Aplicación del proceso analítico jerárquico en la gestión del agua en la subcuenca del Río Guayalejo-Tamesí

J.G. Gonzáles Turrubiates, D.M.E. González Turrubiantes, A. Rodríguez Gómez, Haces Zorrilla

Erosión Costera: enemigo silencioso del Cambio Climático Global en las zonas costeras

Sergio Bernardo Jiménez Hernández, Gabriel Arcos Espinosa, Luis A. Zavala Guerrero, Roberto Pichardo Ramírez y Wilver Salinas Castillo



Marco legal e institucional para la adaptación del impacto del cambio climático sobre los humedales en las zonas costeras del sur de Tamaulipas
Luis Moral Padilla y Elvira Carmina

Los puertos y las vías de navegación ante las amenazas del Cambio Climático en México
Julio César Rolon Aguilar Juana Treviño Trujillo y Roberto Pichardo Ramírez

Diseño hidráulico de un sistema de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable considerando el impacto del cambio climático Gerardo Sánchez Torres, Julio C. Rolón, Jesús E. Ospina, Raisa Barragán y Alejandro Govea

Ingeniería de métodos aplicada para el diseño de un aerogenerador de bajo costo
Azahel Treviño Villegas, Lourdes Y. García Rivera, David Lara Alabazares,
José O. Coronado Gutiérrez y Gerardo Romero Galván



UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

**SEDE REGIONAL CENTRO
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE LA CIUDAD DE MEXICO**

La historia ambiental como estrategia educativa para incentivar la cultura del agua
Leonardo Abraham González Morales

Desastre: cambio climático

¿Educación ambiental un proceso de solución, o la inclusión del concepto medio ambiente?
como justificación en el desastre del paraje Chichicarpa, en la comunidad San Nicolás
Totolapan Magdalena Contreras D.F. (2012).

Moisés Salinas Zúñiga

La importancia del medio ambiente en el mapa curricular

Virginia Sánchez Cruz

Gumersindo Vera Hernández y Gisela González Albarrán

Educación ambiental en preescolar: el huerto escolar como una herramienta pedagógica para
enfrentar el cambio climático

Virginia Isidro Vergara y Fermín Díaz Guillén

Ejes de la sustentabilidad

Cruz García Lirios, Javier Carreón Guillén y Jorge Hernández Valdés

Xochimilco, barrios y asentamientos irregulares

Ricardo V. López Mera y Daniel Murillo Licea

El capital social, en la solución al problema del cambio climático

Esteban Pérez Canales, Ana Ma. García López, y Bertha Guadalupe Pérez Rocha

Cambio climático y vulnerabilidad en territorios indígenas

Dalia I. Quiroz Pineda

La Mecatrónica Verde como actor y la lucha contra el cambio climático como escenario

José Antonio Aquino Robles, Leonel Corona R., y C. Fernández Nava

La Vulnerabilidad de los Municipios del Estado de Jalisco Frente a la Variabilidad Climática y
los Posibles Efectos Asociados al Cambio Climático - 2010

Diego Daniel Olarte Suárez



Vulnerabilidad sociodemográfica ante eventos hidrometeorológicos en México: propuesta de indicadores
Fernando Saavedra Peláez

Territorio y transporte en las ciudades pequeñas
Bravo Grajales Emilio

El capital sinérgico en el proceso de desarrollo endógeno territorial
Pérez Balcázar Anthony

Reubicaciones por desastres ante el cambio climático
Gabriela Vera Cortés



**SEDE REGIONAL CENTRO
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Ordenamiento territorial y cambio climático
M.E. Ayala , A. M. A. Arteaga e Isaac M. R.

Situación actual y escenario BAU de las emisiones de GEI del Estado de Campeche
J. C. Martínez, J. A. R. Uc, A. H. Mézquita y S. A. Cuenca, C. Uc

Perspectivas del impacto del cambio climático en el patrimonio cultural edificado de Campeche
De la Rosa-García, SC.Gómez-Cornelio S.Ortega-Morales BO.Reyes-Estebanez

Identificación de las especies de peces con mayor vulnerabilidad al calentamiento global en cuatro ecosistemas marinos costeros de la Península de Baja California
Gastón A. Bazzino Ferreri, Salvador E. Lluch-Cota y Fernando Aranceta

Cambio Climático y Recursos Pesqueros Masivos de México
M.A. Tripp-Valdez y S.E Lluch-Cota

Desbalance hidrológico y brecha hídrica en cuencas de zonas áridas de Baja California Sur, Noroeste de México
Enrique Troyo-Diéguéz, Sara C. Díaz-Castro, Arturo Cruz-Falcón, Mariano Norzagaray-Campos y Raúl López-Aguilar

Caracterización hidroambiental y corrección de los coeficientes de agostadero en función de la sequía meteorológica en el Estado de Sonora, México Leopoldo Villarruel Sahagún, Enrique Troyo Diéguéz, Alejandra Nieto Garibay, Oscar Gutiérrez Ruacho, Gilberto Solís Garza y Bernardo Murillo Amador

Tendencias históricas observadas en lluvias y caudales en México: ¿indicaciones de un clima cambiante?
Luis Brito Castillo

Cambio de ruta para los residuos orgánicos
Victor Manuel Angulo Correa, Ma. Rafaela Gutiérrez Lara y Alfonso Duran Moreno



ILUMÉXICO: Una joven empresa social mexicana
M.A. González Pacheco, G. Ruiz de Teresa Mariscal y M. Wiechers Banuet

Los modelos biofísico-económicos: una respuesta a la necesidad de una evaluación integral de la seguridad alimentaria
Jorge Alejandro Adame Garza, Cesar Arturo Hernández Barraza, Jorge Loredó Osti y David Gilberto López Cantú

Planes de Acción Climática Municipal (PACMUN) I.
Alcérreca-Corte, P. Balbontín-Durón, P. Hernández-Ávila, N. Hernández-Granillo, L. Mendoza-Barrón, H. Parra-Hernández y E. Villaseñor-Franco

Diagnóstico de la cobertura de la COP16 en noticiarios mexicanos 2010: Un enfoque desde el periodismo de ciencia
Isela Alvarado-Cruz y Javier Cruz-Mena

Energía eólica en el combate al cambio climático: Un área de oportunidad para la creación de capacidades tecnológicas en México
Alvarado López Raúl Arturo

Los estados de la costa oriental de la República Mexicana, son afectados por el polvo desértico del Sahara Karina Eileen Álvarez Román y Mario Gómez Ramírez

Cambio de ruta para los residuos orgánicos
Victor Manuel Angulo Correa, Ma. Rafaela Gutiérrez Lara y Alfonso Duran Moreno

Las decisiones del mercado versus las decisiones en la lucha contra el cambio climático – una revisión desde la perspectiva del sector eléctrico
José Antonio Aquino Robles, Leonel Corona y C. Fernández Nava

Modelo de ecotecnia para un ecobarrio en el D.F.
Nandyell Becerril-Galván; Alberto Rosillo-Ramírez, *Fernando* Jesús De Lorenz-Santos y Alejandra Castro-González

Vulnerabilidad social y cambio climático en las regiones Media y Huasteca Potosina
K. L. Calderillo Granados, H. Reyes Hernández, Julio Miranda P., H. Charcas Salazar

El Cambio Climático en Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en México (OOAPAS)
Héctor David
Camacho González y Ana Elizabeth García Salinas

Análisis de los impactos ambientales ante escenarios de cambio climático y oportunidades sitio-específicas de adaptación: estudio de caso en un ejido agrícola de la costa de Michoacán.
Minerva Campos, Michael K. McCall y Alejandro Velázquez



Escenarios de movilidad sustentable para disminuir el consumo de energía y mitigar las emisiones de GC y GEI en la ZMVM
Carlos Chávez-Baeza y Claudia Sheinbaum-Pardo

Variaciones estacionales en la línea costera entre el Canal de Cuatla y el Estero de San Cristobal, Nayarit
Mayra Cruz González, Raymundo Lecuanda Camacho y Mario Arturo Ortiz Pérez

El Impacto del Manejo del Territorial en el Cambio Climático
David Barkin

Estudio del cambio climático generado por las actividades agropecuarias en el estado de San Luis Potosí
David Enrique Flores Jiménez; Marcos Algara Siller y Cecilia Barrera Gutiérrez

Boletín de temperatura y salinidad superficial del mar de las costas del Golfo de México y Mar Caribe mexicanos
Dr. Mario Gómez Ramírez

Distribución de la precipitación diaria que originó el huracán “Dean” en el espacio marino y continental de la República Mexicana en el 2007
Mario Gómez Ramírez y Karina Eileen Álvarez Román

ILUMÉXICO: Una joven empresa social mexicana
M.A González Pacheco, G.Ruiz de Teresa Mariscal y M. Wiechers Banuet

Evaluación del riesgo del cultivo de maíz de temporal frente al cambio climático en el estado de Tlaxcala
M. Hernández-Vázquez, L.M Cabrera-Zarate, H. Orozco-Bolaños, J. Jiménez-López y G. García-Juárez

Aplicación de modelos de nicho ecológico en la especie *Pinus Hartwegii* Lindl bajo escenarios de cambio climático en México
José Jiménez López, Maricela Hernández Vázquez, Ma. De Lourdes Nieto Pérez, José Luis Martínez y Pérez, María del Carmen Corona Vargas, Jorge Tlilayatzí Cocoléti, Hermila Orozco Bolaños y Guillermina García Juárez

Impacto económico y ambiental en el aprovechamiento de residuos líquidos en rastros
Elizabeth Jiménez-Trejo y Alejandra Castro-González

Cuantificación de Emisiones de GEI del ciclo de vida de dos alternativas de gestión de residuos municipales: co-procesamiento y relleno sanitario
Leonor Patricia Güereca Hernández y Claudia Roxana Juárez López



La dimensión política de la gestión del servicio público del agua en Paris y México, y sus respuestas a los desafíos futuros frente al cambio climático

Liliana López Zamora

Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana Juan F. Mendoza Sánchez, Cindy Lara Gómez, Elia Mercedes Alonso Guzmán y Wilfrido Martínez Molina

Cuantificación de emisiones gases de efecto invernadero de nueve escenarios de tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe

A.Musharraffie, P. Güereca, J.M. Morgan-Sagastume y A. Noyola

Alternativa de generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos

Francisco Javier Olea-León, Jahir Mojica-Hernández, y Alejandra Castro-González

Marco legal aplicable en el proceso de evaluación de impacto ambiental de obras y actividades desarrolladas en el Distrito Federal

Rosa Aurora Osorio Orozco

Retos de la seguridad alimentaria y superación de la vulnerabilidad social ante el cambio climático en México

Úrsula Oswald Spring

Desarrollo endógeno, territorio e individuo. Un desafío en el paradigma de la complejidad

Anthony Pérez Balcázar y Lizeth J. Salazar Paredes

Efectos del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos agrícolas

Luis Felipe Ramírez Santoyo, Eduardo Salazar Solís y Sandra Flores Mejía

Riesgos climáticos y vulnerabilidad social en las cuencas costeras de Chiapas, México.

El caso de la Cuenca del río Huehuetán

Laura Elena Ruiz Meza

Percepciones del cambio en la variabilidad climática en dos comunidades Zoques de Chiapas, México

María Silvia Sánchez Cortés y Elena Lazos Chavero

La percepción del cambio climático en adultos mayores, el caso de Veracruz.

Felipe R. Vázquez Palacios, Rodrigo Tovar Cabañas, Edit Rodríguez Romero, Teresa Abraham Arano, Sandra Areli Saldaña Ibarra, Shany Arely Vázquez Espinosa y Adriana Ochoa Pumarino

Distribución de las variables físicas, químicas y biológicas en dos transectos del Sistema Frontal de Baja California Sur (SFBCS).

I.Vázquez-Martínez, T.L. Espinosa Carreón, A. E. Ulloa Pérez, Beier E. y S. Valencia Martínez

HECHO EN MEXICO

DERECHOS PATRIMONIALES:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE INVESTIGACION EN CAMBIO CLIMÁTICO

ISBN

Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

