

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



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

**MEMORIAS**

**Carlos Gay García, José Clemente Rueda Abad, Hazel Blackmore, Carlos Chávez Baeza,  
Hans Dieleman, Marcela López Vallejo y Simone Lucatello**  
Coordinadores

con la colaboración de  
Irais Salas Quiñonez



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





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

**MEMORIAS**

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

Carlos Gay García, José Clemente Rueda Abad, Hazel Blackmore, Carlos Chávez, Hans Dieleman, Marcela López Vallejo y Simone Lucatello (Compiladores)  
Primer 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)  
591 páginas  
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 quienes tiene bajo reserva los derechos patrimoniales de la obra.



**Carlos Gay, José Clemente Rueda, Hazel Blackmore, Carlos Chávez, Hans Dieleman,  
Marcela López Vallejo y Simone Lucatello**

**Compiladores**



<b>Presentación general.</b>	15
<b>Introducción</b>	19

**SECCIÓN I  
CIENCIA BÁSICA: MODELOS Y MODELACIÓN**

<b>Modelación del cambio climático en la zona costera de Tamaulipas.</b>	35
Ana Cecilia Conde Álvarez, Jesús Efrén Ospina Noreña, Rocío Vargas Castilleja y Jazmín Eduwiges Ruiz Maraboto	
<b>Adaptación y vulnerabilidad del sector primario ante el cambio climático en el Estado de México.</b>	39
Antonio González Hernández, Moreno S. F. y Pérez, M. R.	
<b>Estimaciones de la radiación solar total para los próximos cien años.</b>	47
Blanca Mendoza Ortega y V. M. Velasco Herrera	
<b>Estudio del ácido metanosulfúrico y su relación con las variaciones climáticas terrestres.</b>	51
Jaime Osorio y Blanca Mendoza	
<b>Modelación hidrológica y disponibilidad de agua ante el cambio climático en la zona costera de Tamaulipas.</b>	55
Gerardo Sánchez Torres Esqueda; G. Arcos Espinosa y R. Barragán Regalado	
<b>Modelo difuso para la evaluación de la aptitud actual y potencial del maíz de temporal en México con cambio climático.</b>	61
Anaïs Vermonden, Carlos Gay García , Ana Cecilia Conde Álvarez y Alejandro Monterroso	
<b>Variabilidad hidroclimática histórica en México inferida con anillos de árboles.</b>	73
José Villanueva Díaz, Julián Cerano Paredes, David W. Stahle, Vicenta Constante García, Juan Estrada Ávalos	

**SECCIÓN II  
IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN**

<b>Impactos</b>	
<b>Efectos del cambio climático en los bosques templados de Coahuila.</b>	87
Oscar Aguado-Bautista y José Antonio Benjamín Ordóñez-Díaz	
<b>Especies invasoras y cambio climático: factores que modifican la biodiversidad y los ecosistemas en México.</b>	97
Georgia Born-Schmidt, Yolanda Barrios, Edith Calixto-Pérez, Ana Isabel González	
<b>Efectos potenciales en la estructura primaria de la vegetación ante un escenario de cambio climático en el estado de Veracruz, México: Una aproximación mediante modelado de nicho ecológico.</b>	107
Israel Estrada Contreras, Miguel E. Equihua Zamora, Gonzalo Castillo Campos y Octavio Rojas Soto	
<b>Efecto del cambio climático en la distribución de los lepidópteros mesoamericanos</b>	115

<b>Itaballia demophile centralis Joicey &amp; Talbot, 1928 y Pieriballia viardi viardi (Boisduval, 1836).</b>	
Teresa P. Feria Arroyo, Marysol Trujano Ortega, Armando M. Luis Martínez, Jorge Llorente Bousquets, Jon M. Dale y Jesús Muñoz	
<b>Análisis de variables de cambio climático y su implicación en áreas de conservación.</b>	123
Lilly Gama, M.A. Ortiz Pérez, E. Moguel Ordoñez, R. Collado Torres, H. Díaz López, C. Villanueva-García, O. Castillo Acosta, C. Pacheco Figueroa, J. de D. Valdez Leal, M.E. Macías Valadez, D.M. Frías Marquez, J.R. Hernández-Santana y K. M. Ba	
<b>La diversidad de Iberoamérica y el Caribe ante el cambio climático.</b>	131
Sergio Guevara-Sada y Carlos Alberto Durán-Ramírez	
<b>Efecto del cambio climático en la distribución de cinco especies arbóreas de México.</b>	135
Erick Gutiérrez-Estrada e Irma Trejo-Vázquez	
<b>Moléculas relacionadas con las respuestas antioxidantes, como alternativas para disminuir el estrés en los cultivos por cambio climático y el impacto al ambiente.</b>	141
Humberto Antonio López-Delgado, Martha Elena. Mora-Herrera y Ricardo Martínez-Gutiérrez	
<b>Determinación del contenido de carbono en diferentes coberturas vegetales y uso del suelo, en el suelo de conservación del Distrito Federal.</b>	151
José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz, Espinosa Moreno Martha Alicia, Jiménez Álvarez Itzel Fernanda, Carmona Hernández Jhoana Verenise, Galicia Naranjo Adolfo, Calvo Hernández Fidel, Balam de la Vega María Lucila y Rojas Briseño Roció Gricel	
<b>Consecuencias del cambio climático sobre la Intensidad reproductiva de roedores en la Sierra del Ajusco, México.</b>	159
Stephanie Ortega-García y Víctor Sánchez-Cordero	
<b>Mecanismo de interacción climática entre la actividad solar y la biota terrestre.</b>	167
Jaime Arturo Osorio Rosales y Blanca Mendoza Ortega	
<b>Evidencias de cambio climático en la zona montañosa central de Michoacán.</b>	181
Luis Mario Tapia Vargas, Antonio Larios Guzmán, Ignacio Vidales Fernández, Anselmo Hernández Pérez y Víctor Barradas Vázquez	
<b>Proyección del efecto del cambio climático sobre la distribución de las razas de maíz mexicano.</b>	187
Carolina Ureta	
<b>Vulnerabilidad</b>	
<b>Un procedimiento de ‘interpolación’ de imágenes de satélite de la temperatura de la superficie del mar de la Laguna de Términos, Campeche.</b>	197
Artemio Gallegos, Artemio; Ranulfo Rodríguez y Raymundo Lecuanda	
<b>Los litorales de la República Mexicana, son vulnerables a las trayectorias de los ciclones tropicales.</b>	203
Mario Gómez Ramírez, Karina Eileen Álvarez Román, David Velázquez Torres, Estela Guadalupe Enríquez Fernández	
<b>Metodología para valorar índices de vulnerabilidad ante el cambio climático y acciones de</b>	213

<b>compensación en las costas de Tamaulipas.</b>	
M. A. González Turrubiates, Haces Zorrilla y L. Rangel Blanco	
<b>Vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático en la Península de Yucatán. Percepción de la sociedad.</b>	221
Ana Pricila Sosa Ferreira, Irma González Neri y Ariel Valtierra Hernández	
<b>Percepción diferenciada de vulnerabilidad en zonas costeras vs. otras áreas y regiones.</b>	229
Javier Urbina Soria y Olga Flores Cano	
<b>Sensibilidad y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros del sureste de México ante el cambio climático global.</b>	237
Victor Manuel Vidal Martínez; E.R. Alonso Marrufo, L. Gama Campillo, R. Torres Lara, P. Sosa-Ferreira, Daniel Pech Pool, J.A. Herrera Silveira, M. L. Aguirre Macedo	
<b>Adaptación</b>	
<b>Fenómenos climáticos extremos y adaptación: un análisis exploratorio de la sequía en México.</b>	245
Roy Boyd y María Eugenia Ibararán Viniegra	
<b>Paquetes tecnológicos de bajo impacto ambiental para la producción de alimentos orgánicos.</b>	255
José Luis Ibañez González, Guillermo Cervantes Delgado, René González Nava, Patricia Bustillos Espino y Edgar Yáñez Ortiz	
<b>La diversidad genética y su aplicación en la captura de carbono.</b>	263
Lilia del C. Mendizábal-Hernández, Juan Alba-Landa, Juan Márquez Ramírez, Elba O. Ramírez-García y Héctor Cruz Jiménez	
<b>Prevención y control de la desertificación en la región mixteca, Oaxaca, México.</b>	271
Fidencio Sustaita-Rivera, Saúl Martínez-Ramírez y Gilberto bautista-Sánchez	
<b>SECCIÓN III: EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y MITIGACIÓN</b>	
<b>El campo de acción de la enertrónica.</b>	279
José Antonio Aquino Robles, Leonel Cuervo Corona Ramírez y Víctor Darío Pinto	
<b>Emisiones de gases de efecto invernadero de la categoría residuos en el Estado de Morelos.</b>	289
María Luisa Castrejón-Godínez, Rosa Estela Quiroz-Castañeda, Enrique Sánchez-Salinas y Ma. Laura Ortiz-Hernández	
<b>Prospectiva de emisiones vehiculares en la Zona Metropolitana del Valle de México.</b>	295
Carlos Chávez Baeza y Claudia Sheinbaum Pardo	
<b>Mitigación en el sector energético I. Tecnologías, potenciales y costos.</b>	307
Jorge Raúl Gasca Ramírez, Moisés Magdalena Molina, María Esther Palmerín y Luis Alberto Melgarejo	
<b>Metodología para estimación de biomasa utilizable en un gasificador de flujos paralelos a</b>	313

<b>través de modelos de poda en Fraxinus Uhdei, Ligustrum Lucidum y Pinus Radiata para la generación de energía eléctrica en el Campus de Ciudad Universitaria.</b> Brenda Hernández	
<b>Aerogeneradores en pequeña escala para zonas rurales en Oaxaca, México.</b> María Elena Huesca Pérez	321
<b>Emisiones de gases tóxicos, GEI's y balance de energía por la fabricación y uso de biocombustibles.</b> Arón Jazcilevich Diamant, Omar Amador, Rogelio González Oropeza, Javiera Servini, Villalobos-Pietrini R., Valle-Hernández B.L., Santos-Medina.G.L., Hernández-Camarillo M., Hernández-López .A.E., González-Rodríguez G., Zitlalpopoca-Hernández.G., Flores-Arias Y., Vázquez-Santiago J., Romero-Martínez. M., Maya-Miranda G., Flores-Olvera .E.L., Samuel X. Miguel Rico, Nadya López Cano, Javier Manríquez García, Pedro Ignacio Rincón Gómez, José Fernando García Puertos, Francisco González Pineda, Fernando Vázquez Aguilar, José Martín Negrón Valdez, Miguel Ángel Cerecero Olivera, Alfredo Severiano Badillo, Irais Fabiola Plascencia Torres, Octavio Javier Ramírez Cázares	327
<b>Inventario de emisiones en carreteras.</b> Juan Fernando Mendoza Sánchez, María Guadalupe López Domínguez y Rodolfo Téllez Gutiérrez	337
<b>Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y las estrategias para su mitigación, Baja California, México.</b> Gabriela Muñoz Meléndez y Betania Vázquez González	343
<b>Estimación del carbono almacenado en Pinus hartwegii en el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan</b> José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz, Caballero García Martha Edith, Jiménez Álvarez Itsel Fernanda, Carmona Hernández Jhoana Verenise, Galicia Naranjo Adolfo, Fidel Calvo Hernández, María Lucila Balam de la Vega, Rocío Grisel Rojas Briseño, Jesús Fernando Jiménez Valdivia.	349
<b>Avances del Mercado Voluntario de Carbono en México.</b> José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz, Jiménez Álvarez Itsel Fernanda, Rojas Briseño Rocío Grisel, Galicia Naranjo Adolfo, Carmona Hernández Jhoana Verenise, Calvo Hernández Fidel, Balam de la Vega María Lucila	355
<b>Emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía en el Estado de Morelos.</b> Rosa Estela Quiroz-Castañeda, María Luisa Castrejón-Godínez, Enrique Sánchez-Salinas y Ma. Laura Ortiz-Hernández	361
<b>Proyecto de creación de los organismos validadores/ verificadores de emisión de gases efecto invernadero para uso en la acreditación y otras formas de reconocimiento en México a través de la Entidad Mexicana de Acreditación.</b> Lorena Gladys Ramírez Márquez	367
<b>Emisiones y potencial energético de las disposiciones finales de los residuos sólidos urbanos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.</b> Elvira Schwanse	371
<b>Guía de metodologías de mitigación de emisiones de GEI para los estados de la República</b>	379

**Mexicana.**

Claudia Sheinbaum Pardo; Sonia Briceño Vilorio y Guillermo Robles Morales

**Las azoteas verdes como un sistema de captura de carbono y contaminantes en zonas urbanas.** 387

Olmo Sour Estrada, Eréndira Arellano Leyva, Alejandro Monroy Colín, Guillermo González Sánchez, Jean García Arnaud, Jerónimo Reyes Santiago y Margarita Collazo Ortega

**SECCIÓN IV  
ASPECTOS SOCIALES, CULTURALES Y COMUNICACIÓN**

**Mapeo de la investigación mexicana sobre cambio climático: antecedentes y propuesta.** 397

Antonio Arellano Hernández

**La mitigación y adaptación urbana al cambio climático como proceso de aprender haciendo.** 407

Hans Dieleman

**Efectos extremos del cambio climático y conflicto social en México.** 413

Ana Lucía García Briones

**Retos multidisciplinares de la Investigación en Cambio Climático.** 419

Tania García; Carlos Welsh, Lorena de Medina y Eduardo Castillo

**Representaciones sociales del cambio climático en estudiantes de la Universidad Veracruzana.** 425

Edgar González Gaudiano, Ana Lucía Maldonado González y Gloria Elena Cruz Sánchez

**De cómo se ha embotado nuestro sentido solidario.** 431

Gabriela Hernández Flores

**Propuesta de comunicación para promover el Manejo Integral del Acuífero de Maneadero, B.C. México.** 435

Adriana Licona García

**Vínculos percibidos entre consumo doméstico de energía y cambio climático.** 447

Daniel Martínez Morales, Javier Urbina Soria y Olga Flores Cano

**La escasez de agua en El Distrito Federal agravada por el cambio climático (campana de publicidad social)** 453

Verónica Miranda Estrella

**El cambio climático en las transformaciones ecológico/ambientales y socioculturales en la costa del pacífico mexicano.** 461

Gerardo Alberto Montero Resendiz

**Saberes tradicionales sobre la variación climática en dos comunidades de Guerrero.** 467

Josefina Munguía Aldama, Fabiana Sánchez Plata, Ivonne Vizcarra Bordi y María Rivas Guevara

**El proceso de comunicación en la gestión de riesgo entre CENAPRED y protección civil sobre los hundimientos, y su incidencia en la población (caso la Habana, delegación Tláhuac).** 473

Abril Ariana Pérez Canales

**La comunicación para la gestión del riesgo medioambiental en un centro público del** 479

Índice

**Distrito Federal.**

Víctor Manuel Pérez García

**Mujeres campesinas y su papel en el sistema alimentario de México.** 491

María Dolores Rojas Rubio

**La sociedad civil en México frente al cambio climático. Una lectura antes y después de la COP16.** 499

Diana Lilia Trevilla Espinal

**Movilidad urbana y cambio de hábitos para la sostenibilidad.** 505

Javier Urbina Soria, Violeta Múgica Álvarez y Olga Flores Cano

**SECCIÓN V  
GOBERNANZA Y ASPECTOS POLÍTICOS**

**El ordenamiento territorial como instrumento normativo frente al cambio climático: construyendo la participación institucional en Campeche, México.** 517

María Eugenia Ayala Arcipreste, Arteaga A. M. A e Isaac M. R.

**Cambio climático y ciudades; cinco “building blocks” para la gobernanza urbana.** 523

Hans Dieleman y José Clemente Rueda Abad

**Gobernanza en las zonas costeras.** 531

Ana Lucía García Briones y Quetzalli Ramos Campos

**Biocombustibles en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte: Aspectos comerciales y ambientales internacionales.** 537

Julio César Medellín Cázares

**Reforma constitucional y seguridad alimentaria.** 545

María Guadalupe Peña González

**La agenda gubernamental de cambio climático en México.** 555

Abril Guadalupe Pérez Ponciano

**Crisis rural, cambio climático y pobreza: hacia la búsqueda de alternativas para la definición de políticas públicas en México.** 561

María Dolores Rojas Rubio

**Modelo de referencia: una herramienta para evaluar la capacidad institucional de un gobierno local que atiende el cambio climático.** 569

Angélica Rosas Huerta

**Cambio climático y comportamiento humano: percepción social de las causas, consecuencias, vulnerabilidad y opciones de adaptación** 577

Javier Urbina Soria y Olga Flores Cano

**ANEXO**

<b>Distribución de temperatura superficial del mar y clorofila a mediante percepción remota en una zona de alimentación de tortugas marinas del Norte de Sinaloa.</b>	585
Samuel Valencia Martínez, Leticia Espinosa Carreón, Alan Alfredo Zavala Norzagaray, Dalia Guadalupe López Alcantar, Irene Vázquez Martínez	
<b>The Gulf of Mexico: Why is it so attractive to hurricanes?.</b>	586
Alejandro Yáñez-Arancibia, Enrique Reyes y John W. Day	
<b>Vulnerabilidad personal y colectiva ante el cambio climático: coincidencias y diferencias entre especialistas.</b>	586
Georgina Chávez Gutiérrez y Javier Urbina Soria	
<b>Impacto de las variables climáticas en los regadíos de Andalucía (Sur de España).</b>	587
J. Estévez y P. Gavilán	
<b>Las azoteas verdes y su papel en el mejoramiento del ambiente urbano.</b>	588
Alejandro Monroy Colín, Jerónimo Reyes Santiago y Margarita Collazo Ortega	
<b>Incorporación de las anomalías climáticas y grados de marginación en el ordenamiento territorial.</b>	589
Benjamín Ortiz Espejel y Marco A. Espinosa Guzmán	
<b>Implementar alternativas tecnológicas para la producción de biogás de residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios.</b>	590
I.A. Ordaz, Flores E.J. Valverde E.	
<b>Vulnerabilidad agrícola al cambio climático en el estado de Nayarit: estudios de caso maíz y frijol</b>	591
Porfirio Juárez López, Rubén Bugarín Montoya, José Irán Bojórquez Serrano, Arturo Álvarez Bravo y Emmanuel de Jesús Caro López	



Del 17 al 21 de octubre de 2011 se llevó a cabo el Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático (CNICC 2011), éste fue un espacio que sirvió para que académicos, miembros de las organizaciones de la sociedad civil, funcionarios públicos de la Federación y de los Estados de la República, así como estudiantes -en fase de titulación a nivel licenciatura y posgrado- intercambiarán ideas entre ellos y dieran a conocer cuáles son los temas y las inquietudes de investigación que se están llevando a cabo en materia de cambio climático en nuestro país.

El CNICC 2011 que, podemos afirmar, fue el primero en su tipo, se desarrolló de manera multitemática con la intención de poder explorar el mayor número de perspectivas y enfoques teórico-analíticos que nos permitan ver el problema del cambio climático desde diversas ópticas y disciplinas académicas.

En ese entendido, los temas explorados durante el CNICC 2011 fueron:

- Bonos de carbono
- Gobernanza en, del y para el cambio climático
- Eventos extremos
- Alternativas energéticas
- Aspectos jurídicos del cambio climático en México
- Calidad del aire e inventarios de emisiones
- Cambio climático y periodismo científico
- Negocios verdes
- Seguridad alimentaria (agricultura)
- Biodiversidad
- Vulnerabilidad de las zonas costeras
- Impactos económicos
- Mecanismos de desarrollo limpio
- Sustentabilidad en condiciones de cambio climático
- Recursos hídricos
- Adaptación
- Aspectos sociales (comunicación, educación, identidad y territorio)
- Mitigación de gases de efecto invernadero por sectores y fuentes
- Evidencias físicas y biológicas del cambio climático

---

Presentación General

- Modelación climática
- Salud
- Generación y consumo de energía
- Modelación económica
- Ordenamiento territorial

Para poder dar cabida a todos estos temas, desde que el CNICC 2011 era solo una idea, se decidió que se realizara en diversas sedes, para de esa manera permitir que diversos escenarios académicos tuvieran participación.

A esta iniciativa que surgió desde el Programa de Investigación en Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México se invitó a colegas de diversas instituciones académicas para que apoyarán al PINCC en la organización de este evento y fungieran como sedes temáticas, o bien como responsables encargados de los temas si es que querían desarrollar su participación en la UNAM. Las instituciones involucradas en este esfuerzo fueron:

- La Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP)
- El Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM)
- El Instituto de Investigaciones Doctor José María Luis Mora
- La Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM)
- El Instituto Global para la Sostenibilidad del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Ciudad de México (IGS-TEC/CCM)
- El programa PROCLIMAS del Instituto Politécnico Nacional (IPN)
- La Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia A.C. (SOMEDICYT)

Acto seguido se comenzó la exploración de posibles invitados y, al mismo tiempo encontrar los mecanismos para dar respuesta a todas aquellas solicitudes de participación realizadas a título individual para presentar proyectos de investigación en curso o recientemente concluidas. En cada una de las instituciones involucradas se reservaron los auditorios y se dio inicio a la difusión de la convocatoria al público en general.

En cada una de las instituciones se reservó un auditorio en los días de duración del evento, en el caso de la UNAM el evento se llevó a cabo en cuatro auditorios que sesionaron de manera simultánea durante los cinco días del evento, contando en la apertura con la participación de la Doctora Estela Morales Campos, Coordinadora de Humanidades de la UNAM y en la ceremonia de clausura con la presencia del Doctor José

Narro Robles, Rector de nuestra casa de estudios y la Secretaria de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

Fruto de las sesiones de trabajo es la presentación de las Memorias del CNICC 2011. Tras la revisión de los documentos enviados a las diversas sedes temáticas se agruparon éstas en cinco grandes bloques temáticos que por su propia denominación dan cuenta clara sobre el contenido que en ellas se desarrolla.

Las secciones que conforman estas Memorias son:

- Sección I Ciencia básica: modelos y modelación.
- Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación
- Sección III: Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación
- Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación
- Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

Es necesario destacar que los documentos aquí compilados fueron enviados por los ponentes, quienes se presentaron a los auditorios de las sedes temáticas del CNICC 2011, ello significa que estas Memorias incorporan trabajos que se presentaron en el ITAM, la UACM, la UPAEP y, por supuesto en la UNAM

Como es normal suponer, la creación y desarrollo de un evento de esta magnitud requirió el trabajo de muchas personas, las cuales durante los meses previos y durante el evento colaboraron de forma inagotable, por ende, a todos ellos es necesario, no solamente extenderles un agradecimiento, sino desatacarlos muy particularmente porque sin ellos el CNICC 2011 no habría sido posible.

Vaya pues el reconocimiento para: Marcela López Vallejo Olvera, Simone Lucatello, Víctor Manuel López López, Hazel Blackmore, Carlos Ahumada, la rectora de la UACM, Esther Orozco, Tania Zamora, Hans Dieleman, Carlos Chávez, Laura Aguirre, Carlos Simonelli, Julia Tagüeña, Estrella Burgos, Ana Claudia Nepote, Isabel Studer y Zuelclady Araujo, quienes fueron los encargados de las sedes temáticas.

A Claudio Estrada Gasca, Mireya Ímaz Gispert, Ana Beristaín, César Domínguez Pérez-Tejeda, Enrique Martínez Meyer, Daniel Rodríguez Velázquez, Angelina Cos Gutiérrez, Verónica Villarespe Reyes, Armando Sánchez Vargas, Alfonso Vázquez Botello, Ana Rosa Moreno Sánchez, Benjamín Martínez López, Francisco Estrada Porrúa, Antonina Ivanova Boncheva, Tomás Hernández Tejeda, Alejandro Álvarez Béjar, José Eduardo Espinosa Medel.

Presentación General

Un agradecimiento muy especial debe ser dado a María Amparo Martínez Arroyo y a José Valdés, directores respectivamente del Centro de Ciencias de la Atmosfera y del Instituto de Geofísica de la UNAM, por habernos facilitado sus instalaciones, auditorios y su infraestructura de servicios y comunicaciones para la realización de este Congreso en la UNAM.

Irais Salas Quiñones, Anaid Alvarado Negrete, Nayelli Eslava, Román Damián Mondragón Rodríguez, Ana Gabriela Espinosa de María y Campos, Carlos Alberto García Castillo, Adrián Robert Gutiérrez, Lidia Barrera Sánchez, Ana Elisa Peña del Valle Isla, Jesús Efrén Ospina Noreña, Yair Puente Martínez, Verónica Miranda Estrella y Claudia Sánchez Gallegos, fueron algunos de los voluntarios, prestadores de servicio social y el equipo de apoyo operativo del PINCC que colaboraron en la parte logística del evento.

Agradecemos también la valiosa colaboración de todos aquellos que, por mínima que haya sido su participación durante los días del evento, en las diversas sedes del Congreso apoyaron en la parte logística para el buen desempeño del evento. Estamos convencidos que sin la colaboración de todos ellos el Congreso no habría sido tenido el desarrollo que tuvo.

Tenemos muy claro que el CNICC 2011 fue un primer gran acercamiento al tema del cambio climático desde un enfoque multidisciplinario, y que este fue, entre otras cosas, un espacio en el que se dieron a conocer algunas de las investigaciones que se están realizando al momento en esta materia, por eso consideramos que los materiales que forman parte de estas Memorias –que sirven como material de difusión y divulgación representativo de lo acontecido durante el Congreso, solo representan una pequeña muestra del amplio abanico de posibilidades de exploración y análisis que contiene el cambio climático en nuestro país.

Dado que la generación de conocimiento es una constante en la vida cotidiana hacemos votos porque este Congreso se consolide, en poco tiempo, como el espacio en el que académicos, estudiantes, funcionarios públicos y miembros de la sociedad civil organizada interactúen y den a conocer las actualizaciones al estado del arte en esta problemática

Las secciones que conforman estas Memorias son:

- Sección I Ciencia básica: modelos y modelación.
- Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación
- Sección III: Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación
- Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación
- Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

En la sección I, se denomina Ciencia básica: modelos y modelación, se incluyen los siguientes documentos:

En primer lugar Ana Cecilia Conde Álvarez, Jesús Efrén Ospina Noreña, Rocío Vargas Castilleja y Jazmín Eduwiges Ruiz Maraboto presentan *Modelación del cambio climático en la zona costera de Tamaulipas*. Con él se propone *generar escenarios de cambio climático* utilizando diferentes modelos y escenarios de gases de efecto de invernadero, de tal forma que permitan identificar los eventos climáticos que imponen una mayor vulnerabilidad ambiental de la disponibilidad natural de los recursos hídricos, energéticos y ecosistémicos y con ello buscan apoyar en *la cuantificación de la vulnerabilidad* impuesta por los eventos climáticos identificados como los de mayor amenaza en la disponibilidad natural de los recursos hídricos, energéticos y ecosistémicos, ante los efectos de un potencial cambio climático.

Seguido de ellos, se presenta el documento denominado *Adaptación y vulnerabilidad del sector primario ante el cambio climático en el Estado de México* de Antonio González Hernández, en él se parte de la idea de que los efectos adversos que el cambio climático podría tener en el desarrollo económico de la sociedad, así como en la estabilidad de los ecosistemas naturales, en función de ello, lo primero que presenta el documento es una definición de la vulnerabilidad del sector primario y proponer acciones de adaptación en el Estado de México. El segundo elemento es determinar la distribución de áreas potenciales actuales y ante escenarios de cambio climático para las especies vegetales de mayor importancia en dicho Estado.

Por su parte, Blanca Mendoza Ortega presenta *Estimaciones de la radiación solar total para los próximos cien años*, en el documento se uso como base la reconstrucción de la Radiación Solar Total (RST) llevada a cabo por Krivova. Dicho modelo se basa en calcular constantes que representan el decaimiento y conversión de las diferentes componentes magnéticas de la Fotosfera solar que se consideran como las principales causas de la variación en la RST en periodos de minutos a centenas de años. En este caso la estimación de la RST para los próximos cien años se realizó aplicando técnicas del tipo de redes neuronales.

En cuarto lugar se encuentra *Estudio del ácido metanosulfúrico y su relación con las variaciones climáticas terrestres* escrito por Jaime Osorio y Blanca Mendoza. En este documento se argumenta que los procesos biológicos también impactan el clima y son fuertemente afectados por la Irradiancia Solar Total (TSI). Las emisiones del fitoplancton marino en la atmósfera han sido propuestas para cambiar el albedo nuboso a través de la formación de nubes. En este trabajo se utilizó el análisis de ondeletas para investigar la relación entre concentraciones de altas latitudes en el hemisferio norte del ácido metanosulfúrico (MSA), un producto de las algas marinas, y TSI. Se encontró que algunas de las periodicidades principales del MSA coinciden con periodos de actividad solar favoreciendo una retroalimentación positiva del clima. La TSI podría influenciar el clima terrestre a través de la producción de dimetilsulfuro reflejado en la abundancia del MSA.

En quinto lugar el documento denominado *Modelación hidrológica y disponibilidad de agua ante el cambio climático en la zona costera de Tamaulipas*, en él Gerardo Sánchez Torres Esqueda y un grupo de

---

Introducción

colaboradores describen en forma general el análisis estadístico de precipitaciones en la zona costera de Tamaulipas, aplicando diferentes funciones de distribución de probabilidades, para determinar cuáles funciones se ajustan más a los registros históricos de precipitaciones, y con ello poder hacer extrapolaciones y con ello generar, por ejemplo, las precipitaciones máximas en 24 horas asociadas a diferentes períodos de retorno. A partir de estos resultados se aplican diferentes criterios para el cálculo de la relación lluvia-escurrimiento y generar los hidrogramas de escurrimiento asociados a diferentes períodos de retorno.

En sexto lugar Anaís Vermonden, quien con Carlos Gay García, Ana Cecilia Conde Álvarez y Alejandro Monterroso presentan *Modelo difuso para la evaluación de la aptitud actual y potencial del maíz de temporal en México con cambio climático*. Este documento parte de la premisa de que en México, la superficie del país no tiene una buena aptitud para el maíz de temporal, aun así se usa una herramienta que sirva para hacer una evaluación y obtener el índice, clasificando la aptitud como Alta, Media, Baja y No Apta bajo condiciones de cambio climático. Estas clasificaciones se lograron al desarrollar una nueva metodología (lógica difusa). La intención es mostrar que con herramientas de esta tipo se identificar las áreas que serán más vulnerables al cambio climático.

Esta sección la cierran José Villanueva Díaz, Julián Cerano Paredes, David W. Stahle, Vicenta Constante García y Juan Estrada Ávalos, con el documento denominado *Variabilidad hidroclimática histórica en México inferida con anillos de árboles*. En este documento se parte de la idea que el conocimiento histórico de la variabilidad hidroclimática en México es importante para implementar planes de manejo para mejorar el uso del agua. Se reconoce que a pesar de lo limitado de los datos climáticos e hidrométricos con ello se fundamenta decisiones técnicas y administrativas, que conllevan a errores de diseño y que derivan en consecuencias sociales, económicas y ecológicas de gran magnitud. Por ello, como alternativa, se propone el uso de técnicas proxy que sirvan para mejorar los datos que se tienen al momento, haciendo uso de una red dendrocronológica, generando las reconstrucciones climáticas derivadas, la frecuencia detectada de eventos de baja frecuencia, la superficie cubierta y la influencia de patrones circulatorios y su impacto social y económico.

La segunda sección de estas Memorias se denomina Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Para facilitar su lectura este segmento se dividió de manera temática en los ítems antes señalados. El criterio de selección se realizó tras la lectura de cada uno de los documentos que forman esta sección

Por tanto, el primer segmento está conformado por 13 documentos y está dedicado a los Impactos. El primero de ellos se denomina *Efectos del cambio climático en los bosques templados de Coahuila* y está bajo la coautoría de Oscar Aguado-Bautista y José Antonio Benjamín Ordóñez-Díaz. En él se reconoce que los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad se han analizado con diferentes taxones y escalas, sin embargo muchas veces la escala de estudio es muy grande y de ello se deriva la necesidad de conocer las nuevas tendencias y avances en materia de cambio climático. Como aportación, el documento de Aguado y Ordóñez, analizan el escenario de los bosques de Coahuila, en un contexto de cambio climático, dichos escenarios fueron generados usando los métodos recomendados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

El segundo documento de este bloque es presentado por Georgia Born-Schmidt, Yolanda Barrios, Edith Calixto-Pérez y Ana Isabel González y se titula *Especies invasoras y cambio climático: factores que modifican la biodiversidad y los ecosistemas en México*. En dicho documento se reconoce que las especies invasoras y el cambio climático son dos de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo. Se argumenta que los efectos de la invasión de especies no solo son de carácter biológico sino que también pueden afectar a la economía y la salud humana. Sin dejar de reconocer las incertidumbres asociadas al fenómeno, en el documento se explora la hipótesis de que el comportamiento de las especies invasoras; podría hacer surgir “nuevas” especies invasoras, disminuyendo al mismo tiempo los impactos de otras.

En tercer lugar se presenta el documento: *Efectos potenciales en la estructura primaria de la vegetación ante un escenario de cambio climático en el estado de Veracruz, México: Una aproximación mediante modelado de nicho ecológico*. Este documento es responsabilidad de Israel Estrada Contreras, Miguel E. Equihua Zamora, Gonzalo Castillo Campos y Octavio Rojas Soto. En el documento se estima que existen cuatro direcciones generales de cambio a través de los cuales las especies responderán al cambio climático: movimiento, adaptación (en términos de cambio evolutivo), aclimatación fisiológica, o extirpación. El análisis de estas variables son objeto del

modelado de nicho ecológico, por lo que, con sus diversas variantes, se ha convertido en la herramienta básica para el estudio de los cambios en las distribuciones geográficas y ecológicas de las especies ante el cambio climático global. El modelado de nicho ecológico se aplicó en este estudio analítico para explorar la gama de posibles respuestas de algunas especies de la vegetación primaria de Veracruz.

El cuarto documento de esta sección dedicada a los Impactos del cambio climático lleva por nombre: *Efecto del cambio climático en la distribución de los lepidópteros mesoamericanos Itaballia demophile centralis Joicey & Talbot, 1928 y Pieriballia viardi viardi (Boisduval, 1836)* y es presentado por Teresa Feria Arroyo y tiene como coautores a Marysol Trujano Ortega, Armando M. Luis Martínez, Jorge Llorente Bousquets, Jon M. Dale y Jesús Muñoz. En el documento, los autores señalan que debido a las altas probabilidades de que el calentamiento global se acelere es recomendable realizar estudios con el fin de predecir los cambios en las áreas de distribución geográficas de diferentes especies y biotas. De tal forma que la relación espacial de la distribución de las especies vs. el clima puede emplearse para inferir cambios espaciales en las distribuciones sobre el tiempo en función del cambio climático.

En quinto lugar Lilly Gama y sus coautores presentan el documento denominado: *Análisis de variables de cambio climático y su implicación en áreas de conservación*. El documento se centra en el Estado de Tabasco ya que por su ubicación geográfica y sus características fisiográficas y geomorfológicas, presenta de forma estacional una época de inundación con una duración, extensión, y magnitud dependiente de los eventos climáticos asociados. Sin embargo, debido al cambio climático, estos patrones están variando y son varios los efectos que se espera se presenten en la zona por la alteración del ciclo de inundación.

En sexto lugar Sergio Guevara-Sada y Carlos Alberto Durán-Ramírez, presentan el documento denominado: *La diversidad de Iberoamérica y el Caribe ante el cambio climático*. La idea central del documento es que el cambio climático puede ocasionar modificaciones drásticas que afectarán la fenología de los organismos y por consiguiente, habría reacciones en cadena en los sistemas biológicos y sociales. En ese entendido el cambio climático no distinguirá entre paisajes, ciudades, continentes u océanos. Incluso los ecosistemas bien conservados se encuentran bajo riesgo frente al escenario actual de cambio climático. Todo ello influirá en la interacción biosfera-atmósfera y finalmente, tendrá un impacto en el clima global.

El siguiente documento, el séptimo, denominado: *Efecto del cambio climático en la distribución de cinco especies arbóreas de México*, es presentado por Erick Gutiérrez-Estrada e Irma Trejo-Vázquez. Este documento da cuenta de una evaluación de impacto del cambio climático en la distribución de cinco especies arbóreas (*Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, *Abies hickelii*, *Quercus laurina* y *Quercus ocoteaefolia*) de las cuales, usando intervalos óptimos de establecimiento, se reconoció cuáles son las condiciones climáticas en donde se establecen. Los resultados muestran que las cinco especies experimentarán reducciones en sus áreas de distribución, debido a las modificaciones en temperatura y precipitación, lo que provocará disminución considerable en sus poblaciones e incluso extinciones locales y se pondrá a prueba la capacidad de adaptación de cada una de ellas.

En octavo lugar está el documento *Moléculas relacionadas con las respuestas antioxidantes, como alternativas para disminuir el estrés en los cultivos por cambio climático y el impacto al ambiente y es presentado por Humberto Antonio López-Delgado, Martha Elena. Mora-Herrera y Ricardo Martínez-Gutiérrez*. En este documento se explora cómo el cambio climático y sus impactos en los factores meteorológicos incrementan el estrés en los cultivos lo cual afecta el rendimiento agronómico y el manejo de germoplasma en general. Además de ello se pondera que el uso de variedades sensibles a enfermedades, la contaminación y el uso excesivo de agroquímicos, obligan a modificar continuamente las prácticas de manejo de los cultivos, lo que incide en los costos de producción y aumenta el riesgo de contaminación de alimentos y al ambiente. El documento se centra, en el caso específico de la papa, del que se destaca que un factor que origina estrés en su sistema de producción de semilla *in vitro*-invernadero-campo es el frío.

En noveno lugar el documento denominado *Determinación del contenido de carbono en diferentes coberturas vegetales y uso del suelo, en el suelo de conservación del Distrito Federal y éste se presenta bajo la autoría principal de José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz*. En este documento se señala la importancia multifuncional del suelo de conservación, y de los recursos naturales que éste alberga, para la Ciudad de México. La pertinencia

---

Introducción

del documento se centra en señalar que el Suelo de Conservación se encuentra amenazado por la acelerada urbanización de la Ciudad de México, en lo últimos 60 años ha avanzado a razón de cerca de una hectárea por día debido a la escasez de suelo accesible para viviendas de interés social, y por el alto costo que significa acceder a la compra de una vivienda, por ello, se advierte que de continuarse con esta tendencia se verán disminuidos los bienes y servicios ambientales.

En décimo lugar Stephanie Ortega-García y Víctor Sánchez-Cordero presentan el documento denominado *Consecuencias del cambio climático sobre la Intensidad reproductiva de roedores en la Sierra del Ajusco, México*. En el documento se parte del supuesto de que el cambio climático impactará en los patrones reproductivos de los organismos, los cuales influyen de manera directa en la estructura de las poblaciones. Para ello, presentan los análisis realizados sobre las tendencias de la temperatura y precipitación histórica en la Sierra del Ajusco y de ellos, concluyen los autores, se observa un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación para la zona. En lo que respecta a los roedores, sus resultados muestran que los patrones reproductivos de las poblaciones tuvieron una baja en la intensidad con que se lleva a cabo.

En onceavo lugar se encuentra el documento *Mecanismo de interacción climática entre la actividad solar y la biota terrestre, bajo la coautoría de Jaime Arturo Osorio Rosales y Blanca Mendoza Ortega*. En éste los autores, indican que actualmente se acepta que la biota terrestre no solo se adapta a las condiciones ambientales sino que influencia las regulaciones en la composición química de la atmosfera. En el presente estudio se usaron diferentes métodos de análisis para investigar la relación entre el dimetilsulfuro, nubes bajas, radiación ultravioleta A y temperatura superficial oceánica en el hemisferio sur. Los resultados concluyen que las series analizadas tienen diferentes periodicidades que pueden estar asociadas con fenómenos climáticos y solares como el Niño, la oscilación cuasi bienal en la estratosfera y a los cambios en la actividad solar.

A continuación está el documento denominado *Evidencias de cambio climático en la zona montañosa central de Michoacán* y este es una colaboración entre Luis Mario Tapia Vargas, Antonio Larios Guzmán, Ignacio Vidales Fernández, Anselmo Hernández Pérez y Víctor Barradas Vázquez. Este artículo está sustentado en el hecho de que recientemente se percibe un incremento en la temperatura y temporales erráticos por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las condiciones de lluvia a partir de una línea base de 1963 a 1972 y comparar con las condiciones actuales del siglo XXI. El trabajo se efectuó en el Campo Experimental Uruapan del INIFAP y se utilizaron datos de lluvia, de la estación climática Barranca del Cupatitzio.

Finalmente, el treceavo documento de este bloque se denomina *Proyección del efecto del cambio climático sobre la distribución de las razas de maíz mexicano* y está bajo la autoría de Carolina Ureta. La autora señala que el 85% de la producción del maíz depende del riego de temporal por lo depende de las condiciones climática de manera directa y un cambio en dichas condiciones puede alterar su rendimiento y calidad. Este artículo busca ampliar el conocimiento sobre uno de los granos más importantes del mundo; ya que, como dice Carolina Ureta, hay una falta de estudios sobre cambio climático y plantas agrícolas en México

El segundo segmento de esta sección se llama Vulnerabilidad. En primer lugar se encuentra el documento intitulado *Un procedimiento de 'interpolación' de imágenes de satélite de la temperatura de la superficie del mar de la Laguna de Términos, Campeche y es responsabilidad de Artemio Gallegos, Artemio; Ranulfo Rodríguez y Raymundo Lecuanda*. Para este trabajo los autores construyeron series de tiempo de la temperatura de la superficie del mar de la Laguna de Términos con la finalidad de conocer los procesos de interacción océano-atmósfera que se dan en la región. Posteriormente estudian las particularidades estadísticas de la señal de la variabilidad climática de la series de tiempo de la temperatura contenida en los registros de datos obtenidos en esta región geográfica.

En segundo lugar Mario Gómez Ramírez, Karina Eileen Álvarez Román, David Velázquez Torresy Estela Guadalupe Enríquez Fernández. Presentan el documento denominado *Los litorales de la República Mexicana, son vulnerables a las trayectorias de los ciclones tropicales*. Este documento se basa en un hecho geográfico: México está ubicado entre dos zonas ciclogénicas. Si los escenarios de clima señalan que en la región los eventos hidrometeorológicos extremos serán más frecuentes e intensos, entonces entender la climatología de ciclones tropicales, debe ser considerada como una herramienta que contribuirá a la investigación del cambio climático.

El documento *Metodología para valorar índices de vulnerabilidad ante el cambio climático y acciones de compensación en las costas de Tamaulipas*. Es presentado por Dora María Esther González Turrubiates, Miguel Ángel Haces Zorrilla y Lidia Rangel Blanco. El documento que presentan forma parte del proyecto "Evaluación y monitoreo de la vulnerabilidad al cambio climático de las costas de Tamaulipas" a través del que buscan evaluar el impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua, mediante la selección y desarrollo de variables y criterios específicos de indicadores aplicados en un marco de evaluación del riesgo de exposición, susceptibilidad y adaptación al cambio climático en las cuencas costeras que conforman las costas de Tamaulipas.

Ana Pricila Sosa Ferreira, Irma González Neri y Ariel Valtierra Hernández, de la Universidad Caribe presentan el documento denominado *Vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático en la Península de Yucatán. Percepción de la sociedad*. Los autores en principio sugieren que el cambio climático, por sus efectos e impactos adversos probables, requiere de la concurrencia multidisciplinaria para su análisis, para de esa manera potenciar la comprensión y acción en la economía, la sociedad y el medio ambiente; y de esta forma, aumentar la eficacia de las estrategias de adaptación y mitigación propuestas por las naciones, sobre todo para las localidades más vulnerables, los destinos de costas e islas son los más vulnerables a los impactos directos e indirectos del cambio climático dado que la mayoría de la infraestructura es situada a poca distancia de la costa, se centran en estudiar el caso de Yucatán porque en dicho espacio, de acuerdo a SEMARNAT, se esperan mayores daños por huracanes e inundaciones en las zonas costeras.

Javier Urbina Soria y Olga Flores Cano, presentan el documento denominado *Percepción diferenciada de vulnerabilidad en zonas costeras vs. otras áreas y regiones*. Este documento presenta cómo es que los ciudadanos de algunos de los estados de la República perciben la problemática del cambio climático, una de sus principales conclusiones es que en general, los grupos de enfoque tienen como principal preocupación la necesidad de estar más informados. Aunque se presentan datos detallados por estado, el centro del documento es que las manifestaciones del cambio climático repercuten en la vida de los habitantes de los estados, especialmente de quienes viven en las costas. No se trata de un estudio de opinión, se trata de un estudio de cómo perciben el problema los ciudadanos mexicanos.

El último documento del segundo segmento de la sección II de estas memorias se llama *Sensibilidad y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros del sureste de México ante el cambio climático global y su autor principal a Victor Manuel Vidal Martínez*, investigador del CINVESTAV Unidad Mérida; a por medio de este documento se dan a conocer los resultados de las investigaciones realizadas por la Red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste de México al 2011. Entre los resultados más relevantes se tienen los siguiente: 1) el análisis de datos de largo plazo demostró que el huracán Isidoro afectó significativamente a los caracoles y sus parásitos de la laguna costera de Celestún, Yucatán. Sin embargo, la biomasa de los caracoles y la riqueza de especies se recuperaron entre 4 y 11 años después; 2) que el mismo huracán destruyó el 68% de la cobertura de manglar de Yucatán; 3) la zona del Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta es la más vulnerable al incremento en el nivel del mar, y en donde este ha avanzado 3.5 m entre 1995-2008. Esto, aunado a la propensión de Tabasco a las inundaciones y al efecto del cambio climático plantea un grave problema para 47488 personas de 68 poblaciones; 4) la percepción de seis poblaciones humanas costeras de la Península de Yucatán es que el cambio climático es una amenaza para la salud y el turismo; 5) en mitigación, se han recuperado zonas de manglar afectado por huracanes en el área de Celestún con capturas de carbono de 1 a 7 ton C/ha/año

El tercer segmento de esta sección está conformada por cuatro artículos, el primero de ellos se llama *Fenómenos climáticos extremos y adaptación: un análisis exploratorio de la sequía en México y es presentando en coautoría por Roy Boyd y María Eugenia Ibararán Viniegra*. El documento se centra en los efectos de una sequía prolongada en la economía mexicana, por lo que a través de un Modelo de Equilibrio General Computable se simula el impacto de una sequía que afecta a la agricultura, ganadería, silvicultura y generación de energía hidroeléctrica; y como ello genera impacta la economía.

En segundo lugar José Luis Ibañez González, Guillermo Cervantes Delgado, René González Nava, Patricia Bustillos Espino y Edgar Yáñez Ortiz presentan el documento *Paquetes tecnológicos de bajo impacto ambiental para la producción de alimentos orgánicos*. Este documento se mueve bajo una premisa: la protección del medio

---

Introducción

ambiente es fundamental para el desarrollo tecnológico, por lo que es necesario explorar alternativas viables para potencializar el uso y reciclaje de efluentes y desechos orgánicos de las ciudades y campos agrícolas. En ese entendido, señalan los autores, se tiene que orientar los esfuerzos que conlleven a la creación de estrategia para mitigar los efectos del cambio climático y de esta forma, permitir a las comunidades rurales a mitigar la variabilidad causada por ese efecto. Se trata, en otras palabras de impulsar una reconversión de las prácticas productivas.

En tercer lugar se encuentra el documento *La diversidad genética y su aplicación en la captura de carbono, el cual está bajo la autoría de Lilia Mendizábal-Hernández* y como coautores se encuentran Juan Alba-Landa, Juan Márquez Ramírez, Elba Ramírez-García y Héctor Cruz Jiménez. Para este estudio se evaluaron cuatro procedencias de México, tres de Honduras y una de Guatemala, siendo en total 36 familias de una plantación de *Pinus maximinoi* establecida en 1990. Se estimó el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles por individuos, familias y procedencias utilizando el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, las diferencias se determinaron a través de un análisis de varianza. El total de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles fue de 30 565.40 kg encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre procedencias y entre familias.

El último documento de esta sección se denomina *Prevención y control de la desertificación en la región mixteca, Oaxaca, México y es fruto de la coautoría entre Fidencio Sustaita-Rivera, Saúl Martínez-Ramírez y Gilberto bautista-Sánchez*. En sus aportaciones, los autores indican que la región Mixteca es uno de los lugares de México más afectados por la degradación de sus recursos naturales, debido a condiciones climáticas, topográficas y mal manejo de dichos recursos. Lo cual es más evidente en el distrito de Coixtlahuaca. Ante este escenario, la implementación del programa de prevención y control de la desertificación en la región mixteca, surge como inquietud de varias comunidades para rehabilitar el paisaje a través de la puesta en acciones de conservación de suelo y agua.

La tercera sección de estas Memorias se conforma de 13 artículos relativos a los de gases de efecto invernadero, agrupados tanto en la vertiente de mitigación como en la relativa a los escenarios de emisiones.

En primer lugar de esta sección se encuentra el documento denominado *El campo de acción de la enertrónica y se encuentra bajo la coautoría de José Antonio Aquino Robles, Leonel Cuervo Corona Ramírez y Víctor Darío Pinto*. La propuesta de este documento es presentar un concepto integrador de disciplinas de la ingeniería, para hacerlo asequible los autores han incorporado conceptos, tales como la generación distribuida y los recursos energéticos distribuidos. La idea de fondo es presentar a la enertrónica como una solución integral a los problemas de seguridad de suministro eléctrico.

En segundo lugar María Luisa Castrejón-Godínez, Rosa Estela Quiroz-Castañeda, Enrique Sánchez-Salinas y María Laura Ortiz-Hernández, presentan el documento *Emisiones de gases de efecto invernadero de la categoría residuos en el Estado de Morelos*. La idea central de este documento es que para poder estrategias de mitigación de alcance nacional o estatal es indispensable el conocimiento del tipo y cantidad de gases de efecto invernadero generados en escalas locales. Para los autores el conocimiento de lo local debe considerarse como la principal herramienta para establecer estrategias de mitigación. Aunque el documento presenta datos de las diversas procedencia de los gases de efecto invernadero del Estado de Morelos, el documento se centra fundamentalmente en la categoría de los residuos porque consideran que ésta es una de las que generaran más gases de efecto invernadero por ello, sostienen los autores, es importante conocer su emisión para llevar a cabo acciones que permitan maximizar su manejo integral.

En tercer lugar se presenta el documento *Prospectiva de emisiones vehiculares en la Zona Metropolitana del Valle de México* y es una contribución de Carlos Chávez Baeza y Claudia Sheinbaum Pardo. Este documento explora la relación crecimiento demográfico y movilidad urbana, centrándose básicamente en el área de tránsito vehicular y su consumo de combustibles fósiles. Los autores destacan que la quema de combustibles fósiles en los motores de combustión interna degrada el medio ambiente y la salud de los habitantes. Por ello presentan un análisis sobre los tipos de contaminantes (algunos de los cuales cuentan con potencial de calentamiento global) que se generan en esta actividad y sus escenarios de emisión, usando para ello metodologías recomendadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

En el siguiente lugar el documento denominado *Mitigación en el sector energético. Tecnologías, potenciales y costos*. En este se sostiene que la energía sustentable es aquella que en su transformación y consumo tiene impactos negativos mínimos en la seguridad, la salud humana y en el funcionamiento correcto de sistemas ecológicos vitales incluido el medio ambiente global. Es un hecho aceptado que las energías renovables son una forma de energía sustentable en el largo plazo por lo que su uso ha atraído la atención durante los años recientes para resolver los problemas de contaminación local y global. En este trabajo se analizan los potenciales y costos de diferentes tecnologías de mitigación para el sector transporte mexicano. Este trabajo es de la coautoría de Jorge Raúl Gasca Ramírez, Moisés Magdaleno Molina, María Esther Palmerín y Luis Alberto Melgarejo

En cuarto lugar Brenda Hernández presenta el documento denominado *Metodología para estimación de biomasa utilizable en un gasificador de flujos paralelos a través de modelos de poda en Fraxinus Uhdei, Ligustrum Lucidum y Pinus Radiata para la generación de energía eléctrica en el Campus de Ciudad Universitaria*. Este documento da cuenta de la existencia, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, de un gasificador de flujos paralelos que es alimentado por biomasa y sirve para producir energía eléctrica. Una de las aportaciones del documento es el tipo de biomasa que alimenta este generador, en este caso se propone una metodología para que dicho gasificador pueda ser alimentado con la biomasa producida por la poda de los árboles de la Ciudad Universitaria de la UNAM.

En quinto lugar se encuentra el documento denominado *Aerogeneradores en pequeña escala para zonas rurales en Oaxaca, México*. En este documento, María Elena Huesca Pérez, destaca el papel que juega la energía eólica en la diversificación energética en el mundo. En el caso mexicano, la energía eléctrica ha sido relevante para el desarrollo social y económico de las comunidades rurales en México. Se trata de un documento que apela a las escalas microregionales y por ello se encarga de analizar el potencial eólico del estado de Oaxaca.

Arón Jazcilevich Diamant, investigador del Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM y un amplio grupo de coautores presentan el documento intitulado *Emisiones de gases tóxicos, GEI's y balance de energía por la fabricación y uso de biocombustibles*. En este documento se presentan algunos resultados acerca de emisiones y balance de energía por la fabricación de etanol a partir de azúcar en un ingenio de México, así como de emisiones vehiculares usando mezclas de bio-diesel. Los resultados presentados apuntan en el sentido de que las mezclas de bio-diesel disminuyen las emisiones de Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (PAH's) y que las emisiones de GEI's por la fabricación de etanol a partir de azúcar, son menores a las de gasolina convencional.

El documento *Inventario de emisiones en carreteras*, bajo la cautoría de Juan Fernando Mendoza Sánchez, María Guadalupe López Domínguez y Rodolfo Téllez Gutiérrez ubica un área de oportunidad ya que dice que los inventarios de emisiones sirven para detallar e identificar las diferentes fuentes de emisión y la contribución de diferentes sectores, se trata de un instrumento que puede ser trazable en el tiempo y actualizable. En México no existe información de esta naturaleza, por lo que basándose en las herramientas disponibles, y en la experiencia internacional, se desarrolló el primer inventario de emisiones en carreteras. Este documento da a conocer algunos de los resultados obtenidos.

En séptimo lugar se encuentra el documento *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y las estrategias para su mitigación, Baja California, México*. Presentado por Gabriela Muñoz Meléndez y Betania Vázquez González. La idea del documento es que la para poder implementar políticas públicas en materia de cambio climático, mitigación y la adaptación, requieren necesariamente de la de un diagnóstico que permita identificar los puntos clave de acción, este primer paso se da a través de un inventario de gases de efecto invernadero. Por tanto, este documento da cuenta de las emisiones de gases de efecto invernadero en el estado de Baja California y propone opciones para la mitigación de estos.

Posteriormente se encuentra el documento denominado *Estimación del carbono almacenado en Pinus hartwegii en el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan* presentado por José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz en coautoría con Martha Edith Caballero García, Itsel Fernanda Jiménez Álvarez, Jhoana Verenise Carmona Hernández, Adolfo Galicia Naranjo, Fidel Calvo Hernández, María Lucila Balam de la Vega, Rocío Gricel Rojas Briseño y Jesús Fernando Jiménez Valdivia. Los autores sostienen que la distribución espacial de diferentes especies

## Introducción

forestales está asociada a factores físicos, químicos, biológicos y a su relación con el ecosistema. Haciendo un estudio de caso, seleccionaron el parque nacional Izta-Popo Zoquiapan que se encuentra ubicado en los estados de Morelos, Puebla y el Estado de México porque es un área importante para la recarga de acuífero, alberga organismos endémicos como el teporingo, el tlaconete leproso. Se parte de la premisa de que las coberturas vegetales tienen la capacidad de absorber el CO<sub>2</sub> lo cual ayuda a mitigar las emisiones de dicho gas, generadas en las áreas urbanas periféricas, por ello lo se presenta en el documento es el estudio realizado para determinar el contenido de carbono almacenado en el bosque de *Pinus hartwegii* en dicho bosque nacional.

En noveno lugar está el documento *Avances del Mercado Voluntario de Carbono en México. En el contexto actual la captura de carbono es un servicio ambiental, cuyo concepto integra hoy en día la idea de conservar los sitios que almacenan este elemento y/o el incremento de los mismos a través del establecimiento de áreas en las que la vegetación es usada como reservorio*. Considerando que el Protocolo de Kioto, no mandata a México a reducir sus emisiones de gases que contribuyen al calentamiento global. El documento referencia que hasta el 2010 lograron neutralizarse las emisiones de 25 empresas 62 eventos y 14 personas individuales, que suman la neutralización de 65,527 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente cuya venta se realizó en casi \$7,332,471.00 lo cual ha beneficiado a más de 509 familias de 10 comunidades de Oaxaca. Este documento fue presentado por José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz y lleva como coautores a Itsel Fernanda Jiménez Álvarez, Roció Grisel Rojas Briseño, Adolfo Galicia Naranjo, Jhoana Verenise Carmona Hernández, Fidel Calvo Hernández y a María Lucila Balam de la Vega.

Posteriormente se encuentra el documento denominado *Emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía en el Estado de Morelos. Presentado por Rosa Estela Quiroz-Castañeda, María Luisa Castrejón-Godínez, Enrique Sánchez-Salinas y María Laura Ortiz-Hernández*. Este documento es una versión sintética del primer reporte/inventario de emisiones del sector energético del estado de Morelos. En él se estimaron las emisiones del sector energético para los años 2005, 2007 y 2009. Las fuentes de emisión incluidas fueron: la industria (fuentes fijas) y el transporte (fuentes móviles), además de las actividades del subsector residencial, comercial y agrícola. Entre sus conclusiones se encuentra que el consumo de combustibles en el transporte, contribuye de forma significativa con las emisiones de gases de efecto invernadero estatales.

En onceavo lugar se encuentra el documento denominado *Proyecto de creación de los organismos validadores/verificadores de emisión de gases efecto invernadero para uso en la acreditación y otras formas de reconocimiento en México a través de la Entidad Mexicana de Acreditación es de la autoría de Lorena Gladys Ramírez Márquez*, este documento da cuenta de los avances que ha logrado el sector empresarial en materia de mitigación. La autora destaca el hecho de que hasta el año 2011, el 99% de los proyectos mexicanos registrados por la autoridad nacional en materia de MDL correspondían al sector privado. Empresas relacionadas con la industria química, de fertilizantes, granjas porcinas y lecheras, concesionarios de rellenos sanitarios, la industria manufacturera y desarrolladores de proyectos eólicos e hidráulicos han iniciado la implementación de proyectos bajos en carbono desde hace algunos años. Además de ello, el documento incorpora un elemento de análisis singular: la existencia de un ente capacitado para la verificación y validación de las emisiones vertidas a la atmósfera.

En doceavo lugar, Elvira Schwanse hace una revisión de la gestión de los residuos sólidos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), de ésta dice la arquitecta se puede decir que hay un conjunto de deficiencias administrativas, operativas, sociales y ambientales que obstaculizan el desarrollo de un sistema más eficiente y eficaz, con mayores beneficios comunes, con aprovechamiento de los recursos energéticos y con una disminución de la contaminación. El documento se denomina *Emisiones y potencial energético de las disposiciones finales de los residuos sólidos urbanos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*.

Por su parte Claudia Sheinbaum Pardo; Sonia Briceño Vilorio y Guillermo Robles Morales presentan *Guía de metodologías de mitigación de emisiones de GEI para los estados de la República Mexicana* este documento da cuenta de los avances nacionales en materia de mitigación de gases de efecto invernadero. Señalan que los estados y el Distrito Federal, están buscando ampliar sus capacidades locales para poder construir inventarios y escenarios de emisión y de mitigación de gases de efecto invernadero y en el marco de su competencia,

---

Introducción

desarrollar medidas de reducción que les permitan contribuir al esfuerzo internacional, pero también, acceder a los actuales y futuros mecanismos de venta de reducción de emisiones, incluidas las llamadas NAMAS.

Finalmente, Olmo Sour Estrada, Eréndira Arellano Leyva, Alejandro Monroy Colín, Guillermo González Sánchez, Jean García Arnaud, Jerónimo Reyes Santiago y Margarita Collazo Ortega presentan el documento denominado *Las azoteas verdes como un sistema de captura de carbono y contaminantes en zonas urbanas*. En esta propuesta se analiza la capacidad de las azoteas verdes para mejorar la calidad del aire, tanto en la captura de carbono, como de algunos contaminantes presentes en el agua de lluvia.

La cuarta sección de estas Memorias se llama Aspectos sociales, culturales y comunicación. Se trata de una colecta de trabajos que no entran de manera directa en lo que son los tres grupos de trabajo del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. En ese entendido estos pudieran ser considerados como temas transversales relativos al cambio climático. Este bloque está conformado por catorce documentos.

El primero de ellos, es autoría de Antonio Arellano Hernandez y se llama *Mapeo de la investigación mexicana sobre cambio climático: antecedentes y propuesta*. Este documento se origina de los tres estudios, que bajo la coordinación del Instituto Nacional de Ecología, se han realizado para conocer el potencial de investigación sobre cambio climático en México. El estudio que presenta Arellano diagnostica la capacidad mexicana de investigar la mitigación, vulnerabilidad y la adaptación al llamado cambio climático. En ese entendido, la exploración realizada se enfoca en dar respuestas a explorar las capacidades nacionales para dar resultados a las demandas cognitivas similares a las formuladas en los reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

En el segundo lugar Hans Dieleman presenta el documento *La mitigación y adaptación urbana al cambio climático como proceso de aprender haciendo*. El Doctor Dieleman nos recuerda que la población total viviendo en áreas urbanas se incrementara hasta 83% en el año 2030. El centro de esta concentración urbana es su consumo de energía. Por ello, el académico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México señala una estrategia para que los habitantes de las ciudades se involucren en el entendimiento y opciones de solución del cambio climático global.

En tercer lugar Ana Lucia García Briones presenta el documento *Efectos extremos del cambio climático y conflicto social en México*. En términos generales el documento presenta los riesgos, retos y efectos del cambio climático en México y su potencial para generar o exacerbar conflicto social. Está basado en técnicas de carácter etnográfico (entrevistas a profundidad) y análisis de las principales iniciativas de política pública del gobierno mexicano. Este documento es parte de un proyecto que se desarrolla en el marco de Alerta Internacional para contribuir, a través de la investigación, a mejorar el entendimiento acerca de la relación entre cambio climático y conflicto.

En cuarto lugar, Tania García; Carlos Welsh, Lorena de Medina y Eduardo Castillo presentan *Retos multidisciplinares de la Investigación en Cambio Climático*. En forma simple es un estudio de la realidad (objeto de estudio), con diferentes lentes (disciplinas) que arroja un conjunto de matices que hacen observar detalles que de manera aislada no sería posible obtener, al final la colección de matices da origen a un espacio común de discusión. Los autores precisan que este tipo de aproximación permite obtener un conjunto de estudios sistematizados usando metodologías diferentes, que son válidos en ciencias sociales y naturales y dan una perspectiva de profundidad sobre un objeto de estudio.

Edgar González Gaudiano, Ana Lucía Maldonado González y Gloria Elena Cruz Sánchez presentan el documento denominado *Representaciones sociales del cambio climático*. Los estudiantes de la Universidad Veracruzana enfocan el asunto desde una perspectiva disciplinaria distinta, ellos sugieren que para que se cambien las pautas actuales del asunto de cambio climático y para poder verlo como un asunto de política pública se requiere considerarlo como un asunto transversal en el que concurren la educación, la comunicación, la información y la capacitación para de esa manera formar una cultura cívico-política que promueva la participación ciudadana. La motivación de este enfoque se sostiene en el hecho de que la penetración en el discurso público sobre el tema no es suficiente; ya que ninguna nación ha reducido adecuadamente sus emisiones y ninguna nación tiene una base sólida de ciudadanos comprometidos, social y políticamente, con el problema.

---

Introducción

En el siguiente lugar se encuentra el siguiente documento denominado *De cómo se ha embotado nuestro sentido solidario y es presentado por Gabriela Hernández Flores*. La autora señala que nuestras relaciones sociales y ecológicas son críticas, lo que implica que todas las interacciones que sostienen el mundo “están en el límite de su capacidad de resistencia” y es previsible un grave colapso. Por ello propone la reivindicación del sentido solidario de nuestra raza humana.

En el séptimo lugar se encuentra el documento denominado *Vínculos percibidos entre consumo doméstico de energía y cambio climático* y es de la autoría de Daniel Martínez Morales, Javier Urbina Soria y Olga Flores Cano. Este documento da a conocer la percepción sobre las consecuencias de los vínculos entre el consumo doméstico de energía y el cambio climático en personas que viven en la Ciudad de México y Zona Metropolitana. Para tal efecto, el documento proporciona información sobre cómo una parte de la población percibe su uso de energía [percepción del uso-ahorro y consecuencias], vinculado al cambio climático con la finalidad de mitigarlo.

En octavo lugar Verónica Miranda Estrella presenta el documento *La escasez de agua en El Distrito Federal agravada por el cambio climático (campaña de publicidad social)*. La autora señala que la disponibilidad de agua depende de factores naturales y humanos, lo cual ha llevado a la metrópoli a una situación altamente crítica, aumentando el déficit día con día, por ello, parafraseando al sociólogo alemán Ulrich Beck, sostiene la hipótesis de que la Ciudad de México está dentro de un doble riesgo, por un lado, la falta de agua por el crecimiento poblacional, la expansión de la mancha urbana, cuyo abastecimiento se complica por los efectos del Cambio Climático Antropogénico, pero por el otro lado la mala administración, la carencia de políticas públicas, la corrupción del sistema político, la mala planeación durante años, entre otros aspectos, son el resultado de la actual situación del agua en el Distrito Federal.

En noveno lugar se encuentra el documento *El cambio climático en las transformaciones ecológico/ambientales y socioculturales en la costa del pacífico mexicano*. Este documento sustentado en una visión teórico-filosófica del pensamiento complejo y bajo la autoría de Gerardo Alberto Montero Reséndiz sostiene que las transformaciones socioculturales y ecológico/ambiental que ha sufrido la costa del pacífico mexicano deben estudiarse de manera simultánea ya que las diferentes cosmovisiones, donde se ligan la armonía y el conflicto entre todos estos grupos, sus saberes y las representaciones en cada zona inciden en la forma de vivir el asunto del cambio climático.

En el siguiente lugar Josefina Munguía Aldama, Fabiana Sánchez Plata, Ivonne Vizcarra Bordi y María Rivas Guevara presentan el documento *Saberes tradicionales sobre la variación climática en dos comunidades de Guerrero*. Este es un documento que parte de señalar como la globalización ha generado profundas transformaciones y un reordenamiento del mundo, que ha provocado destrucción de la biodiversidad natural, de los ecosistemas y cambio climático, simultáneamente favorece la desigualdad, hambre, pobreza, migración a las ciudades y pérdida de identidad cultural. Antes este escenario, en un ejercicio de carácter microsociológico busca entender como dos comunidades de Guerrero interactúan con las variaciones climáticas naturales y cómo estas experiencias pueden servir en el caso de variación climáticas de carácter antropogénico.

En onceavo lugar se encuentra el documento *El proceso de comunicación en la gestión de riesgo entre CENAPRED y protección civil sobre los hundimientos, y su incidencia en la población (caso la Habana, delegación Tláhuac)* y es presentado por Abril Ariana Pérez Canales. Este documento, entre otras cosas señala como la mala planeación urbana puede derivar en problemas de vulnerabilidad social que pueden agravarse en el contexto de cambio climático que en el año de 1984 se creó el Sistema de Pozos Mixquic Santa Catarina con el objetivo de abastecer las necesidades de agua de la ZMCM, una de las secuelas no ponderadas de este proyecto fue con dicha extracción se generarían hundimientos. De hecho así fue como se generó nuevo Lago de Chalco, el cual se hunde 40cm. en promedio por año lo cual ha hecho que comunidades cercanas a la zona (la colonia La Habana) vivan en riesgo constante. El centro del documento es que esta situación de vulnerabilidad social podría complejizarse aún más si las precipitaciones pluviales se ven modificadas por el cambio climático y la mala planeación de la gestión y comunicación de riesgo, en este caso del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en la zona.

En doceavo lugar Víctor Manuel Pérez García presenta *La comunicación para la gestión del riesgo medioambiental en un centro público del Distrito Federal*. El autor señala que así como en el mundo existen

---

Introducción

diversas organizaciones dedicadas a la difusión y la divulgación del cambio climático en el caso de la Ciudad de México se realizan acciones similares, como es el caso de los centros de educación ambiental. Al revisar el caso específico del centro llamado “Yautica” concluye que aunque ya existen este tipo de iniciativas éstas aún son insuficientes porque la información que allí se genera no llega toda esta información a la población de la zona, por lo que será necesario replantear no solo los contenidos difundidos sino perfeccionadas sus estrategias de difusión para que la comunidad se informe de lo que acontece en dicho centro de educación ambiental.

En el lugar siguiente se encuentra el documento *Mujeres campesinas y su papel en el sistema alimentario de México*. Este documento en primer lugar destaca el proceso de feminización del campo, no solo en México, sino en el mundo por ello es que la seguridad alimentaria depende en buena medida de lo que las mujeres campesinas puedan hacer en el campo. La autora, María Dolores Rojas Rubio, explora como, a pesar de que las instituciones han advertido la desventajosa desigualdad que implica el desarrollo de las mujeres en el sistema alimentario mexicano, no se cuenta con programas adecuados ni políticas efectivas para las diferentes actividades que las mujeres desempeñan en el campo, como jornaleras migrantes, obreras de agroindustrias, artesanas o pequeñas comerciantes.

Diana Lilia Trevilla Espinal presenta *La sociedad civil en México frente al cambio climático*. Una lectura antes y después de la COP16. La autora presenta resultados de cómo ha actuado la sociedad civil ante el problema del cambio climático, este documento se basa en una hipótesis de carácter nulo: si el cambio climático ha sido causado por el hombre, solo el hombre podrá resolverlo, pero para ello será necesario que los individuos trabajen no de forma atomizada, sino de forma organizada.

Al cierre de esta sección Javier Urbina Soria, Violeta Múgica Álvarez y Olga Flores Cano presentan el documento denominado *Movilidad urbana y cambio de hábitos para la sostenibilidad*. Este documento da cuenta de un estudio realizado, a través de la aplicación de un cuestionario, a 1332 personas residentes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con el fin de conocer la percepción, hábitos y usos del transporte urbano. Una de sus conclusiones principales es que para que haya un cambio de hábitos en el modo de transportarse se debe contar con un transporte cómodo, rápido, que permita el desarrollo de las actividades cotidianas.

La quinta sección de estas memorias se denomina Gobernanza y aspectos políticos y consta de nueve documentos que fueron sometidos al Congreso. En primer lugar se encuentra el segmento denominado *El ordenamiento territorial como instrumento normativo frente al cambio climático: construyendo la participación institucional en Campeche, México y es presentado por María Eugenia Ayala Arcipreste*. En este documento se destaca el hecho de que en Campeche, a pesar de existir avances en el ámbito del ordenamiento territorial 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. Por ello, dice la autora, es que surge la necesidad de proponer una nueva ley que aborde y regule de manera integral los aspectos de planeación, gestión territorial y urbana del estado.

En segundo lugar Hans Dieleman y José Clemente Rueda Abad, presentan el documento *Cambio climático y ciudades; cinco “building blocks” para la gobernanza urbana. La propuesta es la creación de un Educatorio de Cambio Climático y Ciudades con 5 actividades claves*: en primer lugar, monitorear políticas y planes urbanos desde diferentes ciudades en el mundo, así como proyectos urbanos concretos ante el cambio climático del tipo gobernanza; en segundo lugar, analizar la información obtenida en el marco teórico de la gobernanza y los factores claves de éxito y fracaso de gobernanza; en tercer lugar, divulgar esta información a través del espacio de divulgación; en cuarto lugar, capacitar profesionales y estudiantes acerca de cómo desarrollar e implementar planes, políticas y proyectos dentro de un marco de gobernanza, en el espacio de capacitación; y, finalmente, simular e imaginar proyectos de gobernanza, a través de proyectos pilotos, simulaciones en computadores, juegos, teatro y demás, en el espacio de imaginación. Este documento forma parte de los productos académicos del proyecto “*Ciudades y Gobernanza Urbana ante el Cambio Climático; divulgación, capacitación y simulación*”

En el siguiente documento Ana Lucía García Briones y Quetzalli Ramos Campos, presentan *Gobernanza en las zonas costeras. Las autoras sugieren una hipótesis provocadora, que es el centro en el que gira sus propuesta: en las zonas costeras el marco legal e institucional no es lo suficientemente amplio y robusto para garantizar su*

---

Introducción

*governabilidad y su sustentabilidad ambiental por ello, sugieren*, la gobernanza de estas zonas puede convertirse es una de las respuestas sólida e integral para construir acuerdos a corto y mediano plazo, algunos de los que se podrían convertir en ley.

En cuarto lugar Julio César Medellín Cázares presenta el documento *Biocombustibles en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte: Aspectos comerciales y ambientales internacionales*. Este documento, que reconoce las críticas al uso de los biocombustibles como fuente energética alternativa a las energías convencionales hace una exploración de la situación que se presenta en torno a éstas en el ámbito norteamericano.

En quinto lugar se encuentra María Guadalupe Peña González presentando el documento *Reforma constitucional y seguridad alimentaria*. Este documento hace una lectura crítica del papel que han desempeñado las políticas impulsadas por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial en lugares que ya eran socialmente vulnerables y que por lo mismo no han podido satisfacer las necesidades de alimentación de sus pueblos. Para eliminar el hambre, dice la autora, sólo hace falta voluntad política. Por ello, la soberanía alimentaria es la mejor alternativa para acabar con el hambre en el mundo.

En el siguiente lugar se encuentra Abril Guadalupe Pérez Ponciano presentando el documento denominado *La agenda gubernamental de cambio climático en México*. La premisa de este documento es que ante el problema del cambio climático es imprescindible que el Estado juegue un papel importante en la construcción de políticas públicas que evalúen el impacto, la vulnerabilidad y la adaptación social. En este entendido, Pérez Ponciano, presenta lo que ya se ha hecho en nuestro país y los retos que el cambio climático representa para el Estado mexicano.

En séptimo se encuentra *Crisis rural, cambio climático y pobreza: hacia la búsqueda de alternativas para la definición de políticas públicas en México*. El documento señala que en México, la población más vulnerable se encuentra entre los habitantes del campo y la población de las ciudades que vive en situación de alta marginación porque el modelo de producción y consumo es insostenible y genera como consecuencias una crisis cuyas proporciones cobran múltiples dimensiones, generando el agravamiento de las desigualdades sociales, la pobreza extrema y el hambre, el abandono del campo y el deterioro del medio ambiente. Ante este escenario, María Dolores Rojas Rubio, autora del documento se cuestiona si, como sociedades, estamos llegando tarde a la emergencia provocada por el cambio climático.

En octavo lugar Angélica Rosas Huerta presenta el documento *Modelo de referencia: una herramienta para evaluar la capacidad institucional de un gobierno local que atiende el cambio climático*. La capacidad institucional es una visión compleja basada en un enfoque sistémico y sirve para ubicar los problemas organizacionales dentro de un entorno con varios niveles, actores e influencias, y con importantes interdependencias entre éstos. La construcción y/o desarrollo de la CI está determinada única, o siquiera principalmente, por un factor institucional, sino por la articulación y complejidad de todos los factores ubicados en dos componentes (capacidad administrativa y capacidad política) y tres niveles (micro: el individuo, meso: la organización, macro: el contexto institucional). Este enfoque, propone la autora, puede ser usado como alternativa que los gobiernos locales puedan hacer frente al cambio climático.

Por último se encuentran Javier Urbina Soria y Olga Flores Cano que conjuntamente presentan el documento denominado *Cambio climático y comportamiento humano: percepción social de las causas, consecuencias, vulnerabilidad y opciones de adaptación*. Este documento presenta resultados, de carácter descriptivo y cuasi-experimental, sobre cuál es el conocimiento sobre cambio climático, las causas y las consecuencias que la población percibe y la vulnerabilidad y el conocimiento sobre las opciones de adaptación que se deben asumir en la vida cotidiana para combatir el cambio climático. Este proyecto fue apoyado por la Dirección General de Asuntos de Personal Académico como el proyecto PAPIIT IN307009-3.

Finalmente el anexo está conformado por algunos de los posters que fueron presentados en el marco del Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Los posters que forman este anexo son:

Introducción

- Distribución de temperatura superficial del mar y clorofila a mediante percepción remota en una zona de alimentación de tortugas marinas del Norte de Sinaloa.
- The Gulf of Mexico: Why is it so attractive to hurricanes?
- Vulnerabilidad personal y colectiva ante el cambio climático: coincidencias y diferencias entre especialistas.
- Impacto de las variables climáticas en los regadíos de Andalucía (Sur de España).
- Las azoteas verdes y su papel en el mejoramiento del ambiente urbano.
- Incorporación de las anomalías climáticas y grados de marginación en el ordenamiento territorial.
- Implementar alternativas tecnológicas para la producción de biogás de residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios.
- Vulnerabilidad agrícola al cambio climático en el estado de Nayarit: estudios de caso maíz y frijol

Es necesario señalar que algunos materiales que fueron sometidos en tiempo y forma al Congreso no forman parte de esta Memoria porque algunos de ellos fueron publicados por otros medios, o porque no fueron creados en exclusivo para ser presentados en este Congreso.

**Sección I**

**Ciencia Básica:**

**Modelos y Modelación**



## Modelación del cambio climático en la zona costera de Tamaulipas

Ana Cecilia Conde Álvarez<sup>1</sup>, Jesús Efrén Ospina Noreña<sup>2</sup>, Rocío Vargas Castilleja<sup>3</sup>  
Jazmín Eduwiges Ruiz Maraboto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>2</sup> Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”

Universidad Autónoma de Tamaulipas

### Objetivo.

En el estudio se propone *generar escenarios de cambio climático* utilizando diferentes modelos y escenarios de gases de efecto de invernadero, de tal forma que permitan identificar los eventos climáticos que imponen una mayor vulnerabilidad ambiental de la disponibilidad natural de los recursos hídricos, energéticos y ecosistémicos.

Igualmente pretende apoyar en *la cuantificación de la vulnerabilidad* impuesta por los eventos climáticos identificados como los de mayor amenaza en la disponibilidad natural de los recursos hídricos, energéticos y ecosistémicos, ante los efectos de un potencial cambio climático.

### Antecedentes.

La mayoría de los fenómenos indicadores de un cambio climático (CC) están relacionados con elementos que regulan el ciclo hidrológico, tales como cambios en los patrones de precipitación, cambios en la temperatura y evaporación, alteraciones en la frecuencia e intensidad de precipitación (eventos extremos), inundaciones, sequías, escorrentías, recargas en acuíferos, oleajes de tormenta, entre otros, las cuales a su vez tienen incidencia en otros factores y aspectos como la contaminación del agua, degradación del suelo, erosión y deforestación, enfermedad humana, inestabilidad económica (Sánchez., *et al*, 2011), además de intrusión salina en cuerpos de agua costeros. Actualmente, el abastecimiento de agua para los diferentes sectores, industrial, comercial, residencial, agrícola y ganadero, en la región costera de Tamaulipas, es principalmente por extracción de agua de ríos, lagunas, canales, manantiales y presas. Las proyecciones climáticas recientemente obtenidas a 30 y 70 años indican una

tendencia de sequía sobre el régimen fluvial de las cuencas hidrológicas (Mendoza., *et al*, 1997, Sánchez., *et al*, 2011).

Los recursos hídricos se constituyen en uno de los recursos naturales renovables más importante para la vida y por ende se considera el recurso base del desarrollo socioeconómico de una población. A nivel nacional los impactos del cambio climático, repercutirán en el uso del recurso hídrico que se destina para fines poblacional, pecuario, agrícola, piscícola, hidroenergético e industrial; es decir, por efecto de la disminución de la disponibilidad hídrica se pueda comprometer la dotación del servicio en agua potable y la salud de las poblaciones, la producción agrícola y seguridad alimentaria, la generación de energía y la producción industrial, entre otros aspectos.

En el estado de Tamaulipas, entre las lagunas costeras más importantes se encuentran la Laguna Madre, la mayor en extensión del país, y otros sistemas de estuario (barra del Tordo, río Soto la Marina, río Tigre) y lagunas adyacentes (Laguna de Morales, Laguna de San Andrés, Marismas de Altamira). La Hidrología de la zona costera tamaulipeca comprende tres Regiones Hidrológicas de las cuatro que corresponden al Estado. Estas son las denominadas Bravo - Conchos; San Fernando – Soto La Marina y Bajo Río Pánuco. Esta última considerada como una de las cinco más importantes del país, tanto por el volumen de sus escurrimientos (24,227 Mm<sup>3</sup>/año) como por la superficie que ocupa (84,956 km<sup>2</sup>).

Según el estudio de prospectiva de la demanda de agua en México 2000-2030, el estado de Tamaulipas presentaba al año 2000 un grado de presión sobre los recursos hídricos de 21.4%, considerado como presión media fuerte, situación

que se irá exacerbando conforme transcurra el tiempo, debido a las proyecciones del crecimiento poblacional al 2030 (aproximadamente 19.3%). El crecimiento del PIB, con el cual se estiman los diferentes escenarios de incrementos en los consumos de agua (l/hab/día), indica que si se tiene un crecimiento del PIB en 2.1%, el suministro de agua será de 146 l/hab/día; si el crecimiento del PIB es de 3.3%, el suministro de agua será de 160 l/hab/día, y si el crecimiento del PIB es de 4.7%, el suministro de agua será de 176 l/hab/día, además de otros cambios en el uso de agua en diferentes sectores productivos y económicos (Fundación Gonzalo Río Arronte-Fundación Javier Barros Sierra, 2004).

En estudio realizado sobre la vulnerabilidad de las regiones hidrológicas en México, bajo algunos escenarios de cambio climático al 2050, en los cuales se construyen diferentes índices de vulnerabilidad, se concluye que la cuenca del Pánuco es una de las cuencas más vulnerables a los efectos del cambio climático proyectado y su tendencia es a ser una región cada vez más seca, y además se concluye que todos los escenarios proyectan una alta vulnerabilidad en la disponibilidad de agua para el riego, pudiéndose convertir la irrigación en un factor limitante en el sector agrícola en algunas zonas de la cuenca del Río Pánuco (Mendoza., *et al*, 1997).

La vulnerabilidad del recurso hídrico en la subcuenca Guayalejo-Tamesí ha sido recientemente evaluada en términos del índice de Lang (relación Precipitación /Temperatura) a partir de la modelación numérica de la disponibilidad de agua con incidencia en los sectores agrícola, industrial y municipal (Sánchez., *et al*, 2011). La relación P/T se calculó considerando los escenarios A2, B2, B1 y A1B generados con los modelos globales MPIECH-5, GFDL2.0, UKHADCM3 (Conde *et al*, 2011). Las anomalías de precipitación se estimaron para los periodos 2010-2039 y 2040-2069 a fin de establecer la prevalescencia anual de humedad. Una tendencia de sequía fue observada en los escenarios simulados. El sector de mayor vulnerabilidad fue el agrícola debido a que este utiliza el 51.54% del volumen total de agua (443 millones m<sup>3</sup>/año) concesionada para estos tres sectores (2004-2006).

Por lo anterior, es de gran interés integrar la mayor información posible a fin de precisar el cálculo de la vulnerabilidad de la oferta natural del recurso hídrico, en el contexto del análisis integral de la respuesta del sistema costero de Tamaulipas ante

los potenciales efectos del cambio climático, analizados con diferentes modelos, para diferentes periodos y bajo diversos escenarios.

### Metodología.

Para los propósitos de la investigación, el estado de Tamaulipas se regionaliza en un inicio teniendo en cuenta seis cuencas y 15 subcuencas localizadas en la RH 24-Bravo-Conchos, 25-San Fernando-Soto la Marina y la 26-Pánuco, como se especifica a continuación:

- Cuenca del Río Bravo-Matamoros-Reynosa - Subcuenca Río Bravo-Reynosa, Río Bravo-Matamoros.
- Cuenca de la Laguna Madre – Subcuenca la A. La Misión, L. Madre.
- Cuenca del Río Soto la Marina – Subcuenca R. Soto la Marina, R. Palmas y A. La Zanja.
- Cuenca San Andrés-Laguna Los Morales - Subcuenca L. San Andrés, Río Tigre, Río Carrizal, Río Barberena, A. Calabozo, L. Morales.
- Cuenca del Río San Fernando – Subcuenca A. Chorreras.
- Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí – Subcuenca Río Tamesí.

De otro lado, se están analizando los registros de las estaciones climatológicas, en total 250 de la base de datos ERIC para las variables precipitación, evaporación y temperaturas, con el propósito de observar su periodo de registros y validar los mismos. Igualmente y con el mismo objetivo se analizará la información existente en la base de datos del CLICOM del 2010.

Una vez analizados, validados los registros y seleccionadas las estaciones definitivas, se extraerán los principales elementos y variables climáticas identificadas para las estaciones representativas en cada una de las cuencas anteriormente relacionadas o áreas de estudio definidas, variables como temperatura máxima (Tmax), temperatura media (Tmed), temperatura mínima (Tmin), precipitación (PCP), evaporación (Evp), relación P/T o índice de Lang, serán evaluadas mediante los promedios mensuales y anuales durante todo el periodo de registros disponibles.

Se identificarán las principales corrientes (fuentes) o vasos dentro de cada una de las zonas anteriormente mencionadas que posean registros históricos hidrométricos de tal forma que se puedan obtener gastos ( $Q$ ,  $m^3/s$ ) y volumen ( $m^3$ ) mensual y anual de cada una de ellas. Esta información se obtendrá con la ayuda de la base de datos Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) o de otras fuentes existentes en la región

Mediante análisis estadísticos (análisis de correlación, regresión múltiple, simple u otro análisis) se buscará las posibles relaciones existentes entre las variables climáticas Tmax, Tmed, Tmin, PCP, Evp y los gastos y/o volumen del recurso hídrico mensual y anual proporcionadas por las hidrométricas para cada fuente y el promedio de ellas en cada una de las zonas de estudio.

El análisis tendrá en cuenta la ubicación de las estaciones en cuanto a la altura sobre el nivel del mar (msnm).

#### **Análisis multivariado por cuenca.**

Los resultados obtenidos en las fases anteriores permitirán acercarse a los análisis multivariados como: análisis de componentes principales (ACP), análisis de factores (ADF), análisis de *cluster* (ADC), obteniendo una mayor y mejor interpretación de los efectos de los cambios de las variables explicativas sobre las áreas de estudio (cuencas o subcuencas), además permite identificar si las cuencas obedecen a una sola clasificación climática o por el contrario la componen diferentes zonas, también se podrían analizar los cambios a futuro devenidos del cambio climático sobre el sistema objeto de estudio, este análisis se realizará en lo posible, si los resultados obtenidos, datos y periodo de análisis lo permiten.

Los análisis propuestos permiten generar líneas base de las principales variables (Tmax, Tmin, Tmed, Evp, Q, P/T, entre otras) consistentes de acuerdo a las particularidades de las cuencas o diferentes zonas que se identifiquen dentro de ellas, lo cual permite a su vez evaluar los efectos del cambio climático de una forma más congruente

teniendo en cuenta las diferencias encontradas en las áreas de estudio.

#### **Elaboración de escenarios de cambio climático.**

Se elaborarán los escenarios de cambio climático regional, para lo cual se tendrá en cuenta las salidas de los modelos GFDLCM20, UKHADGEM1 y MPIECH-5 (Conde *et al*, 2011) especialmente para la variables temperatura y precipitación bajo los escenarios de emisiones A1B, A2 y B1, y la aplicación del MAGICC/SCENGEN<sup>1</sup> (5.3), para los horizontes de análisis 2030, 2070 y 2100. Mediante este programa, se tendrán escenarios de resolución espacial baja ( $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ). Utilizando una climatología de alta resolución Hijmans *et al*, (2005), se interpolarán por medio de *splines* los escenarios de baja resolución para obtener escenarios regionales con alta resolución (de  $5' \times 5'$ , aproximadamente  $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ ).

Los escenarios futuros serán evaluados buscando la relación de las variables climáticas actuales (líneas base) y proyectadas con la disponibilidad o la oferta natural de los recursos hídricos y su efecto sobre el índice de Lang en las diferentes áreas de estudio, mediante varios métodos matemáticos y estadísticos, con lo que se pretende generar escenarios futuros de cambio climático y análisis de los mismos, que permitan identificar los efectos adversos o positivos sobre diferentes sectores y actividades, de tal forma que puedan aportar instrumentos de evaluación, referidos como índices de vulnerabilidad (Sánchez *et al*, 2011, Ospina *et al*, 2011), efectivamente útiles para la planeación de medidas de adaptación y de mitigación a efectos locales adversos del Cambio Climático en la región costera de Tamaulipas.

<sup>1</sup> Se han desarrollado modelos climáticos simples que permiten incorporar la gama de escenarios de emisiones a los estudios de cambio climático. Estos modelos pueden simular la respuesta del clima global a cambios en las concentraciones de los gases de efecto invernadero (GEI) en términos del incremento de la temperatura y el aumento del nivel del mar. Dentro de estos modelos simples está el Modelo para la Evaluación de Gases de Efecto Invernadero - Gases que Inducen Cambio Climático (MAGICC, por sus siglas en Inglés). Para combinar los resultados del MAGICC con las salidas de los modelos de circulación general, fue necesario utilizar el programa Generador de Escenarios (Scengen, por sus siglas en Inglés), (Wigley, 1994, 2003; Hulme *et al*, 2000; y Conde *et al*, 2011).

Con las relaciones encontradas entre las variables climáticas y otras variables de interés como es la disponibilidad del agua y teniendo en cuenta los escenarios de cambio climático futuros, se pueden realizar diferentes *análisis de sensibilidad*, lo cual permite a su vez *proponer índices de vulnerabilidad* en este caso de la disponibilidad del recurso hídrico, de cualquier otra variable, sector o actividad de interés que tenga relación con las variables climáticas y por lo tanto responda a cambios de éstas (Ospina *et al*, 2011).

Considerando el párrafo anterior, los índices se podrían calcular de la siguiente forma:

- a) Los cambios en las variables Tmax, Tmed, Tmin, Evp y PCP que den una buena explicación de los cambios en caudal y/o volumen, en cualquier otra variable, sector o actividad de interés en el área de estudio, serán categorizados o inscritos dentro de ciertos rangos (alto, medio, bajo, muy bajo u otros); las calificaciones otorgadas a los rangos obtenidos para cada variable se realizarán de acuerdo a una escala jerárquica de 1, 2,...n según se considere el grado de afectación en la disponibilidad de agua o sobre la variable de interés, siendo 1, poca afectación o impacto y “n” máxima afectación.
- b) Posteriormente para el cálculo del índice de vulnerabilidad, las variables serán multiplicadas por un coeficiente según la importancia o el peso de cada una en el modelo y luego relativizados por la suma de ponderantes, además las variables se calificarán de acuerdo a su presencia o no en las diferentes categorías para cada año o periodo analizado, tomando el valor de uno (1) cuando está presente y cero (0) en caso contrario.
- c) El paso anterior permitirá encontrar la magnitud de la vulnerabilidad de la disponibilidad de agua u otras variables, sector o actividad en cada año o periodo de análisis y permite inferir sobre el grado de vulnerabilidad (alto, medio o bajo) en el futuro.

#### Fuentes de Consulta

Conde, C., (2003). Cambio y variabilidad climáticos: Dos estudios de caso en México., Tesis Doctoral.,

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México., 300 p.

Conde, C., F. Estrada, B. Martínez, O. Sánchez and C. Gay. 2011. Regional climate change scenarios for México. *Atmósfera*, 24 (1): 125-140.

Fundación Gonzalo Río Arronte-Fundación Javier Barros Sierra (2004), Prospectiva de la demanda de agua en México, 2000-2030. México.

Hulme, M.W., T.M.L. Barrow, E.M. Raper, S.C.B. Centella, A.S. Smith, and A.C. Chipanshi (2000). “Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook.” Climatic Research Unit, UEA, Norwich, UK, 52 pp.

Mendoza, V., Villanueva E., Adem, J. (1997). Vulnerability of basins and watersheds in Mexico to global climate change. *Cimate Research*, 9: 139-145.

Ospina-Noreña. J.E., C. Gay., C. Conde, G. Sánchez, 2011. A Proposal for a Vulnerability Index for Hydroelectricity Generation in the Face of Potential Climate Change in Colombia”. *Atmósfera* 24 (3): 329-346.

Sánchez-Torres Esqueda G., J. E. Ospina-Noreña, C. Gay-García y C. Conde (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.

Wigley, T.M.L. (2003). “MAGICC/SCENGEN: User-friendly software for GCM inter-comparisons, climate scenario development and uncertainty assessment.” National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO 80307, 27 pp.

## Adaptación y vulnerabilidad del sector primario ante el cambio climático en el Estado de México

Antonio González Hernández<sup>1</sup>, Moreno S. F.<sup>1</sup> y Pérez, M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
SAGARPA

### Revisión de literatura.

Tras décadas de estudios y desde hace ya algunos años, no parece haber duda alguna de las acciones humanas están cambiando el clima del planeta, según la conclusión de los Informes de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007). Y los resultados de esos estudios la convención marco acuñó con el termino *Cambio Climático*, a cambios en el clima por causas humanas u origen antrópico, este cambio en el clima atribuido de manera directa o indirectamente a la actividad humana, altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables y así concluyéndose que es la mayor amenaza ambiental que enfrentaremos en el siglo XXI.

La agricultura de temporal depende del estado del tiempo (clima) es claro que la mayoría de las especies agrícolas domesticadas han sido empíricamente probadas a lo largo de nuestra historia por agricultores y seleccionadas por su resistencia a los factores climáticos de su entorno que incluyen eventos extremos como: sequias, heladas, excesos humedad, ataque de plagas y enfermedades. Pero siempre, partiendo de un pronóstico climático aprendido de una regularidad de los ciclos naturales.

Los productores de las zonas rurales y urbanas serán los más afectados, ya que dependen de actividades sensibles al clima y suelo; estos tienen poca capacidad de adaptación a todos los cambios del entorno por el calentamiento global. Se prevé que el cambio gradual de las temperaturas y las lluvias, así como una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos se traduzcan en malas cosechas y pérdidas de activos, lo cual representa una amenaza para la producción de

alimentos, así como para el abasto de alimentos para la población actual, la cual es cada día mayor y en consecuencia demanda calidad y cantidad de productos del campo. En algunas regiones, estos cambios pueden superar ampliamente la capacidad de adaptación de las especies vegetales y reducir los rendimientos (FAO, 2007).

México ha mostrado su interés por los efectos adversos que el cambio climático podría tener en el desarrollo económico de la sociedad, así como en la estabilidad de los ecosistemas naturales, esto propicio la creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), conformado por siete secretarías de estado y 23 expertos en el tema, los cuales han propuesto una serie de acciones a seguir ante el cambio climático. Por su parte el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 impulsa medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático, estrategias, desarrollo de escenarios climáticos regionales, evaluación de los impactos, vulnerabilidad y adaptación en diferentes sectores tanto ecológicos como sociales y económicos, con la finalidad de contar con información a nivel nacional.

Entre los estudios de los recursos forestales ante el cambio climático existen varios. En el plano internacional, en Costa Rica, Cervi *et al.*, (2006) utilizó el escenario climático IS-92c -escenario moderado en emisiones de gases efecto invernadero- desarrollado a través del MCA del Centro Hadley (HADCMGHG y HADCMGHS) incorporado a los modelos MAGICC y SCENGEN. El resultado indica que la temperatura media anual aumentaría 1.4° C y la precipitación media anual disminuiría 18.82 %. Las implicaciones son un desplazamiento geográfico de las áreas óptimas de

las plantaciones forestales que sufren en el escenario de cambio climático.

Villers y Trejo (1998) evaluaron las áreas de vegetación forestal de México que resultarían afectadas de acuerdo con los tres modelos la vulnerabilidad de los ecosistemas aplicando tres modelos de cambio climático (CCC, GFDL-R30 y de sensibilidad: +2°C de temperatura y -10% en precipitación). Los resultados fueron que los bosques templados fríos y semicálidos son más sensibles al cambio climático y tenderían a desaparecer al incrementarse la temperatura. Los bosques tropicales secos, muy secos y espinosos, con afinidades cálidas, tenderían a ocupar mayores superficies que en la actualidad, principalmente con el modelo CCC. El GFDL-R30 proyecta un incremento en la distribución de los bosques tropicales húmedos y subhúmedos, que se serían favorecidos con el aumento en la precipitación.

### Objetivos

Definir la vulnerabilidad del sector primario y proponer acciones de adaptación en el Estado de México.

Determinar la distribución de áreas potenciales actuales y ante escenarios de cambio climático para las especies vegetales (agrícolas, forrajeras y forestales) de mayor importancia en el Estado de México

### Materiales y métodos

Se generaron los escenarios climáticos futuros del Estado de México del 2030 y 2050 empleando los resultados de los modelos generales de circulación de la atmósfera y la técnica estadística de reducción de escala SDSM (Statistical Downscaling Model); que emplea modelos de regresión y predice las variables del clima regional o local (predictandos) a partir de las variables atmosféricas de gran escala de los MCG (predictores). Se utilizaron datos de por lo menos 30 años de estaciones meteorológicas. Las variables atmosféricas se obtuvieron de la página web del centro nacional de predicción del medio ambiente de estados unidos (NCEP, en inglés).

Con el modelado del comportamiento climático, se evaluaron los impactos del cambio climático sobre

el ciclo del agua en el estado. Modelando los procesos hidrológicos, actuales y futuros mediante el modelo: herramientas de evaluación del suelo y agua (SWAT por sus siglas en inglés. Se evaluó la vulnerabilidad del sector primario a través de un análisis de aptitud del terreno tomando en cuenta los escenarios de cambio climático, considerando los requerimientos agroclimáticos de tres especies agrícolas, pecuarias y forestales de mayor importancia socioeconómica, definida a través de la metodología propuesta por el ISNAR que considera dos dimensiones: la importancia socioeconómica, que toma en cuenta los criterios de tamaño, dinamismo y especialización y la competitividad, que considera los criterios de productividad, sustentabilidad, dinamismo y desempeño comercial.

Los costos de producción sistemas producto seleccionados, se obtuvieron de información estadística de fuentes oficiales considerando los paquetes tecnológicos agrícolas, pecuarios y forestales en los diferentes distritos de desarrollo rural. Considerando los escenarios de cambio climático y el cambio en la aptitud del terreno de los sistemas producto seleccionados y en consecuencia se realizó un análisis de costos bajo el nuevo escenario supuesto para cuantificar el impacto económico. La vulnerabilidad de los ecosistemas se realizó con la determinación y cuantificación de servicios ambientales en el entorno del cambio climático, la captura de carbono de una especie de pino.

### Resultados y discusión:

Cambio Climático

Escenarios de cambio climático con Modelos de Circulación General (MCG) de 3 modelos (GFDL2.0, HADGEN y MPIECHAM5) y cuatro escenarios (A1B, A2, B1 y B2) del Estado de México del 2030 y 2050 por Distrito de Desarrollo Rural (DDR). (4856 mapas digitales)

Escenarios de cambio climático Dowsaling (SDMS) de 2 modelos (HADCM3 y CGCM2) y dos escenarios (A2 y B2) del Estado de México del 2030 y 2050). (1512 mapas digitales) (Figuras 1, 2 y 3.)

Mapas de aptitud de especies agrícolas de importancia socioeconómica por DDR actuales y por escenarios de cambio climático en los DDR del Estado de México. (1488 agrícolas, 1296 pecuarias y 384 forestales) mapas digitales (Figura 4) Lista de especies del Estado de México de mayor importancia socioeconómicas estudiadas. Estimación del costo financiero y económico de 2 especies de importancia (agrícola, y forrajera) actuales y ante escenarios de cambio climático.

Pecuaria

Superficie actual potencial y bajo escenarios de cambio climático del cultivo de alfalfa (Tablas 1, 2 y 3)

Distribución espacial actual potencial y bajo escenarios de cambio climático del cultivo de pastos (figura 5)

Cambio Climático

La temperatura media anual para el Estado de México promedio estimada por los modelos de circulación general estudiados fluctuará de los 0.63°C a los 1.88 °C.

La temperatura media anual para el estado de México promedio que se estimó por los modelos de reducción de escala (Downscaling) oscilará entre los 1.39°C a 2.22°C

En reducción de escala el modelo que estima cambios benéficos con aumentos de la superficie muy apta de maíz es el HadCM3 y ocurre lo contrario con el CGCM2.

Agrícola

Los modelos de circulación general para maíz en el potencial de muy bueno para el Estado de México presentan incrementos del 9 % al 20 % en su área.

Figura 1 Temperatura

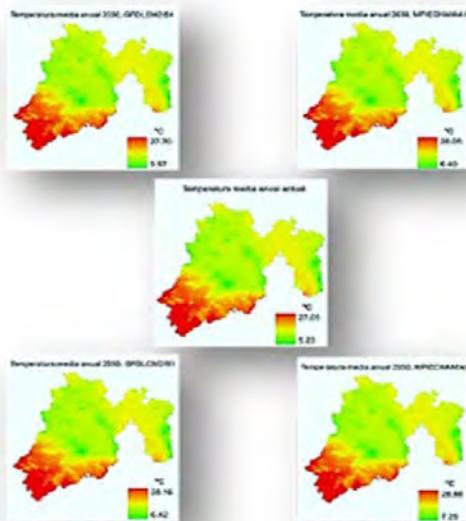


Figura 2. Precipitación

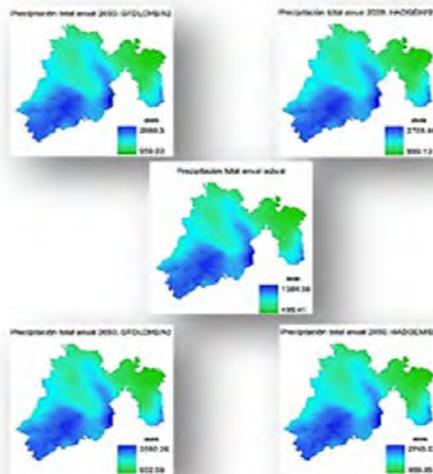


Figura 3. Escenarios de temperatura media anual con cambio climático en el Estado de México

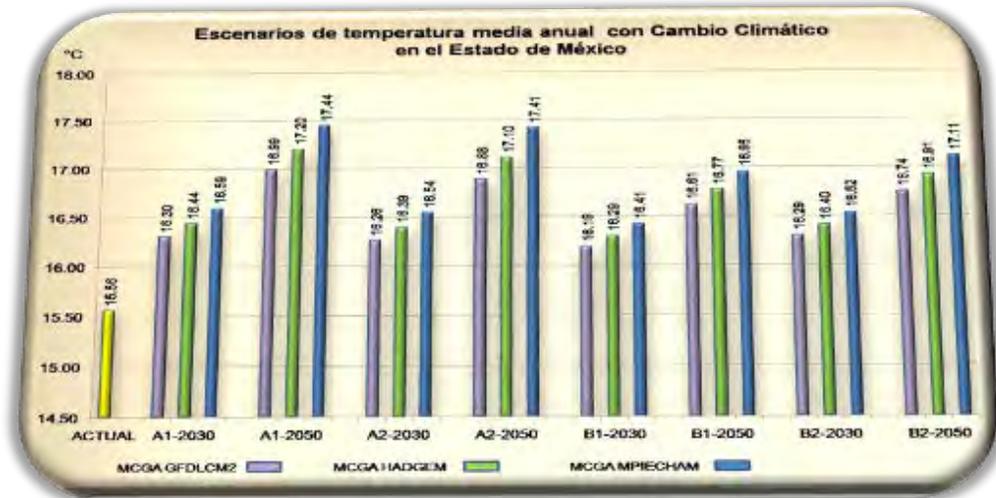


Figura 4. Mapas de aptitud de especies

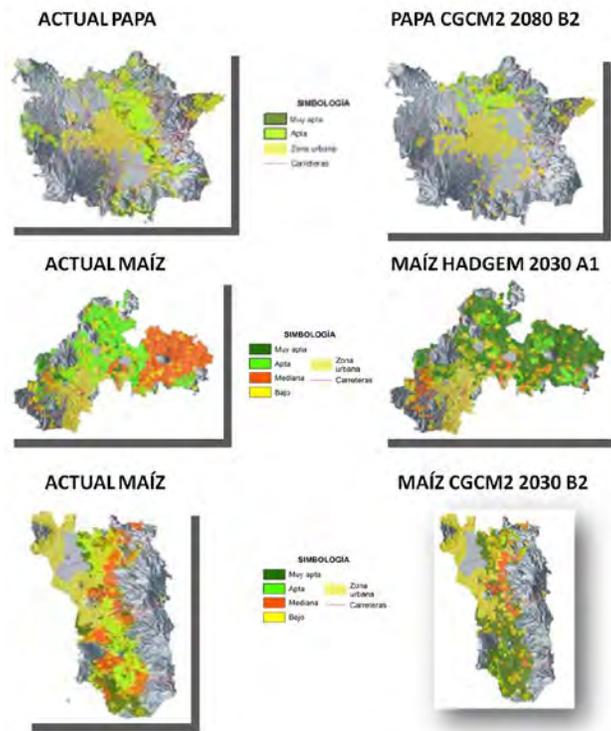


Figura 5 Mapas de Aptitud

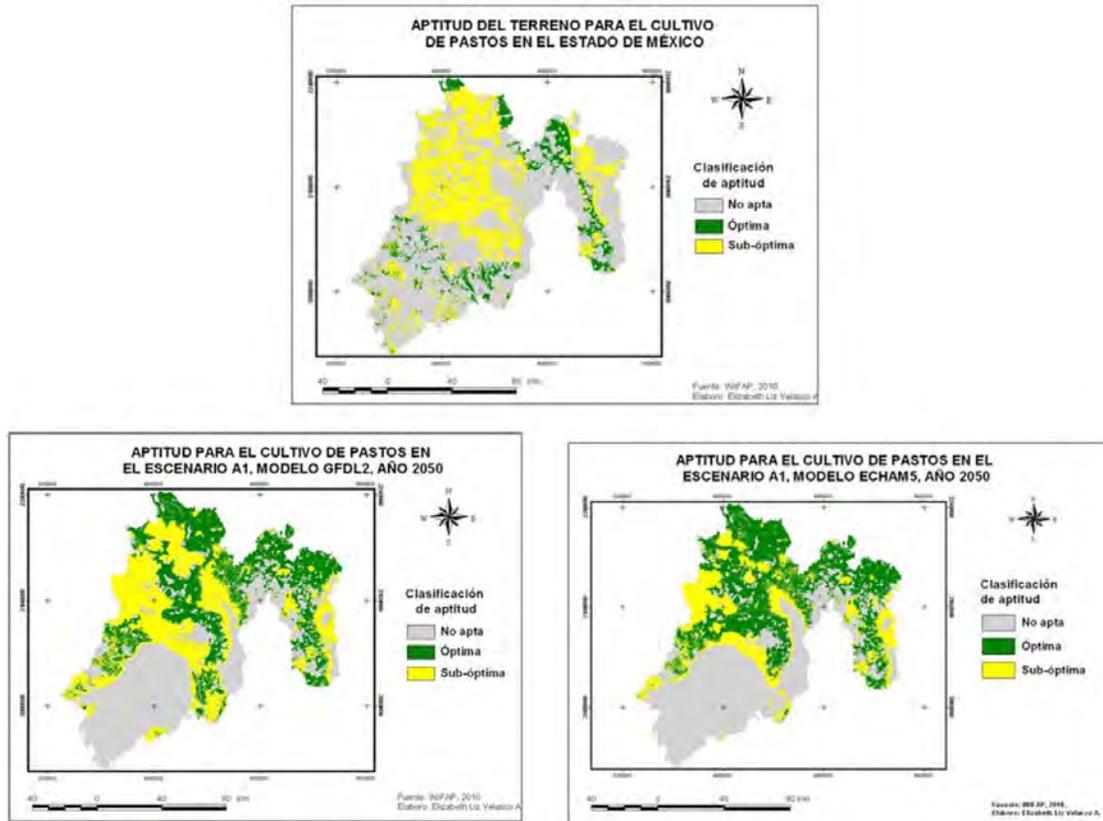


Tabla 1 Modelo GFDL2

Superficies para el cultivo de alfalfa bajo diferentes escenarios(hectáreas)							
Clasificación de aptitud	Superficie Actual	GFDL2(A1) (2030)	GFDL2 (A1) (2050)	GFDL2 (2030)A2	GFDL2 (2050) A2	GFDL2 (2030)B2	GFDL (2050)B2
Óptimo	24227.91	3.24	414.72	24227.91	13.77	0	21.87
Sub-óptimo	154280.703	23287.5	1065.15	154280.703	24251.4	19953.539	25041.15
No apto	2065992.5	2221197.5	2243008.25	2065992.5	2220223	2224534.5	2219425

Tabla 2 Modelo HadGEM

Superficies para el cultivo de alfalfa bajo diferentes escenarios(hectáreas)							
Clasificación de aptitud	Superficie Actual	HadGEM (A1) (2030)	HadGEM (A1) (2050)	HadGEM (2030) A2	HadGEM (2050) A2	HadGEM (2030) B2	HadGEM (2050) B2
Óptimo	24227.91	0	0	0	0	0	0
Sub-óptimo	154280.703	13435.47	660.96	15586.02	756.54	12218.85	431.73
No apto	2065992.5	2231052.75	2243827.25	2228902	2243731.5	2232269.25	2244056.5

Tabla 3 Modelo ECHAM5

Superficies para el cultivo de alfalfa bajo diferentes escenarios(hectáreas)							
Clasificación de aptitud	Superficie Actual	ECHAM5(A1) (2030)	ECHAM5 (A1) (2050)	ECHAM5 (2030)A2	ECHAM5 (2050) A2	ECHAM5 (2030)B2	ECHAM5 (2050)B2
Óptimo	24227.91	0	151.47	0.81	0.81	0	0
Sub-óptimo	154280.703	20842.92	803.52	21878.1	769.5	18061.381	771.93
No apto	2065992.5	2223645.25	2243533.25	2222609.25	2243717.75	2226426.75	2243716.25

## Forestal

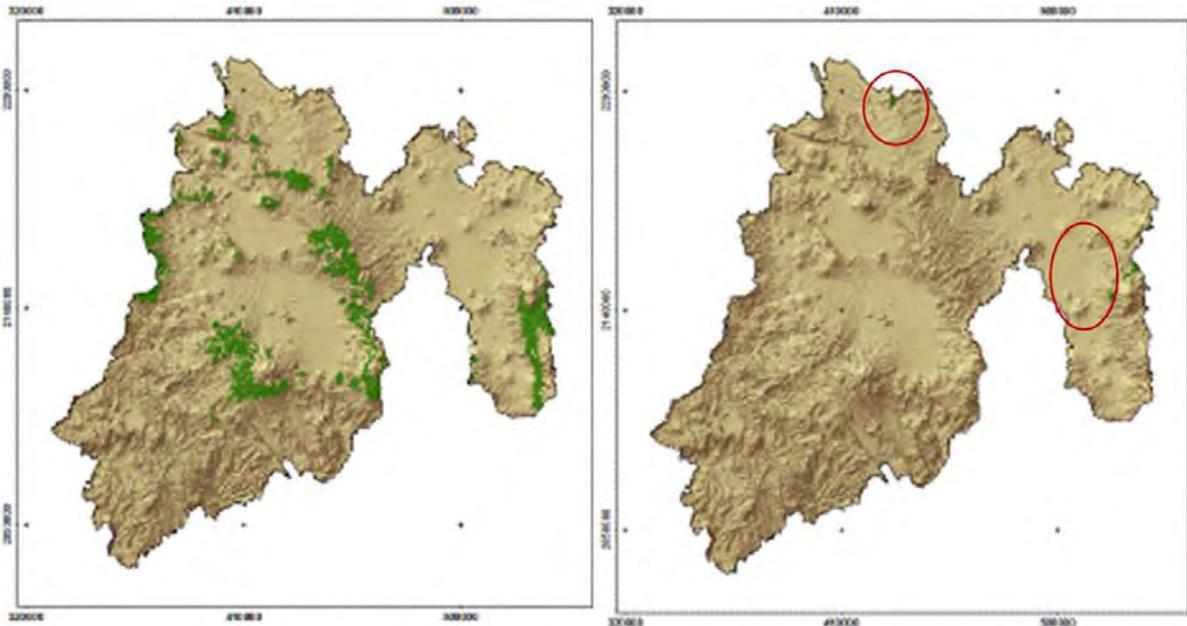
Tabla 4. Valores de superficie apta actual y con escenarios de cambio climático para el Abies religiosa.

	Aptitud actual	GFDL 2.0				HADGEM			
		2030		2050		2030		2050	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Superficie apta (ha)	159,002	3,374	2,555	5,045	3,516	2,154	1,766	2,551	1,939
Porcentaje (%)*	<b>25.97</b>	<b>2.12</b>	<b>1.61</b>	<b>3.17</b>	<b>2.21</b>	<b>1.35</b>	<b>1.11</b>	<b>1.6</b>	<b>1.22</b>

Con respecto a la superficie total forestal en el Estado de México (INEGI, 2005)

Con respecto a la superficie apta actual.

Figura.6 Abies religiosa



### Conclusiones

Con modelos de reducción de escala en el cultivo de papa la superficie actual muy apta sufre pérdidas por impactos de cambio climático en los modelos y años estudiados que reducen a más de la mitad la superficie actual.

La superficie del cultivo de papa actual de muy buena aptitud bajo los modelos de circulación general, escenarios y años futuros sufrirán pérdidas considerables que se sitúan entre un 34.6% y 41.8 %

La papa bajo escenarios de cambio climático es la que presenta cambios más drásticos en su distribución espacial al compararse con la actual dentro del Estado de México.

### Forestal

De acuerdo a los resultados el Estado de México poseen actualmente un gran potencial para el establecimiento del *Abies religiosa*, *Pinus montezumae*, *Pinus Pseudostrobus* y *Quercus rugosa*.

Con escenarios de cambio climático estas especies tienen reducciones de aptitud significativas hasta el 99 % de la superficie actual

### Forrajes

La alfalfa presenta una disminución drástica en su superficie cultivada ya que en el escenario menos drástico solo quedará un 15.7% de la superficie, además de que prácticamente solo quedarán superficies consideradas como subóptimas.

Los pastos tendrán una evolución muy favorable tanto en el incremento de su superficie como en el valor de la producción.

### Fuentes de Consulta

Cervi F., A.P., P. Imbach, A. Vallejo, M. R. Tito y C. J. Pérez. 2006. Zonas edafoclimáticas aptas para especies forestales bajo escenarios de cambio climático: un estudio de caso en Costa Rica. Disponible en página electrónica: [http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/Cervi,%20A.P.%202006.%20Zonas%20edafo clim%C3%A1ticas%20aptas%20para%20especies%20forestales.pdf](http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/Cervi,%20A.P.%202006.%20Zonas%20edafo%20clim%C3%A1ticas%20aptas%20para%20especies%20forestales.pdf). Fecha de consulta: 30 de agosto de 2010.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. El estado

mundial de la agricultura y la alimentación. Viale delle Terme di Caracalla 00153. Roma, Italia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007b. Cambio climático y seguridad alimentaria: un documento marco Viale delle Terme di Caracalla 00153. Roma, Italia.

IPCC. 2007. Summary for policymakers. In: S. Solomon, D. Quin, M. Manning, Z. Chen. M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.), Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 18 pp. [disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>]

IPCC. 2007a. 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.

Jiménez Merino Alberto (1989) La producción de forrajes en México. Universidad Autónoma Chapingo. Banco de México- FIRA.

Liverman, D., M. D. O'Brian, K. L. Menchaca. 1994. Possible impacts of climate change on maize yields in Mexico. Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study. In: C. Rosenzweig and A. Iglesias. EPA.

Villers, R. L. e I. Trejo V. 1998. Climate Change on Mexican Forests and Natural Protected Areas. Global Environmental Change Elsevier Science 2(8): 141-157.

# Predicciones de la irradiancia total solar para los próximos cien años

Blanca Mendoza Ortega <sup>1</sup> y V.M. Velasco Herrera <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica,  
Universidad Nacional Autónoma de México

## Introducción

La Radiación Solar Total (RST) es el flujo electromagnético en todas las longitudes de onda emitido por el Sol, que llega a la distancia promedio Sol-Tierra. Presenta una variación observada entre el máximo y el mínimo de actividad solar de  $\sim 0.07\%$  (Fröhlich, 2006). Esta variación se debe principalmente a juego entre el efecto oscurecedor de las manchas solares y el efecto abrillantador de las fáculas y otros elementos de menor escala espacial en la superficie visible del sol o Fotosfera (p.ej. Foukal et al., 2006).

Las reconstrucciones de largo plazo de la RST muestran épocas de baja y alta actividad solar (p. ej. Steinhilber et al., 2009). La existencia de tales épocas ha motivado el tratar de estimar tendencias futuras en la actividad del Sol. Además, los cambios de actividad solar que ocurren en estos periodos pueden contribuir de manera evidente a la variabilidad climática (p. ej. Gray et al., 2010).

El comportamiento del recién terminado Ciclo Solar 23 (1996-2009) ha sido diferente del de los pasados 6 ciclos solares. Las mediciones de la RST del mínimo de este ciclo han descendido con respecto a los dos mínimos previos: el promedio para 2008 es  $1365.26 \pm 0.16 \text{ Wm}^{-2}$ , comparado con  $1365.45 \text{ Wm}^{-2}$  en 1996 o  $1365.57 \text{ Wm}^{-2}$  en 1986 (Fröhlich, 2009). Además, el campo magnético interplanetario ha sido menor (p. ej. Kirk et al., 2009) y el viento solar más lento, menos masivo y más frío que durante estos dos previos mínimos solares (McComas et al., 2008). Varios trabajos indican la ocurrencia próxima de ciclos con menor actividad o similar al del ciclo 23 (Lockwood et al., 2009; Abreu et al., 2008; Russell et al., 2010; Velasco-Herrera and Mendoza, 2011).

En el presente trabajo intentamos estimar la RST para los próximos cien años usando técnicas del tipo de redes neuronales.

## Datos

Este estudio fue realizado tomando como base la reconstrucción de la RST llevada a cabo por Krivova et al. (2010), cuyo modelo se basa en calcular constantes que representan el decaimiento y conversión de las diferentes componentes magnéticas de la Fotosfera solar que se consideran como las principales causas de la variación en la RST en periodos de minutos a centenas de años.

## Método

Uno de los modelos estadísticos que se están empezando a usar cada vez más por su poder para estimar futuros fenómenos es el de las Redes Neuronales. Son muy útiles para el estudio de series temporales con comportamientos caóticos o irregulares (Weigend, 1990), tales como las series de fenómenos de la actividad solar. Esta técnica ya se ha usado en el contexto de predicción de manchas solares (p. ej. Ajabshirizadeh et al., 2011), o bien para predicción de corrientes geomagnéticas inducidas y tormentas magnéticas (p. ej. Lundstedt, 1992). Usamos el sistema Feed Forward Neural Network, junto con el algoritmo de aprendizaje Levenberg-Marquardt (Levenberg 1944; Marquardt 1963).

## Resultados Discusión y Conclusiones

En la Figura 1 la línea negra delgada es la serie de Krivova et al. (2010) y la calculada en el presente trabajo es la línea gris. Notamos que ambas son muy parecidas.

De hecho, la correlación entre ambas series para los años de 1610 a 2005 es de  $r = 0.95$ , lo cual nos indica que el método reprodujo con éxito la serie reconstruida.

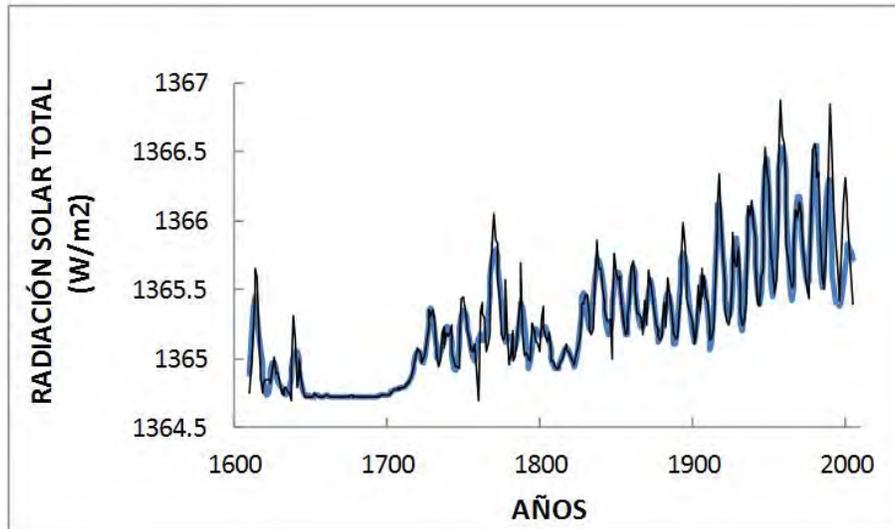
## Reconocimientos.

Este trabajo ha sido apoyado por los proyectos DGAPA-UNAM IN103209-3, IN117009-3 y CONACYT-F282795.

**Fuentes de consulta**

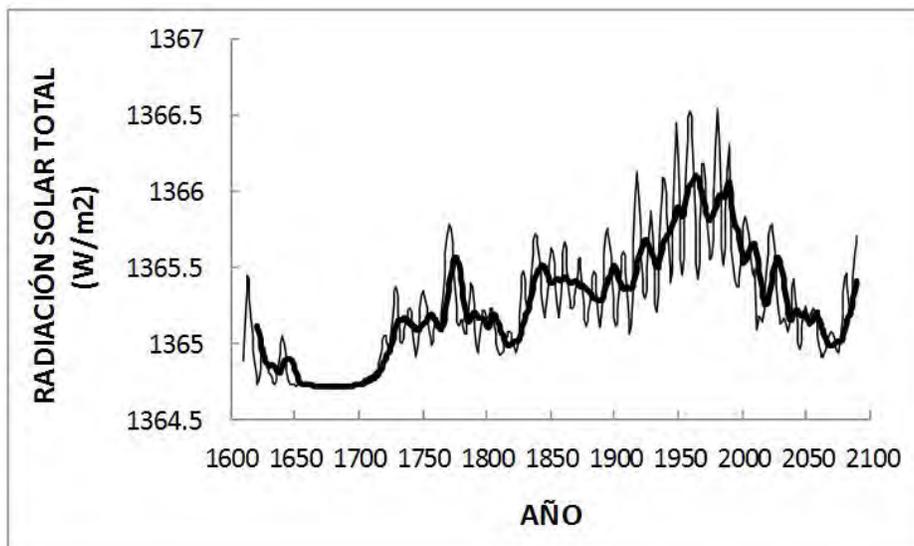
- Abreu, J.A., J. Beer, F. Steinhilber, S.M. Tobias, and N.O. Weiss. For how long will the current grand maximum of solar activity persist?, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L20109, 2008.
- Ajabshirizadeh, A., N. MasoumzadehJouzdani, and ShahramAbbassi. *Research in Astron. Astrophys.*, **11**, 491–49, 2011.
- Foukal, P., C. Fröhlich, H. Spruit, and T.M.M. Wigley. Variations in solar luminosity and their effect on the Earth's climate, *Nature*, **443**, 161-166, 2006.
- Fröhlich, C. Solar irradiance variability since 1978: revision of the PMOD composite during solar cycle 21, *Space Sci. Rev.*, **125**, 53–65, 2006.
- Fröhlich, C. Evidence of a long-term trend in total solar irradiance, *Astron. Astrophys.*, **501**, L27-L30, 2009.
- Gray, L.J., J. Beer, M. Geller, J.D. Haigh, M. Lockwood, K. Matthes, U. Cubasch, D. Fleitmann, G. Harrison, L. Hood, J. Luterbacher, G.A. Meehl, D. Shindell, B. vanGeel, and W. White. Solar influences on climate, *Rev. Geophys.*, **48**, RG4001, 2010.
- Kirk, M.S., W.D. Pesnell, C.A. Young, and S.A. Hess-Webber. Automated detection of EUV polar coronal holes during solar cycle 23, *Sol. Phys.*, **257**, 99-112, 2009.
- Krivova, N.A., L.E.A. Vieira, and S.K. Solanki. Reconstruction of solar spectral irradiance since the Maunder minimum, *J. Geophys. Res.*, **A115**, A12112, 2010.
- Levenberg, K. *Quarterly of Applied Mathematics*, **2**, 164, 1944.
- Lockwood, M., A.P. Rouillard, and I.D. Finch. The rise and fall of open solar flux during the current grand solar maximum, *Astrophys. J.*, **700**, 937-944, 2009.
- Lundstedt, H. *Planet. Space Sci.*, **40**, 457, 1992.
- Marquardt, D. W. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, **2**, 431, 1963.
- McComas, D.J., R.W. Ebert, H.A. Elliott, B.E. Goldstein, J.T. Gosling, N.A. Schwadron, and R.M. Skoug. Weaker solar wind from the polar coronal holes and the whole Sun, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L18103, 2008.
- Russell, C.T., J.G. Luhmann, and L.K. Jian. How unprecedented a solar minimum?, *Rev. Geophys.*, **48**, RG2004, 2010.
- Steinhilber, F., J. Beer, and C. Fröhlich. Total solar irradiance during the Holocene, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L19704, 2009.
- Velasco-Herrera, V.M and B. Mendoza. Estimations of the Total Solar Irradiance during the 21st century, sometido a *Geophys. Res. Lett.*, 2011.
- Weigend, A. S., B.A. Huberman, and D.E. Rumelhart. *Int. J. Neural Syst.*, **1**, 193, 1990.

Figura. 1 Radiación Solar Total. La línea negra delgada es la reconstrucción de Krivova et al. (2010). La línea gris es el resultado de nuestros cálculos.



En la Figura 2 presentamos los resultados de la estimación de la RST. La línea delgada es la RST anual, y la gruesa es un suavizamiento de 11 años que nos permite ver la tendencia. Para la serie suavizada identificamos un mínimo tipo mínimo de Dalton, el mínimo de Dalton ocurre cerca del año 1820. El mínimo futuro ocurrirá en el año 2067. La RST calculada para este mínimo futuro es de  $1364.98 \text{ W/m}^2$ . Comparando este valor con la RST en el mínimo del ciclo 23 que es de  $\sim 1365.5 \text{ W/m}^2$  para el año 2009 (ver Figura 2), encontramos un forzamiento radiativo de  $\sim -0.09 \text{ W/m}^2$ .

Figura 2. La línea negra delgada es nuestra estimación de la Radiación Solar Total. La línea negra gruesa es un suavizamiento de 11 años.





## Estudio del ácido metanosulfúrico y su relación con las variaciones climáticas terrestres.

Jaime Osorio Rosales<sup>1</sup> y Blanca Mendoza Ortega<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica UNAM

### Introducción

Con el fin de poder estudiar el comportamiento de mediciones de largo periodo y su interacción con el clima terrestre, se proponen algunos índices que pueden ser usados para representar diferentes aspectos de la actividad solar.

De acuerdo a varios autores, la mayor fuente de núcleos de condensación nubosa (CCN) sobre los océanos es el Dimetilsulfuro (DMS) (*Andreae et al., 1997, Vallina et al., 2007*).

El Dimetilsulfuropropionato (DMSP) en el fitoplancton marino, está relacionado con la columna de agua oceánica donde se transforma en DMS. El DMS se difunde por la superficie marina a la atmósfera donde se oxida y forma SO<sub>2</sub>. Este compuesto oxidado forma H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que a su vez forma partículas sulfatadas que actúan como CCN. Las concentraciones de DMS están controladas por la biomasa del fitoplancton y por una red ecológica a través de diferentes procesos biogeoquímicos. La radiación solar es el mecanismo primario y es responsable del crecimiento de las comunidades de fitoplancton en el océano (*Simó, 2001*). La propuesta de que la TSI a través de su efecto sobre el DMS, posiblemente cambia la cantidad de balance de radiación de la Tierra, es la motivación para el presente estudio.

### Datos

Para evaluar las relaciones a largo plazo entre la actividad solar y los indicadores del clima global, es necesario el uso de las reconstrucciones de los fenómenos solares y climáticos. La base de datos mundial más grande de mediciones de DMS en la superficie del mar que ha sido reunida (*Global Surface Seawater Dimethylsulfide* <http://saga.pmel.noaa.gov/dms>), comprende casi 37 años de datos desde 1972 a 2009.

Sin embargo, existen importantes huecos en tiempo (varios de ellos hasta de 12 meses) y en espacio; las mediciones llevadas a cabo por barcos oceánicos sólo cubren determinadas regiones y por lo tanto las series de tiempo continuas de periodos largos del DMS no existen. No obstante, se tienen series de tiempo continuas en periodos largos de un indicador del DMS.

El Dimetilsulfuro se difunde a través de la superficie oceánica a la atmósfera donde se oxida formando SO<sub>2</sub>, pero también produce Ácido Metanosulfúrico (MSA) en escalas de tiempo de unas pocas horas a unos pocos días. Además, la fuente exclusiva del MSA es el DMS (*Currant et al., 2003*).

El MSA es por tanto, también un producto de actividad biológica en el océano, y un indicador del DMS. Debido a que el DMS tiene una alta concentración en latitudes altas, para poder cuantificar las concentraciones del MSA, se extraen columnas de hielo donde se miden estas concentraciones.

Se utilizaron concentraciones anuales de MSA en núcleos de hielo, obtenidas del proyecto GISP2-D (*Greenland Ice Sheet Project Two* <http://www.gisp2.sr.unh.edu>), el cual está localizado geográficamente en la parte central de Groenlandia en 72°60'N, 38°50'W (*Mayewski et al., 1994*). Los datos se obtuvieron de 1425 a 1984 (<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/greenland/summit/gisp2/chem/msacored.txt>).

Las concentraciones de MSA fueron determinadas por cromatografía iónica de supresión química, y la precisión del método es de ±5% en 1 ppb. (*Saltzman et al., 1997, Jaffrezo et al., 1994, Whung et al., 1994, Alley et al., 1990*). El mapa de localización del proyecto se puede observar en la figura 1

Otras tres series de datos fueron utilizadas en el trabajo para un análisis comparativo, Berilio-10 (NOAA Satellite and Information Service for Paleoclimatology <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/metadata/noaa-icecore-2411.html>), Flujo de radio de 10.7cm (National Geophysical Data Center <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsolarradio.html#noonflux>), e Irradiancia Solar Total (NOAA Data Center Paleoclimatology. [http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/climate\\_forscing/solar\\_variability/lean2000\\_irradiance.txt](http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/climate_forscing/solar_variability/lean2000_irradiance.txt)).

**Método**

La transformada de ondeleta es una herramienta matemática que permite el análisis de series temporales no estacionarias. Proporciona simultáneamente información temporal y espectral de las mismas. Por ello es más útil que la transformada de Fourier, la herramienta clásica para el análisis de series temporales, que proporciona únicamente información espectral de la totalidad de la serie analizada, que además debe ser estacionaria. Una ondeleta es una función obtenida a partir de una función generatriz, la ondeleta madre  $\Psi_0(t)$ , mediante una traslación y un escalado, de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\Psi_{St_0}(t) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \Psi_0\left(\frac{t-t_0}{s}\right)$$

Donde S es la escala y  $t_0$  el punto central. En el presente trabajo, se utiliza la ondeleta de Morlet, una onda plana por una gaussiana, que puede expresarse como:

$$\Psi_0(t) = \pi^{-1/4} e^{-t^2/2} e^{it\omega_0} = \frac{t^2}{e^2 e^{it\omega_0}}$$

Donde  $\omega_0$  es una magnitud adimensional, esta función es especialmente adecuada para analizar fenómenos oscilatorios, y al tratarse de una función compleja, la transformada consta de un módulo y una fase. Las curvas parabólicas de las gráficas de los espectros de ondeleta indican la influencia de efectos de frontera, y son llamadas conos de influencia (COI). Los tonos en color indican la potencia espectral, que va de tonos azules o de poca potencia, hasta tonos rojos o de potencia fuerte. Si dicha potencia está dentro de un contorno cerrado, hay un 95% de confianza estadística.

En el espectro global, la incertidumbre de los picos mostrados en los paneles para la densidad de la potencia global, se obtiene del ancho máximo a la altura media de los picos, las curvas punteadas en

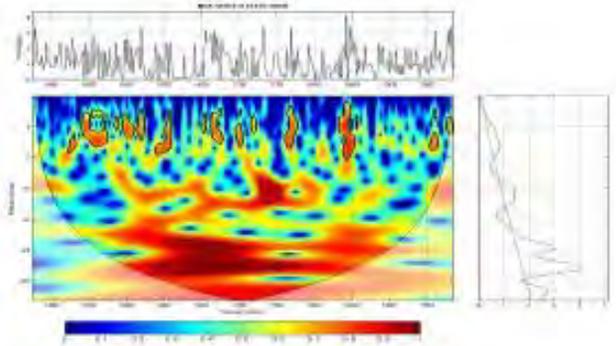
el panel para la densidad de potencia global indican un 95% de nivel de confianza considerando un modelo de ruido rojo del parámetro  $\log \alpha = 0.72$  (Torrence et al. 1998).

La coherencia en el caso de Fourier es utilizada para identificar bandas de frecuencia donde se relacionan dos series de tiempo (Torrence et al. 1999). La coherencia mide la correlación cruzada entre las dos series de tiempo y una función de frecuencia.

Figura 1 Mapa de localización geográfica del proyecto GISP2-D.



Figura.2 Espectro Global de ondeletas del MSA GISP2-D.



La ondeleta de coherencia para dos series de tiempo está definida como (Grinsted et al. 2004):

$$R_n^2(S) = \frac{|(S^{-1}W_n^{XY}(S))|^2}{(S^{-1}|W_n^X(S)|^2)(S^{-1}|W_n^Y(S)|^2)}$$

El factor  $S^{-1}$  es usado para convertir a una densidad de energía.

**Resultados y Discusión**

Se aplicó a la serie de MSA el método de ondeletas y se obtuvieron las principales periodicidades como se observa en la figura 2. También se realizó el análisis para las demás series de tiempo, TSI, flujo de 10.7cm y berilio-10 las cuales se observan en la figura 3 respectivamente. Posteriormente se calcularon las coherencias entre las series como se observa en la figura 4

Figura 3 Espectros Globales de ondeleta de TSI, Flujo de 10.7cm. y de Berilio-10

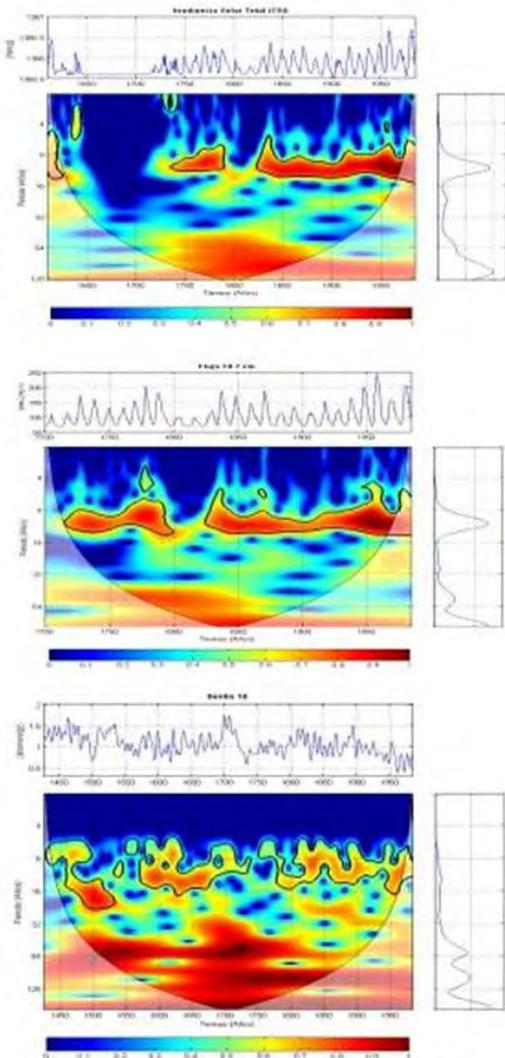
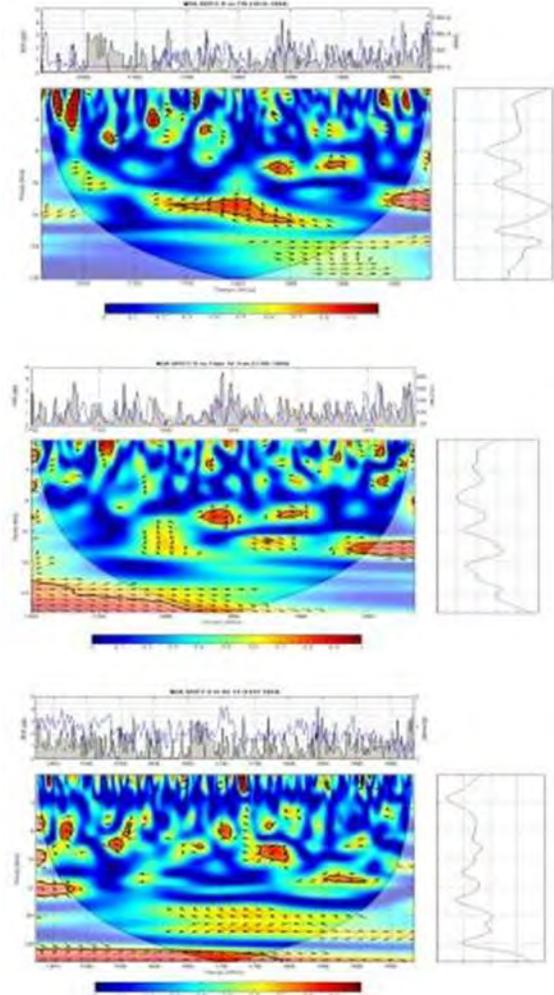


Figura 4 Espectros de Coherencia de ondeleta de TSI, Flujo de 10.7cm. y de Berilio-10.



**Conclusiones**

La serie de MSA (1425-1984) presenta diferentes periodicidades como se observa en la tabla 1. Todas las periodicidades del MSA considerando las incertidumbres coinciden con periodos de actividad solar. Las periodicidades menores a 7 presentan fases cambiantes. Las periodicidades en los espectros de coherencia igualmente coinciden con los ciclos de actividad solar y se observan periodicidades de ~12 años, está en fase para TSI y en antifase para Be-10. Este resultado es de esperarse dada la anticorrelación entre TSI y RC dentro del ciclo de 11 años. Las periodicidades del flujo de 10.7cm son muy parecidas en fase y tiempo a las de TSI. Las principales frecuencias en las series de tiempo del MSA coinciden con los

periodos de actividad solar relacionando a las manchas solares y el ciclo magnético solar.

El MSA del proyecto GISP2-D presenta la coherencia más fuerte con la TSI en aproximadamente ~22 años en fase y para el Berilio-10 en ~12 años en antifase.

En escalas de tiempo del ciclo de manchas solares, el MSA y la TSI podrían favorecer en una retroalimentación positiva del clima (*Osorio et al., 2008*). La irradiancia podría influenciar el clima terrestre a través de la producción del DMS reflejado en la abundancia de MSA. Un posible mecanismo entre la biota y la actividad solar podría presentarse.

Whung, P. Y., E. S. Saltzman, M. J. Spencer, P. A. Mayewski, and N. S. Gundestrup. 99:1147-1156, 1994.

Vallina, S. M., Simó, R., Gasso, S., C. de Boyer-Montégut, del Río, E., Jurado, Dachs, J., G. B. C., Vol. 21, 2007.

### Fuentes de Consulta

Alley, R.B., E. S. Saltzman, K.M. Cuffey, and J. J. Fitzpatrick. 17:2393-2396, 1990.

Andreae, M.O., Crutzen, P. J., Science, Vol. 276. no. 5315, pp. 1052-1058, 1997.

Curran, M. A., Van Ommen, T.D. Morgan, V. I. Phillips, K. L. Palmer, A. S., Science, 302, 1203-1206, 2003.

Grinsted, A., Moore, J., Jevrejera, S., Nonlinear Processes in Geophysics 11, 561-566, 2004.

Jaffrezo, J. L., C. I. Davidson, M. R. Legrand, and J. E. Dibb. 99:1241-1253, 1994.

Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Science, Vol. 263, pp. 1747-1751, 1994.

Osorio, J., Mendoza, B., XXX ICRC, SH 3.2, vol. 1, pp. 501-504, 2008.

Saltzman, E. S., P.-Y. Whung, and P. A. Mayewski. 102:26649-26657, 1997.

Simó, R., Trends in Ecology and Evolution 16, 287-294, 2001.

Torrence, C., Compo, G., Bull. Amer. Meteor. Soc. 79; 61-78, 1998.

Torrence, C., Gilbert, P., University of Colorado, Boulder, Program in Atmospheric and Oceanic Sciences, 1999.



## Modelación hidrológica y disponibilidad de agua ante el cambio climático en la zona costera de Tamaulipas

G. Sánchez Torres Esqueda<sup>1</sup>, G. Arcos Espinosa<sup>1</sup> y R. Barragán Regalado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”  
Universidad Autónoma de Tamaulipas,  
Centro Universitario Tampico-Madero  
Tampico, Tamaulipas

### Introducción

El IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) publicó recientemente un documento, editado por Bates et al. (2008), sobre el tema del cambio climático y agua en donde se puede constatar lo que muchos investigadores a nivel mundial ya habían concluido anteriormente, sobre el impacto que el cambio climático va a tener sobre los recursos hídricos del planeta.

Entre las conclusiones más importantes de Bates et al. (2008) sobresale el hecho de que el calentamiento global observado en las últimas décadas está ligado a cambios a gran escala en el ciclo hidrológico en aspectos relacionados con el contenido de vapor en la atmósfera, cambios en los patrones de precipitación, intensidad de lluvia y tormentas extraordinarias, reducción de las capas de nieve, derretimiento de glaciares y cambios en la humedad del suelo y en los procesos de escurrimiento.

Bates et al. (2008) concluyen que durante el siglo XX se observó que la precipitación aumentó en regiones ubicadas en latitudes altas en el hemisferio norte y que la precipitación disminuyó en regiones ubicadas entre los paralelos 30°N y 10°S. Por otra parte, las proyecciones de precipitación para el siglo XXI por los modelos de cambio climático son consistentes con el aumento de precipitación en las zonas de alta latitud norte y la disminución de precipitación en las zonas tropicales y subtropicales del planeta. México está ubicado precisamente en la región tropical y subtropical del hemisferio norte, en donde se espera que las precipitaciones disminuyan durante el siglo XXI.

En ese mismo documento se menciona que para mediados del siglo XXI los modelos de cambio climático proyectan que el escurrimiento medio anual y la disponibilidad de agua aumentarán, como resultado del cambio climático, en esas mismas latitudes altas del hemisferio norte y en algunas regiones tropicales húmedas, pero a la vez, esos mismos parámetros disminuirán en regiones secas ubicadas en latitudes medias y en zonas tropicales secas. De nueva cuenta, buena parte del territorio de México queda comprendido en esas regiones secas, en donde se espera una disminución del escurrimiento medio anual y de la disponibilidad de agua.

Además, el hecho de que la intensidad y variabilidad de la precipitación aumenten en algunas regiones del planeta, tendrá por resultado un mayor riesgo de inundaciones en algunos casos, y en otros, un mayor riesgo de sequías, especialmente en las zonas subtropicales. Eventos extremos de precipitación y sequía se espera se presenten con una mayor frecuencia.

Por otra parte, coincidiendo con lo expuesto anteriormente, Trenberth et al. (2003) argumentan que el calentamiento global podría incrementar la intensidad de las precipitaciones y reducir su frecuencia, y que los efectos sobre los recursos hídricos podrían ser suficientes como para iniciar conflictos entre diferentes usuarios, regiones y países, y que los cambios en los procesos de escurrimiento superficial dependerán de los cambios de temperatura y precipitación, entre otras variables. Según Arnell et al. (2001) y Gay (2000), utilizando algunos modelos climáticos para simular el clima futuro bajo diferentes escenarios de emisiones, se encontró que todas las simulaciones indican un

Sección I: Escenarios y modelación

aumento en el promedio global de precipitación, pero al mismo tiempo identifican áreas con grandes disminuciones en el escurrimiento superficial, de donde se concluye que el aumento de la precipitación claramente no se traduce en aumentos regionales en la disponibilidad de agua superficial y subterránea, lo cual se ha observado en diferentes cuencas en México como: la cuenca del sistema fluvial Lerma-Chapala-Santiago, las cuencas del Río Pánuco y Río Balsas (Gay, 2000; Mendoza et al., 1997); y en otras cuencas en diferentes partes del mundo como: Amazonas, Mississippi, Congo, Ganges, Yenissey, Ob, Amur, (Axel et al., 2000), y Sinú-Caribe en Colombia (Ospina, 2009; y Ospina et al., 2009).

El área de estudio de este proyecto se ubica precisamente en esa región del planeta en donde se espera una disminución en la precipitación, y con ello también una disminución en la disponibilidad de agua. Por lo tanto, uno de los objetivos de este proyecto es el modelar las condiciones hidrológicas esperadas, especialmente en relación con la precipitación y escurrimiento superficial, para después determinar la disponibilidad de agua en la zona costera de Tamaulipas.

El área de estudio está ubicada dentro de las regiones hidrológicas RH 24: Río Bravo-Conchos, RH 25: Río San Fernando-Soto La Marina, y RH 26: Río Pánuco, y comprende las siguientes cuencas y subcuencas costeras:

- RH 24: Río Bravo-Conchos
  - Subcuenca Río Bravo-Reynosa
  - Subcuenca Río Bravo-Matamoros
- RH 25: Río San Fernando-Soto La Marina
  - Subcuenca Laguna Madre y Arroyo La Misión
  - Subcuenca Río Soto La Marina y Río Palmas
  - Subcuenca Laguna Los Morales-Laguna San Andrés: Laguna Los Morales, Arroyo Calabozo, Río Carrizal, Río Tigre, Río Barberena
- RH-26: Río Pánuco
  - Cuenca del Río Guayalejo-Tamesí: subcuenca del Río Tamesí

Ahora bien, dentro de esta área de estudio se identificaron 177 estaciones climatológicas en donde se van a analizar los registros históricos de precipitaciones y temperaturas para llevar a cabo el proceso de modelación hidrológica. En la Figura No. 1 se muestra el área de estudio y en la Figura No. 2 la ubicación de las estaciones climatológicas que se van a analizar.

Figura 1. Ubicación del área de estudio en la zona costera de Tamaulipas.



**Modelación hidrológica de la zona costera de Tamaulipas**

La modelación hidrológica del área de estudio comprenderá las siguientes etapas: análisis estadístico de precipitaciones, análisis de frecuencias de precipitaciones, cálculo de parámetros hidrológicos (áreas de cuencas, números de escurrimiento o coeficientes de escurrimiento, longitudes y pendientes de cauces principales), y cálculo de hidrogramas de escurrimiento asociados a diferentes períodos de retorno.

Para el análisis estadístico de precipitaciones se tiene contemplado aplicar los criterios convencionales para generar, hasta donde sea posible, series de tiempo completas para la mayoría de las estaciones climatológicas, para los períodos 1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010. En esta etapa del estudio se estimarán las precipitaciones mensuales, precipitaciones medias mensuales, precipitaciones medias anuales, precipitaciones máximas anuales para tormentas de 24 horas. En los casos en que sea necesario generar datos faltantes, para uniformizar la longitud de los

Sección I: Escenarios y modelación

períodos de registros, se aplicarán métodos comúnmente usados en este tipo de estudios hidrológicos.

Figura 2. Ubicación de las estaciones climatológicas en el área de estudio de la zona costera de Tamaulipas



Para el análisis de frecuencias de precipitaciones se aplicarán los diferentes criterios descritos por Haan (1982), Chow et al. (1988), Linsley et al. (1988), McCuen (1989), Ponce (1989), Wanielista et al. (1997), McCuen (2003), Campos (2007), Campos (2010) y Montgomery y Runger (2010). Aquí el objetivo será determinar los tipos de distribuciones de probabilidad que mejor se ajustan a los registros históricos de precipitaciones en las estaciones climatológicas representativas en cada cuenca o subcuenca comprendida dentro del área de estudio, para después hacer la extrapolación que permita obtener las precipitaciones asociadas a diferentes períodos de retorno en esas estaciones climatológicas.

Una vez obtenidas las precipitaciones asociadas a diferentes períodos de retorno, se procederá a calcular los diferentes parámetros hidrológicos de las cuencas comprendidas en el área de estudio, tales como: el área de la cuenca, números de escurrimiento, longitudes y pendientes de los cauces principales. Para el cálculo del número de escurrimiento, *CN*, se aplicará el Método del Soil

Conservation Service descrito por Hawkins et al. (2009). Con toda esta información se podrán entonces calcular los hidrogramas unitarios y los hidrogramas de escurrimiento asociados a las diferentes precipitaciones estimadas anteriormente. Tanto en el análisis de frecuencias, como en el cálculo de los hidrogramas de escurrimiento, se utilizarán algunos paquetes de software como el programa Ax desarrollado en el Centro Nacional de Prevención de desastres (CENAPRED), el programa Smada 6.0 desarrollado por R.D. Eaglin y documentado por Wanielista et al. (1997), el programa WinTR-55 desarrollado en el U.S. Department of Agriculture y los programas HEC-SSP y HEC-HMS desarrollados en el Hydrologic Engineering Center del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de EE.UU.

Además, todo este proceso de modelación hidrológica se hará considerando las proyecciones en los cambios de precipitación que se obtengan de la modelación de los diferentes escenarios de cambio climático. De esta manera se podrán estimar los hidrogramas de escurrimiento para los años 2010, 2020, 2030, 2040, 2050 y 2060, que permitirán estudiar el impacto que el cambio climático pueda tener en el desarrollo del proceso lluvia-escurrimiento y con ello en la disponibilidad de agua en el área de estudio.

**Modelación de la disponibilidad de agua en la zona costera de Tamaulipas**

Con base en los resultados obtenidos en el proceso de modelación hidrológica, se procederá a desarrollar el proceso de modelación de la disponibilidad de agua en la zona costera de Tamaulipas, con base en la metodología descrita por Sánchez-Torres et al. (2011), adaptada ahora a las diferentes cuencas que comprenden el área de estudio de la zona costera de Tamaulipas. Para el desarrollo de este proceso de modelación se aplicará el programa Water Evaluation and Planning (WEAP) System desarrollado en el Stockholm Environment Institute, US Center, en Boston, MA.

El programa WEAP se basa en el principio básico del balance de masa, o bien del balance hidráulico, en una cuenca hidrológica. Este balance hidráulico se desarrolla tomando en cuenta todos los usuarios de agua (municipal, irrigación, industrial, etc.), la infraestructura hidráulica existente, y los volúmenes de escurrimiento mensual disponibles en una cuenca hidrológica. El programa WEAP permite llevar a cabo una gran variedad de análisis gracias a

Sección I: Escenarios y modelación

la herramienta interna del programa para la generación de escenarios. Mediante estos escenarios es posible incorporar cualquier condición del uso del agua, manejo de la infraestructura hidráulica (presente y futura), y en este caso particular, cualquier escenario de disponibilidad de agua impactado por el cambio climático. El programa WEAP permite además analizar el proceso lluvia-escurrimiento y las interacciones entre agua superficial y agua subterránea, la operación de sistemas de presas, la generación de energía hidroeléctrica, la estimación de gastos ecológicos, el análisis de procesos conservativos y no conservativos en la calidad del agua, los análisis económicos para establecer relaciones de beneficio-coste, y análisis de vulnerabilidad de los sistemas de derechos de agua e infraestructura hidráulica.

El programa WEAP requiere como datos de entrada archivos en formato "shape" para tener la configuración geográfica del área de estudio, los diferentes centros de demanda de agua (ciudades, distritos o zonas de riego, parques industriales, y otros tipos de usuarios de agua), la infraestructura hidráulica existente (presas, presas derivadoras, canales, obras de toma, plantas de tratamiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas residuales, etc.), y los volúmenes de escurrimiento mensuales en los diferentes ríos que conformen el sistema de drenaje de una cuenca hidrológica. Toda esta información se generará para las diferentes cuencas costeras que integran el área de estudio de la zona costera de Tamaulipas, y los datos correspondientes a los escurrimientos mensuales se habrán estimado durante el desarrollo del proceso de modelación hidrológica. Los resultados que se obtengan de este proceso de modelación de disponibilidad de agua permitirán establecer qué tan vulnerables son, o serán, los sistemas actuales de derechos de agua e infraestructura hidráulica en el área de estudio de la zona costera de Tamaulipas.

**Conclusiones**

Con la aplicación de la metodología descrita anteriormente se espera obtener todo el proceso completo de modelación hidrológica y de disponibilidad de agua en la zona costera de Tamaulipas, que permita determinar la vulnerabilidad de esa área de estudio ante el cambio climático en términos de disponibilidad de agua. Los criterios, métodos y herramientas de cómputo aplicados permitirán a la vez determinar cuáles métodos y herramientas de cálculo se ajustan mejor

a las condiciones hidrológicas y de manejo de los recursos hídricos en el área de estudio. Además, todas las bases de datos generados y los diferentes modelos hidrológicos y de disponibilidad de agua servirán como una herramienta importante para la toma de decisiones en lo relativo a la aplicación de políticas públicas tendientes al manejo sustentable de los recursos hídricos ante el impacto del cambio climático.

Los resultados que se obtengan serán también incorporados a un sistema de información geográfica, de tal manera que los resultados de todo este proceso de modelación se puedan analizar y estudiar desde un punto de vista geográfico que permita entender e interpretar esos resultados de una manera más sencilla. Esto es con el objetivo de que los resultados de todo este proceso de modelación sean utilizados por autoridades y usuarios del agua para establecer políticas públicas dirigidas a lograr un uso sustentable de los recursos hídricos en el área de estudio.

Además, el desarrollo de todo este proceso de modelación y su posterior aplicación para la toma de decisiones en materia de manejo de los recursos hídricos ante el cambio climático, permitirá formar y capacitar recursos humanos en estos temas de modelación hidrológica, modelación de disponibilidad de agua, modelación del cambio climático, análisis de vulnerabilidad, y manejo sustentable de recursos hídricos, que podrán contribuir al desarrollo sustentable de la zona costera de Tamaulipas, y además, toda esta experiencia podrá también ser aplicada en el desarrollo del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) del Estado de Tamaulipas.

Finalmente, todo este proceso de modelación y los resultados que de él se obtengan deberán servir de base para establecer un programa permanente de estudio, investigación y planeación del uso sustentable de los recursos naturales en la zona costera de Tamaulipas que tome en cuenta el impacto que el cambio climático va a tener en esta región del país. Todo este esfuerzo será fundamental para la conservación de los recursos naturales y ecosistemas en la zona costera de Tamaulipas, y con ello para el bienestar y mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades que habitan en esa región de Tamaulipas.

Sección I: Escenarios y modelación

Fuentes de consulta

- Arnell N., R. Compagnucci, L. da Cunha, K. Hanaki, C. Howe, G. Mailu, I. Shiklomanov, E. McCuen, R.H. (2003). *Modeling Hydrologic Change. Statistical Methods.* CRC Taylor & Francis. Boca Raton, FL.
- 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.
- Axel K., K. Fraedrich, M. Heimann (2000). "A Green Planet Versus A Desert World: Estimating The Maximum Effect of Vegetation on the Land Surface Climate." In *Climatic Change* 44: 471–493.
- 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.
- Campos Aranda, D.F. (2007). *Estimación y Aprovechamiento del Escurrimiento.* San Luis Potosí, SLP.
- Campos Aranda, D.F. (2010). *Introducción a la Hidrología Urbana.* San Luis Potosí, SLP.
- Chow, V.T., D.R. Maidment, L.W. Mays (1988). *Applied Hydrology.* McGraw-Hill Publishing Company. New York, NY.
- 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.
- Haan, C.T. (1982). *Statistical Methods in Hydrology.* The Iowa State University Press. Ames, Iowa.
- Hawkins, R.H., T.J. Ward, D.E. Woodward, J.A. Van Mullem (2009). *Curve Number Hydrology. State of the Practice.* American Society of Civil Engineers. Reston, VA.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler, J.L.H. Paulhus (1988). *Hydrology for engineers.* SI Metric Edition. McGraw-Hill Book Company. London, UK.
- McCuen, R.H. (1989). *Hydrologic Analysis and Design.* Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- Mendoza, V., Villanueva E., Adem, J. (1997). "Vulnerability of basins and watersheds in Mexico to global climate change". In *Climate Research*, Vol. 9: 139-145.
- Montgomery, D.C., G.C. Runger (2010). *Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería.* 2ª Edición. Limusa Wiley. México, D.F.
- Ospina J.E. 2009. *Efectos del Cambio Climático en la Generación Hidroeléctrica con Énfasis en Proyecciones de Generación-Transmisión Eléctrica en Colombia.* Ph. D. Tesis Doctorado en Física de la Atmósfera. Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 206 pp.
- Ospina-Noreña J.E., C. Gay-García, A.C. Conde, V.O. Magaña, G. Sánchez Torres Esqueda (2009). "Vulnerability of water resources in the face of potential climate change: generation of hydroelectric power in Colombia." *Revista Atmósfera* 22(3), 229-252, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México, D.F.
- Ponce, V.M. (1989). *Engineering Hydrology. Principles and Practices.* Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- Sánchez Torres Esqueda, G., J.E. Ospina Noreña, C. Gay García, C. Conde (2011). "Vulnerability of water resources to climate change scenarios. Impacts on the irrigation districts in the Guayalejo-Tamesí river basin, Tamaulipas, Mexico." *Revista Atmósfera* 24(1), 141-155, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México, D.F.
- Trenberth, K.E., A. Dai, R.M. Rasmussen, and D.B. Parsons (2003). "The changing character of precipitation." *Bulletin. American Meteorological Society*, 84(9):1205-1217.
- Wanielista, M., R. Kersten, R. Eaglin (1997). *Hydrology. Water Quantity and Quality Control.* John Wiley & Sons, Inc. New York, NY.



## Modelo difuso para la evaluación de la aptitud actual y potencial del maíz de temporal en México con cambio climático

Anais Vermonden Thibodeau<sup>1</sup>, Carlos Gay García<sup>1 y 2</sup>,  
Cecilia Conde Álvarez<sup>1</sup> y Alejandro Monterroso Rivas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

<sup>2</sup> Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM

<sup>3</sup> Universidad Autónoma Chapingo

### Introducción

El maíz es el cereal básico de la dieta mexicana además de ser su lugar de origen del cultivo. El ciclo de este cultivo define las labores, rituales y celebraciones de la mayoría de las comunidades, y es un elemento importante de la historia e identidad del país.

La producción de maíz en México representa más de dos tercios del valor neto de la producción agrícola, ocupa la mitad del total de la superficie destinada a todos los cultivos, y 18 millones de personas trabajan en este cultivo (Nadal et al. 2004). Por lo anterior, una evaluación del maíz de temporal se vuelve una cuestión de suma importancia para el país, así como el cambio de esta evaluación con los distintos escenarios de cambio climático.

El objetivo de este trabajo es generar un modelo difuso para la evaluación de la aptitud del maíz de temporal en México, con base en los trabajos ya realizados anteriormente en las Comunicaciones Nacionales de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Primera, Tercera y Cuarta). En el trabajo presentado en la primera comunicación está basando en el capítulo IV del trabajo "México: Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México" (Conde et al. 2000). En la Tercera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Monterroso et al. 2006) y en el trabajo presentado en el volumen 24, número 1 de la revista atmósfera (Monterroso et al. 2009) también trabajo realizado para la cuarta comunicación.

La *aptitud* de un cultivo se define por los requerimientos necesarios para su crecimiento, las características del suelo, las condiciones climáticas, así como la compensación por medio de distintos suplementos como pueden ser el riego, fertilizantes, pesticidas, sombra, etc. A la vez la aptitud puede ser clasificada tanto de manera cualitativa como cuantitativa.

Las variables para evaluar la aptitud del maíz de temporal serán la temperatura media anual, la precipitación anual, la profundidad de suelo y la pendiente.

Estas variables fueron clasificadas por medio del factor limitante en el artículo "Assessing actual and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in Mexico" (Monterroso Rivas et al. 2009).

El factor limitante es la componente del medio que cuando se encuentra en baja o alta cantidad impide un aumento en la densidad o la existencia de un determinado organismo.

Para la construcción del modelo de evaluación de la aptitud del maíz de temporal se basará en el conocimiento de expertos para generar las reglas de comportamiento entre las variables y tomando en cuenta el factor limitante.

Esta metodología de lógica difusa se implementó en la evaluación de marginalidad del uso de tierra para la agricultura de manera global (Cassel-Gintz et al. 1997) sí como regional en Benin (Röhrig 2008), y de manera específica para distintos cultivos con base en el conocimiento de los agricultores locales (Sicat et al. 2005) y de multicriterio (Prakash 2003) en distintos distritos de la India.

Sección I: Escenarios y modelación

La lógica difusa permite modelar conceptos vagos con uso de los conjuntos difusos (Zadeh 1965). Estos conjuntos difusos pueden después relacionarse entre ellos por medio de reglas. En este caso las reglas son formuladas por los expertos. Este tipo de modelos permite que simular el razonamiento de un experto en una área específica, poniendo a disposición de los interesados la experiencia, y el conocimiento de los expertos, y así brindarles una capacidad para resolver el problema (Klir et al. 1995).

**Metodología**  
**Lógica Difusa**

La lógica difusa a diferencia de la clásica tiene fronteras imprecisas. Donde la membresía a conjunto difuso no está definido por una afirmación o negación, pero sí por un grado.

Esto permite que se introduzca un nivel de incertidumbre, lo cual no es posible en la teoría de probabilidad la cual está basada en la lógica Aristotélica que solo permite dos valores, verdadero o falso.

En la lógica difusa se permite que se tenga un grado parcial de verdad, por lo general este grado parcial esta entre 0 y 1, entre más próximo este a 1 más certeza se tiene que pertenece al conjunto. El conjunto es una colección de objetos considerada como un conjunto en sí. Los objetos pueden ser cualquier cosa: personas, números, colores, letras, etc.

Si tomamos la definición del conjunto en la lógica clásica, solo va a contener enteramente o excluir enteramente un elemento dado. Tomando como ejemplo el conjunto de temperatura en el universo tendríamos:

Si ahora consideramos un conjunto pero para las temperaturas aptas como se definieron en la tabla 6.1 (ver anexo).

Los valores del intervalo están definidos entre 22 a 26°C. La razón por la cual el valor de 26°C está en la frontera se debe a que pertenece tanto al intervalo apto como al moderadamente apto, según esta tabla. El valor de 26°C forma parte de ambos conjuntos, por ello si pertenece y al mismo tiempo está excluido. Por ende esta a la mitad. Los conjuntos clásicos no aceptarían esta clasificación pero con la lógica difusa se permite al tener un grado de verdad. Con este ejemplo se muestra la enunciación base para la lógica difusa:

Figura 2.1.1 Conjunto de temperaturas

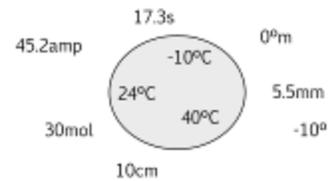
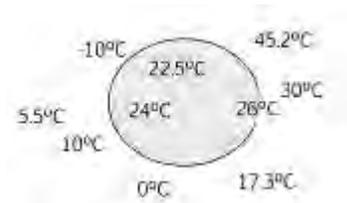


Figura 2.2.2 Conjunto difuso del intervalo de temperaturas aptas



En lógica difusa, la verdad de cualquier declaración tiene un grado de certeza.

Si a la verdad le damos el valor de 1 y falso 0, entonces en lógica difusa permitimos los valor entre estos como el 0.5 o 0.7432. Por lo que nos permitimos integrar parte del valor de 26°C en nuestro conjunto difuso.

Ahora si le diéramos grados de certeza a las distintas temperaturas para definir aquellas que pertenecen al conjunto de temperaturas aptas, y tomáramos en consideración la proporción de fotosíntesis contra la temperatura, el comportamiento de la curva sería gaussiano, con su óptimo en 24°C para el maíz, obtendríamos:

Estos valores pueden convertirse en una función de membresía gráfica, en este caso esta personalizada a los valores propuestos por el ejemplo.

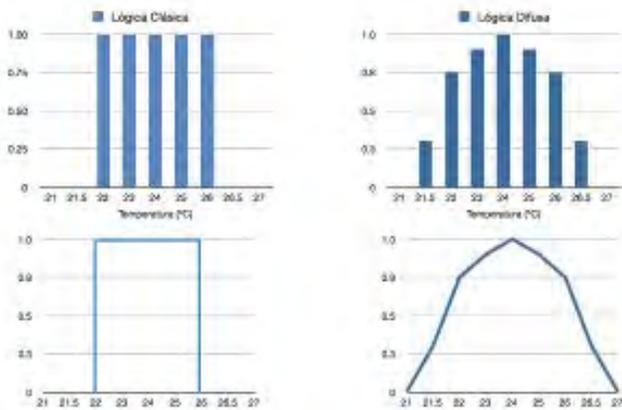
En la gráfica de 2.1.3.a la derecha se indica que el intervalo de aptitud es más abierto al tener un cambio gradual con la temperatura hasta llegar al valor óptimo que 24°C. En cambio en la gráfica de abajo a la izquierda el intervalo es cerrado ya que tanto el valor de 22 y 26°C puede ser 1 o 0.

Sección I: Escenarios y modelación

Tabla 2.1.1 Comparación de entre la lógica clásica y la difusa acerca del intervalo de temperaturas aptas. (MATLAB 2009)

Temperatura (°C)	Lógica Clásica	Lógica Difusa
21	0	0
21.5	0	0.3
22	1	0.8
23	1	0.9
24	1	1
25	1	0.9
26	1	0.8
26.5	0	0.3
27	0	0

Figura 2.1.3 Comparación gráfica entre la lógica clásica y la difusa comparando la evaluación del intervalo de temperaturas aptas.



Esto es lo que se conoce como la función característica y su forma depende del criterio aplicado en la resolución de cada problema, esta debe variar entre 0 y 1 de forma continua. Las funciones que se utilizan de manera más común por su simplicidad matemática y su manejabilidad son la triangular, trapezoidal, gaussiana, sigmoideal, gamma, pi, campana, curvas polinomiales cuadráticas y cúbicas, etc. (Pérez Pueyo 2005).

Figura 2.2.4 Pasos a seguir en la programación difusa



Este es el primer paso en la programación difusa, la entrada de datos y la fuzzificación de los datos. Al crear la función de membresía para las temperaturas del intervalo apto, se le asignarán los valores correspondientes a las entradas del programa. Después que se tengan los datos fuzzificados, los conjuntos difusos estarán relacionados entre si por medio de reglas heurísticas, las cuales serán valuadas y se obtendrá una salida que a su vez se desfuzzificará para obtener una valoración.

Hay dos tipos de sistemas difusos con base en la opinión de expertos: Control difuso y razonamiento difuso. Aunque en ambos se usen los conjuntos difusos, son muy diferentes en sus metodologías cualitativas.

**Modelo Difuso para evaluar la aptitud del Maíz de temporal**

En este sistema en base al conocimiento de los expertos se cuenta con los requerimientos agroclimáticos para el maíz criollo y de temporal en México.

Se hicieron cambios a la tabla original (ver tabla 6.1), ya que en la lógica difusa nos permite que un elemento pueda pertenecer a dos conjuntos, así se eliminaron las fronteras rígidas, simulando mejor el comportamiento de la planta. Para el caso de la variable de temperatura apta se modificó el intervalo de 20-28°C, para aproximar los valores de ambas tablas lo mejor posible (Flores et al. 1999) y de (Monterroso et al. 2009).

Se tomo un traslape de 1°C más y menos, excepto para el valor mínimo pues resulta intolerante para el cultivo. De manera similar se construyeron los intervalos para la precipitación media del ciclo, creando un traslape de más y menos 50 mm en su mayoría. Para el intervalo de alta aptitud el extremo hacia menor precipitación el intervalo que le sigue solo consta de 100mm mostrando un decremento

Sección I: Escenarios y modelación

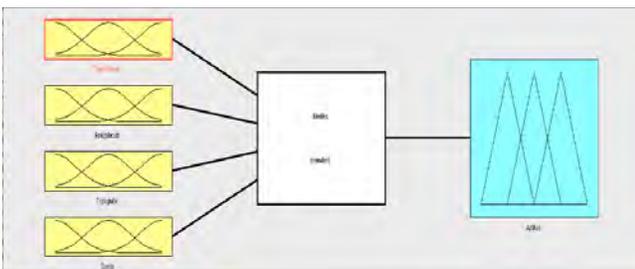
rápido hacia el empeoramiento de la aptitud con menores cantidades de lluvia, por ello el traslape es de 25 mm. También para el valor del intervalo de baja precipitación se respetó el valor de 300mm al presentarse como un caso severo para el cultivo..

Para los valores de los intervalos de la variable de la pendiente se calcularon los valores medios de los intervalos originales y se les restó y sumó 2 grados para generar los extremos de los nuevos intervalos; menos en el extremo alto del intervalo de baja se sumaron 3 grados para incrementar el traslape entre las de funciones de membresía debido a que la función de membresía de No Apto es una trapezoidal.

Debido a que la información de la variable de profundidad de suelo solo se consiguió ya clasificada en cuatro intervalos de 0 a 10 (0), de 10 a 50 (1), 50 a 100 (2) y mayores a 100 (3) centímetros de profundidad, como el intervalo de 50 a 100 cm (2), ya está clasificado en la tabla original 1.4.4 con una aptitud buena, el intervalo de alta empezará en 2.

Este modelo consta de cuatro entradas, la temperatura media, la precipitación acumulada en el año, la pendiente y la profundidad del suelo. El modelo está construido para la inferencia tipo Mamdani, y una sola salida que es la aptitud.

Figura 2.3.1 Modelo difuso para medir la aptitud del maíz temporal.



En acorde a los valores calculados de la tabla 2.3.1, se construyeron las funciones de membresía para cada una de las variables de entrada. Las funciones de membresía seleccionadas fueron las triangulares y las trapezoidales. Al no contar con las sutilezas de la semántica, el incremento y decremento son de

manera lineal de [0,1] a [1,0], pero divide el universo en partes lingüísticamente significativas para el procesos de control. El esquema del modelo se presenta en la figura 2.3.1.

Se usaron estas funciones de membresía debido a su origen de conjuntos cerrados (Shepard 2005). Las trapezoidales se usaron en los bordes, para encuadrar los valores de certeza de la intolerancia de los intervalos de no aptitud. Excepto para el caso de la profundidad de suelos por que los datos que se obtuvieron ya estaban clasificados.

Las reglas de correspondencia entre las variables dictadas por el experto con base en la teoría del factor limitante, las reglas principales fueron:

- Las cuatro variables deben de ser aptas para que el lugar sea considerado como Apto.
- Si se presenta una de las cuatro variables como No Apta, entonces el lugar será No Apto.
- Si alguna variable es de denominación menor, es decir media o baja aptitud entonces el lugar tendrá una aptitud media o baja en consecuencia.
- El lenguaje ya es difuso, y se empezaron a formar las reglas Si Entonces. Si tomamos la primera regla y la extendemos en una regla formal, tendremos:
- Si la temperatura es apta Y la precipitación es apta Y la profundidad del suelo es profundo Y la pendiente es apta ENTONCES la aptitud es Alta.

En cambio para las siguientes en vez de ser la unión Y, será la intersección O:

- Si la temperatura es demasiado baja (o demasiado alta) O si la precipitación es demasiado poca (o demasiada) O la pendiente es demasiado inclinada O la profundidad de suelo es sin suelo ENTONCES la aptitud es No Apta.

Las reglas se formularon para emular el conocimiento del experto. Es decir que si una de las variables era de menor rango la aptitud fuese definida en este rango.

Sección I: Escenarios y modelación

Tabla 2.3.1 Requerimientos agroclimáticos para el maíz criollo y de temporal en México en conjuntos difusos.

Requerimientos		TIPO DE APTITUD						
		NoApto	Baja	Media	Alta	Media	Baja	NoApto
Temperatura (°C)	Media del ciclo	<14	13-19	17-23	20-28	25-33	31-40	>39
Precipitación (mm)	Total del ciclo	<350	300-550	450-650	575-950	850-1250	1150-1650	>1550
Topografía	Pendiente (%)	<28	14-33	6-21	0-10	6-21	14-33	>28
Suelos	Profundidad (cm)	0-0.9	0.4-1.5	1.4-2.5	2-4	1.4-2.5	0.4-1.5	0-0.9

Coincidiendo con la definición del factor limitante, la cual sería una componente del medio, cuando se encuentra en baja o alta cantidad impide un determinado crecimiento del cultivo.

Los datos de entrada que se usaron fueron los mapas de temperatura media y precipitación anual promedio de 1950-2000 de 10x10 Km (Conde et al. 2008) pero interpolados a 1x1 Km (Fernandez-Eguiarte et al. 2010). También se interpolaron los escenarios de cambio climático del UKHAGEM1 (HADLEY), GDFL CM 2.0 (GDFL), y el MPI ECHAM 5 (ECHAM) para el horizonte 2050, para las cuatro familias A1, A2, B1, y B2.

La pendiente fue calculada a partir de los datos del Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) con resolución espacial de 30s, (CGIAR-CSI 2008). Se calcularon las pendientes de cada punto en cuatro direcciones, y se tomó la máxima pendiente para representar la pendiente en ese punto. Después se adecuó interpolando los datos para obtener los datos a una resolución de 1km x 1km haciendo coincidir con la misma malla que se tiene para los otros datos de climatología. La profundidad de suelo se obtuvo del mapa de suelos dominantes en la República Mexicana (INEGI 1998), también en una malla de 1km x 1km, que cubría el territorio de la República Mexicana. Esta malla cumple con los mismos valores de latitud y longitud que la malla de temperatura. Por ello cada punto de la malla tenía los cuatro valores correspondientes a cada una de las variables utilizadas en el modelo.

**Resultados**

Las zonas con mayor aptitud se notan más restringidas al incrementarse el número de variables de las cuales depende el desarrollo del cultivo del maíz de temporal.

A diferencia del modelo anterior las variables están a una resolución de 1x1km. Tamaulipas y Nuevo León siguen siendo los estados con mayor cobertura de área con aptitud alta. A lo largo de la Sierra Madre Occidental se pierde aptitud al tener pendientes no aptas para el cultivo. En la zona de la península disminuye la aptitud debido a la poca profundidad del suelo.

La clasificación del mapa permite que se observen los cambios de manera más clara, como se puede ver en la figura 3.2.2. La clasificación se hizo acorde a los valores que se presentan en los intervalos de aptitud de la salida del modelo difuso con las cuatro variables figura 2.3.6.

Los porcentajes que cubren las distintas aptitudes se ve una alza en las áreas no aptas de 37.4% a 48.9%, bajas de 39.5% a 40.3%, medias de 15.2% a 7.8% en comparación con el modelo que solo utiliza las variables climáticas (tabla 3.1.1). Las zonas no aptas cubren casi el 50% del territorio nacional, como se puede ver en la tabla 3.2.1.

**Resultados del modelo ECHAM**

Los cambios de aptitud en las distintas familias de este modelo proyectan una disminución del 20% para la aptitud alta, menos para la familia A2 que presenta la mayor disminución cerca del 40% lo cual representa considerables pérdidas de tierras aptas para la agricultura de maíz de temporal. Se ve un incremento en la superficie con aptitud media con respecto al escenario base y una ligera disminución en las zonas no aptas, los porcentajes se pueden ver en la tabla 3.2.2. Los cambios en el país se dan de manera negativa en la parte norte del país y aumentos positivos en la zona centro y sur del país.

Sección I: Escenarios y modelación

Figura 3.2.1 Mapa base de aptitud del maíz temporal con las cuatro variables temperatura, precipitación, profundidad de suelos y pendientes

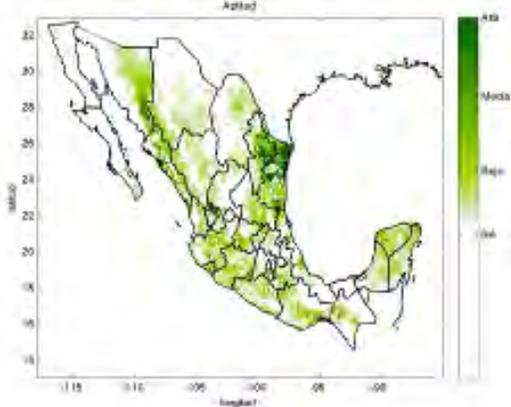


Figura 3.2.2 Mapa base de aptitud del maíz temporal con las cuatro variables temperatura, precipitación, profundidad de suelos y pendientes clasificado

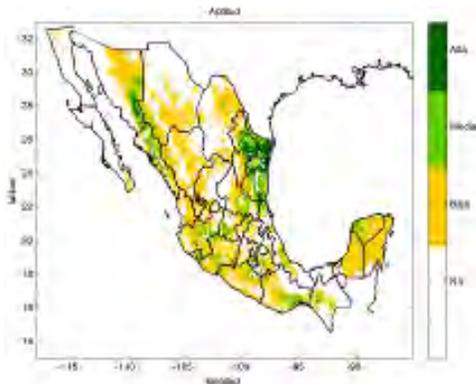


Tabla 3.2.1 Porcentaje de las áreas con distintas aptitudes del mapa base.			
Alta	Media	Baja	No Apta
2.95%	7.78%	40.34%	48.93%

Tabla 3.2.2 Porcentaje de cambio de las áreas con distintas aptitudes con respecto al mapa base para los escenarios ECHAM del 2050.				
Escenario	Alta	Media	Baja	No Apta
E50a1	-26.95%	45.94%	1.55%	-6.96%
E50a2	-42.27%	35.49%	-3.51%	-0.21%
E50b1	-20.03%	38.02%	1.53%	-6.11%
E50b2	-26.97%	37.83%	1.04%	-5.25%

**Resultados del modelo GDFL**

Para la familia generada por modelo GDFL, muestra una disminución en las zonas aptas y en las zonas no aptas. Mostrando una tendencia a la alza las zonas con aptitud media y baja, en especial las medias con un aumento mayor al 20% con respecto al escenario base, ver tabla 3.2.3. Los cambios más importantes en aptitud se dan en la parte norte del estado de Tamaulipas. Estos cambios también se dan en la parte desértica del área con aumento en la aptitud pasando de no apta a baja pero con un impacto menor.

Tabla 3.2.3 Porcentaje de cambio de las áreas con distintas aptitudes con respecto al mapa base para los escenarios GDFL del 2050.				
Escenario	Alta	Media	Baja	No Apta
G50a1	-23.31%	29.49%	22.78%	-22.07%
G50a2	-27.17%	21.11%	19.30%	-17.64%
G50b1	-24.85%	26.38%	18.97%	-18.34%
G50b2	-25.47%	25.25%	19.34%	-18.43%

**Resultados del modelo HADLEY**

Para este modelo notamos una tendencia similar a la del GDFL, donde hay una disminución de las zonas aptas y no aptas con respecto al escenario base y un aumento de las zonas con aptitud media y baja.

En las zonas medias, se tiene un aumento significativo con respecto al escenario base por encima del 20%, los resultados en el porcentaje se presentan en la tabla 3.2.4. Los cambios más significativos la parte Noreste disminuye en aptitud y la parte Noroeste aumenta.

Sección I: Escenarios y modelación

Tabla 3.2.4 Porcentaje de cambio de las áreas con distintas

H50a1	1.52%	26.91%	15.35%	-17.03%
H50a2	-18.30%	25.64%	10.60%	-11.72%
H50b1	-1.07%	21.42%	12.80%	-13.89%
H50b2	-3.96%	21.75%	12.28%	-13.35%

**Puebla**

El mismo modelo fue aplicado para el estado de Puebla. El municipio de Tehuacán localizado al suroeste del estado es considerado como la cuna del maíz. En los años setentas 45% de la superficie sembrada estaba destinada al maíz, y cinco estados concentraban el 40% de la superficie: Veracruz, Puebla, Jalisco, Oaxaca y Michoacán (Escobedo 1988).

Figura 3.2.3 Mapa base de Puebla con las cuatro variables temperatura, precipitación, profundidad de suelos y pendientes

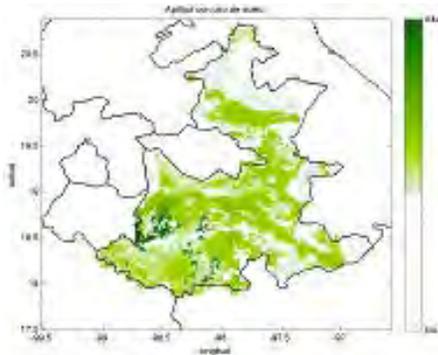


Tabla 3.4.1 Porcentaje de las áreas con distintas aptitudes del mapa base de Puebla.

Alta %	Media %	Baja %	No Apta %
3.21	3.05	55.08	27.29

Hoy en día en el estado de Puebla el maíz concentra el 62% de la superficie cultivada, 70% de la producción se desarrolla bajo temporal, y el 80% de la siembra son maíces criollos (Viveros Flores 2010). La zona con mayor aptitud se encuentra al suroeste del estado (ver figura 3.2.3) la mayoría del estado tiene una baja aptitud para este cultivo (ver tabla 3.2.5).

Los tres modelos de circulación presentan aumentos en la aptitud al mejorarse las condiciones climáticas para el cultivo del maíz de temporal. Los aumentos se dan de manera similar. Las zonas con una alta aptitud se quedan con un ligero aumento.

El mayor cambio se da en la zona con una aptitud media formando un cinturón en la parte media del estado. El modelo ECHAM fue el que presentó mayor aumento en la aptitud y el GDFL el de menor aumento.

**Conclusiones**

El modelo construido permitió realizar una evaluación de un índice de la aptitud para el maíz de temporal. La variedad de los datos de entrada en el modelo de las cuatro variables, presentaron datos de salida mucho más ricos que los trabajos anteriores. En los trabajos anteriores los datos se agruparon para facilitar el análisis de los datos, en este solo se agruparon al final para poder compararlos con los anteriores y mantener la congruencia con la metodología propuesta por la FAO. Como las funciones de membresía se traslapan simulan mejor la fenología de la planta, ya que el crecimiento cambia de manera gradual dependiendo de los valores utilizados en el trabajo. Las funciones de membresía triangulares y trapezoidales fueron escogidas por el origen cerrado de los modelos anteriores, si se hubiesen tomado formas como la gaussiana hubiera simulado mejor el comportamiento de la planta.

Los cambios graduales por el traslape en las funciones de pertenencia tanto de las variables de entrada como de salida, presentan una mayor graduación en la aptitud enriqueciendo así el estudio de la aptitud del maíz, ya que los datos en las fronteras de las funciones de membresía dependen de su grado de pertenencia, determinando así el intervalo de salida al que representan.

Esto no se da en los estudios anteriores donde estas fronteras están delimitadas de manera exacta, quitando así la posibilidad de utilizar datos en más de un intervalo; por ejemplo 26.5°C, anteriormente

Sección I: Escenarios y modelación

pertenecía al intervalo Medianamente Apto, y en cambio con las funciones de pertenencia de este modelo es parte de los dos intervalos alto y medio, y dependiendo de las otras tres variables, precipitación media, pendiente y profundidad de suelo, se determina si la aptitud es alta o media en esa parte del territorio.

Para el modelo con las cuatro variables (figura 3.2.2), en comparación con el mapa en de Monterroso et al (2009) la distribución es similar excepto en la parte sur del país. En este mapa marca una aptitud de alta a moderada, y en el mapa generado con el modelo difuso la marca de baja a media. Esto se debe a que la profundidad del suelo en esta zona es poca, por lo que el modelo va a pesarlo de manera más severa por lo que no alcanza las aptitudes marcadas en el mapa de Monterroso et al (2009), en el artículo mencionan que en efecto el suelo es poco profundo pero este está bien drenado al tener origen de rocas calizas, por lo que le asignaron una mayor aptitud. Pero esta variable de tipo de suelo no se encuentra señalada en la tabla de las variables utilizadas en la evaluación de la aptitud para el maíz de temporal. Para que los resultados coincidieran podríamos incluir una nueva variable referente al tipo de suelo para contrarrestar los suelos pocos profundos de la zona sur del país. Otra razón importante para la variación en los mapas es que uso la pendiente máxima al eliminar más áreas que en los modelos anteriores.

Tabla 4.1 Comparación de los porcentajes de cobertura de las aptitudes de los distintos trabajos				
Trabajos\ Aptitud	Alta	Media (Medianamente)	Baja (Moderadamente)	No Apta
Monterroso et al (2006)	12.6%	26.5%	28.1%	32.8%
Monterroso et al (2009)	6.4%	25.1%	31.6%	36.9%
Modelo difuso 4 variables	3%	7.8%	40.3%	48.9%

La evaluación de los datos en el modelo se hace de manera rápida, y los resultados se obtienen casi en tiempo real. El modelo puede correrse en cualquier tipo de computadora, ya que no requiere de una alta

capacidad. El formulado de las reglas y de las funciones de membresía es fundamental para la calibración del modelo, pero el orden de las reglas no tiene un efecto en el resultado final. El modelo permite que se den los casos extremos para poder así evaluar los factores limitantes, como en el caso del sur del país.

En los mapas del país resalta la pérdida de zonas con una aptitud alta, disminuyendo a aptitudes medias con cambio climático, al igual de una disminución de las tierras no aptas hacia bajas presentando una ligera mejora en aptitud en la parte central del país. Pero en general la proporción de zonas altas, medias, bajas y no aptas se mantiene como puede observarse tanto en la tabla del modelo que ocupa las cuatro variables (tabla 6.2). Pero los porcentajes son distintos para los modelos si tomamos los valores para la aptitud alta, del modelo con variables climáticas se tiene un porcentaje por encima del 7% y el modelo de las cuatro variables se tiene un porcentaje de 3%. Por lo general el modelo con las dos variables climáticas es más optimista, al no tener otros factores limitantes.

Además de obtener escenarios de cambio de aptitud a partir de los distintos escenarios de cambio climático, se pueden desarrollar medidas de adaptación y mitigación para los agricultores en estas zonas. Estos escenarios pueden servir igualmente para la planeación de distritos de riego al tener contempladas las zonas donde se utilizarán menores insumos para la producción de este cultivo tan básico en la dieta de los mexicanos. Según los modelos de ECHAM, GDFL, y HADLEY, los escenarios de cambio en aptitudes son distintos. Pero en todos se presenta una tendencia a la disminución en el porcentaje de las tierras aptas, y el aumento en tierras con una aptitud media y baja. Para los modelos ECHAM y GDFL se presenta una disminución de las tierras aptas, mientras que el modelo HADLEY permanece casi constante en las proporciones pero no las áreas que cubren las distintas aptitudes. Las tendencias de acuerdo con el artículo de Monterroso et. al. (2009), las tendencias para los escenarios en las familias A2 y B2, son similares, disminución de las áreas aptas y no aptas, y el aumento de la cobertura de tierras con una aptitud media y baja. Como se muestra en la tabla 4.2.

Sección I: Escenarios y modelación

Tabla 4.2 Comparación de los resultados del (%) de la superficie Nacional de acuerdo al nivel de aptitud para el cultivo de maíz. Las primeras 7 columnas son resultados de Monterroso et. al 2009. Entre paréntesis el muestra el signo de cambio.

Nivel de aptitud	Base	E50A2	E50B2	G50A2	G50B2	H50A2	H50B2	Base	E50A2	E50B2	G50A2	G50B2	H50A2	H50B2
Alta	6.4	2.1 (-)	2.7 (-)	2.1 (-)	2.5 (-)	2.7 (-)	3.0 (-)	2.95	1.7 (-)	2.15 (-)	2.15 (-)	2.2 (-)	2.41 (-)	2.83 (-)
Media (moderadamente)	25.1	26.6 (+)	26.7 (+)	26.4 (+)	30.2 (+)	24.0 (-)	24.6 (-)	7.78	10.54 (+)	10.73 (+)	9.43 (+)	9.75 (+)	9.78 (+)	9.48 (+)
Baja (marginalmente)	31.6	33.4 (+)	35.1 (+)	43.8 (+)	39.7 (+)	40.7 (+)	40.4 (+)	40.34	38.93 (-)	40.76 (+)	48.13 (+)	48.15 (+)	44.62 (+)	45.3 (+)
No Apto	36.9	37.9 (+)	35.6 (-)	27.6 (-)	27.6 (-)	32.7 (-)	32.0 (-)	48.93	48.83 (-)	46.36 (-)	40.13 (-)	39.91 (-)	43.19 (-)	42.4 (-)

Este tipo de estudios son importantes para la elaboración de planes territoriales, al delimitar las zonas donde la producción de alimentos se dará con menores insumos y posibles medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. Si asumimos que las zonas donde se presenta actualmente una agricultura de temporal en el mapa de INEGI, notamos que solo se utiliza el 18.5% de las tierras aptas, 13% de aptitudes medias, 10% de las bajas y el 9.7% de las No aptas. Pero en realidad la totalidad de las tierras usadas para la agricultura temporal sólo el 5% tiene una alta aptitud, 9.5% de con media, 41% con baja y el 44.5% de las no aptas.

Para el estado de Puebla como caso estudio se pudo notar un aumento de la aptitud para el maíz de temporal, al mejorarse las condiciones climáticas en la zona centro. Esta tendencia se dio en los tres escenarios de cambio climático pero con distintas magnitudes. El patrón de aumento también se da de manera similar alrededor de zonas aptas aumenta su cobertura, de igual manera para las zonas con aptitud media y las zonas no aptas tienden a disminuir aumentado la aptitud a baja. En el estado de Puebla solo el 28% las tierras aptas son utilizadas, por lo que todavía hay un gran potencial para el cultivo del maíz de temporal. Los resultados muestran la misma tendencia encontrada para el

estado de Tlaxcala en el estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal el modelo cereas-maize (Conde et al. 2000), estado aledaño a Puebla.

El modelo difuso es aplicable a distintas escalas territoriales, al punto que podría utilizarse a nivel de municipio, e inclusive a niveles regionales basandose en la percepción de los agricultores del maíz de temporal si no se llegase a contar con los datos de la región.

Este tipo de modelo difuso en base al conocimiento de expertos permite que su conocimiento sea accesible a los inexperto por lo que podría incorporarse a marcos para la toma de decisiones, debido a que su manipulación es mucho más fácil y permite relacionar variables que con otras herramientas no es posible. Teniendo datos objetivos simplificará la toma de decisiones al transparentarse con procesos objetivos y con fundamentos matemáticos.

**Fuentes de consulta**

Cassel-Gintz, M. A., M. K. B. Ludeke, et al. (1997). "Fuzzy logic based global assessment of marginality of agricultural land use." *Climate research* 8: 135-150.

Sección I: Escenarios y modelación

- Castañeda, P. R. (1990). El maíz y su cultiv. México, Ed. Agt. Editor, S.A.
- CGIAR-CSI (2008). Modelo digital de elevación, a partir de los datos del Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) con resolución espacial de 90 m., Consortium for Spatial Information - Consultative Group for International Agriculture Research.
- Conde, C., R. M. Ferrer, et al. (2000). Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo ceres-maize. México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. C. G. García. Mexico, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program: p220.
- Conde, C., B. Martínez, et al. (2008) Escenarios de Cambio Climático (2030 y 2050) para México y Centro América . Temperatura y Precipitación.
- Escobedo, F. (1988). Panorámica General de la Agricultura de Temporal en México. CEICADAR 1. Puebla, México, Colegio de Postgraduados.
- FAO (1994). ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. A. FAO. Rome, Italy, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fernandez-Eguiarte, A., J. Zavala-Hidalgo, et al. (2010). Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM.
- Flores, M., R. Araujo, et al. (1999). Vulnerabilidad de las zonas potencialmente aptas para maíz de temporal en México ante el cambio climático. México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. C. Gay. Mexico.
- Flores, M., R. Araujo, et al. (1999). Vulnerabilidad de las zonas potencialmente aptas para maíz de temporal en México ante el cambio climático. México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. C. Gay. Mexico.
- Gómez, J. C. and M. Esquivel (2002). "Agroclimatología del maíz de México." Revista Geográfica(132 Jul-Dic): 127.
- INEGI (1998). Suelos dominantes en la República Mexicana. Mexico, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Klir, G. J. and B. Yuan (1995). Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- MATLAB (2009). Fuzzy Logic Toolbox. I. The MathWorks.
- Monterroso, A. I., C. Conde, et al. (2009). "Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México." Atmósfera 24(1): 53-57.
- Monterroso, A. I., G. Rosales, et al. (2006). México. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
- Monterroso Rivas, A. I., C. Conde Álvarez, et al. (2009). "Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México." Atmósfera 24(1): 53-57.
- Nadal, A. and T. A. Wise (2004). Los costos ambientales de la liberalización agrícola: El comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA. Globalización y medio ambiente: Lecciones desde las Américas.
- Otriz-Solório, C. A. (1987). Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones para la República Mexicana. México, Universidad Autónoma Chapingo.
- Pérez Pueyo, R. (2005). Procesado y Optimización de Espectros Raman mediante Técnicas de Lógica Difusa: Aplicación a la identificación de Materiales Pictóricos. TEORIA DEL SENYAL I COMUNICACIONS. Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Prakash, T. N. (2003). Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. Science in Geoinformatics. Enshede, Netherlands, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Master of Science in Geoinformatics.
- Röhrig, J. (2008). Evaluation of agricultural land resources in Benin by regionalisation of the marginality index using satellite data. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät. Bonn, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Doctorado.

Sección I: Escenarios y modelación

Shepard, R. B. (2005). Quantifying Environmental Impact Assessments Using Fuzzy Logic. New York, Springer Science+Business Media, Inc.

Sicat, R. S., E. J. M. Carranza, et al. (2005). "Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification " Agricultural systems 83: 49-75.

Sys, C., E. V. Ranst, et al. (1991). Land Evaluation Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations. Brussels, Belgium, General administration for development cooperation.

Viveros Flores, C. E. (2010). Estudio de la Dinámica de Aprovechamiento del Maíz en las Unidades de Producción Familiar en el Valle de Puebla, México. Postgrado de estrategias para el desarrollo agrícola regional. Puebla, Colegio de Postgraduados. PhD: 119.

Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy sets." Informatio and Control 8: 338-353.

Anexo

Con base en el análisis de los niveles de aptitud para el maíz de temporal en el país de acuerdo a los requerimientos agroclimáticos y ambientales señalados por (Gómez et al. 2002), (Sys et al. 1991), (FAO 1994), (Otriz-Solório 1987), (Castañeda 1990) y (Flores et al. 1999) los autores anteriores Monterroso et. al. (2009) elaboraron la tabla 6.1

Tabla 6.1 Requerimientos agroclimáticos para el maíz criollo y de temporal en México. Fuente: Monterroso et. al. (2009)

Requerimientos		TIPO DE APTITUD *						
		NA	mma	MA	A	MA	mma	NA
Temperatura (°C)	Media del ciclo	<14	14-18	18-22	22-26	26-32	32-39	>40
	Mínima del ciclo	<7	7-12	12-16	16-18	18-24	24-30	>30
Precipitación (mm)	Total del ciclo	<300	300-500	500-600	600-900	900-1200	1200-1600	>1600
	1er Mes	<60	60-100	100-125	125-220	220-295	295-475	>475
	2do Mes	<70	70-150	150-175	175-235	235-310	310-475	>475
	3er Mes	<70	70-150	150-175	175-235	235-310	310-475	>475
	4to Mes	<60	60-80	100-125	125-210	210-285	285-475	>475
Topografía	Pendiente (%)	<30	16-30	8--16	0-8	8--16	16-30	>30
Suelos	Profundidad (cm)	<20	20-75	75-100	>100	75-100	20-75	<20
Periodo de Crecimiento (días)	Tropical	<90	90-119	120-149	150-224	225-284	285-365	
	Templado	<150	150-164	165-209	210-284	285-329	330-365	

Sección I: Escenarios y modelación

Tabla 6.2 Porcentajes de las distintas áreas para los distintos escenarios.				
Escenario	Alta	Media	Baja	No Apta
Base	2.95%	7.78%	40.34%	48.93%
e30a1	1.82%	9.65%	39.15%	49.38%
e30a2	1.77%	9.68%	38.78%	49.77%
e30b1	1.99%	8.83%	39.72%	49.46%
e30b2	2.33%	9.66%	40.61%	47.41%
e50a1	2.15%	11.36%	40.97%	45.52%
e50a2	1.70%	10.54%	38.93%	48.83%
e50b1	2.36%	10.74%	40.96%	45.94%
e50b2	2.15%	10.73%	40.76%	46.36%
g30a1	1.94%	9.02%	45.70%	43.34%
g30a2	1.89%	8.94%	45.55%	43.62%
g30b1	2.00%	9.01%	44.02%	44.97%
g30b2	2.21%	9.38%	45.89%	42.52%
g50a1	2.26%	10.08%	49.53%	38.13%
g50a2	2.15%	9.43%	48.13%	40.30%
g50b1	2.22%	9.84%	48.00%	39.95%
g50b2	2.20%	9.75%	48.15%	39.91%
h30a1	2.28%	9.13%	42.54%	46.05%
h30a2	2.21%	9.14%	42.34%	46.31%
h30b1	2.40%	8.79%	41.34%	47.47%
h30b2	2.72%	8.89%	43.78%	44.61%
h50a1	2.99%	9.88%	46.54%	40.60%
h50a2	2.41%	9.78%	44.62%	43.19%
h50b1	2.92%	9.45%	45.51%	42.13%
h50b2	2.83%	9.48%	45.30%	42.40%

# Variabilidad hidroclimática histórica en México inferida con anillos de árboles

José Villanueva Díaz<sup>1</sup>, Julián Cerano Paredes<sup>1</sup>, David W. Stahle<sup>2</sup>, Vicenta Constante García<sup>1</sup> y Juan Estrada Ávalos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INIFAP CENID RASPA, Gómez Palacio, Durango, México

<sup>2</sup> Department of Geosciences, University of Arkansas.

## Introducción

El conocimiento histórico de la variabilidad hidroclimática en México es importante para implementar planes de manejo con miras a mejorar el uso del agua. Los registros climáticos o hidrométricos en México son muy limitados en su extensión y calidad, pues generalmente no superan los 100 años y presentan datos faltantes o de pobre calidad. No obstante lo anterior, con este tipo de información, se fundamenta decisiones técnicas y administrativas, que conllevan a errores de diseño y que derivan en consecuencias sociales, económicas y ecológicas de gran magnitud. La reconstrucción de variables climáticas permite extender en el tiempo, el conocimiento de las fluctuaciones de alta y baja frecuencia que caracterizan a una región determinada, además de favorecer el desarrollo de información climática en sitios donde no existe, determinar su distribución espacial y la influencia que ejercen en su comportamiento patrones circulatorios, caso concreto El Niño Oscilación del Sur.

Existe el consenso generalizado de que el calentamiento global es producto de un incremento en la concentración de gases efecto invernadero, acelerado por las acciones del hombre, situación a la que se le atribuye cambios drásticos en el comportamiento del clima y una frecuencia cada vez mayor de eventos hidroclimáticos extremos (Stahle *et al.*, 2009). Sin un conocimiento previo del comportamiento del clima en el pasado, tenemos serias limitantes técnicas para determinar la variación interanual y multianual y la frecuencia con que se han presentado en el pasado; de tal manera, de tener la certeza si el comportamiento actual del clima es de origen natural o realmente pudiera haber sido exacerbado por acciones antropogénicas.

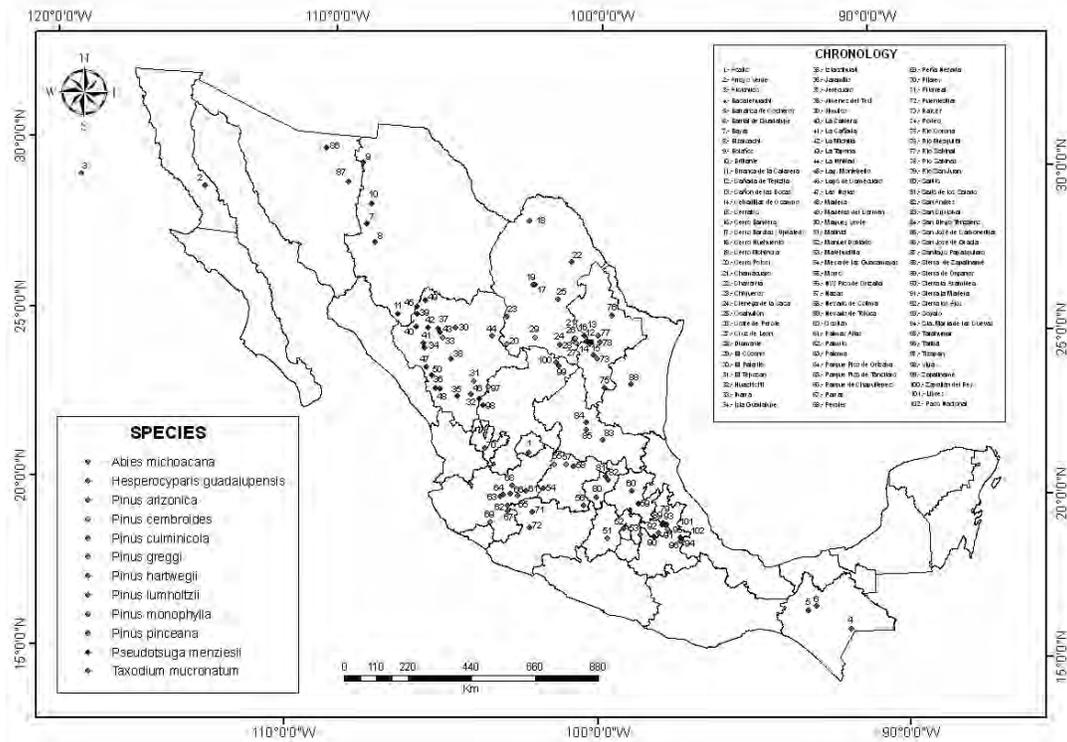
Una de las opciones para extender la información hidroclimática en el tiempo es mediante el uso de fuentes indirectas o "proxy" como los anillos de los árboles, que fechados al año exacto de su formación constituyen una de las fuentes de mayor resolución para estudios paleoclimáticos (Fritts, 1976). La extensión de estas reconstrucciones dependerá de la longitud de las series dendroclimáticas generadas, que en ocasiones puede superar el milenio.

En los últimos diez años, el INIFAP CENID RASPA ha desarrollado para México la red más extensa de cronologías de anillos de arboles, que supera la centena. El objetivo de este trabajo es mostrar dicha red dendrocronológica, las reconstrucciones climáticas derivadas, la frecuencia detectada de eventos de baja frecuencia, la superficie cubierta y la influencia de patrones circulatorios y su impacto social y económico.

## Metodología

El potencial dendrocronológico de México es enorme, debido a la diversidad de especies arbóreas y condiciones ecológicas existentes, que favorecen la formación de anillos de crecimiento anual. Los estudios dendrocronológicos en México son incipientes, ya que en la actualidad sólo se han desarrollado para sitios específicos en las Sierras Madre Occidental y Oriental, Eje Neovolcánico, sitios aislados en la Sierra Madre del Sur y áreas rivereñas o bosques de galería con dominancia de sabino o ahuehuate en diversos estados de la república. Entre las especies más estudiadas se encuentran: *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus cembroides*, *Pinus pinceana*, *Pinus culminicola*, *Pinus arizonica*, *Pinus hartwegii*, *Pinus duranguensis*, *Pinus lumholtzii*, *Pinus oocarpa*, *Pinus montezumae*, *Pinus douglasiana*, *Abies religiosa* y *Taxodium mucronatum* (Figura 1).

Figura 1. Red dendrocronológica en México desarrollada por el INIFAP



El proceso de muestreo y su tratamiento se fundamentó en la aplicación de técnicas dendrocronológicas estándar (Stokes y Smiley, 1968, Fritts, 1976). Rodales con poco disturbio antropogénico y con la presencia de especies con crecimientos anuales fueron seleccionados con fines dendrocronológicos.

En cada árbol seleccionado y con el apoyo de un taladro de Pressler se extrajeron de dos a tres virutas (núcleos de crecimiento) por árbol; así mismo, con motosierra se obtuvieron secciones transversales de árboles muertos con el fin de extender las cronologías en el tiempo.

En el Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP, los anillos se contaron y fecharon al año exacto de su formación, mediante técnicas dendrocronológicas estándar. Para el caso particular de *Pseudotsuga menziesii*, cada crecimiento individual (anillo anual) se dividió en bandas de madera temprana (EW, siglas en Inglés); madera que se caracteriza por poseer células relativamente grandes, blanquecinas con pared celular delgada y grandes vacuolas; madera tardía (LW, siglas en Inglés), constituida por células más pequeñas, de pared lignificada y mayor densidad, lo que les confiere una coloración

obscura, así como anillo total, que integra tanto a la madera temprana como a la tardía (RW, siglas en Inglés) (Cleaveland, 1986).

Las bandas de crecimiento, se midieron individualmente con un sistema de medición VELMEX. El cofechado, calidad de la respuesta climática y exactitud de la medición se verificó con el programa COFECHA (Holmes, 1983). Las tendencias biológicas y geométricas no relacionadas con clima, se removieron con el programa ARSTAN, con lo que se creó una serie de índices normalizados (Cook, 1987).

Para determinar la influencia del clima en el crecimiento estacional de la cronología, se seleccionaron estaciones climáticas o hidrométricas cercanas al sitio donde se desarrolló la cronología. La respuesta climática entre la cronología y las variables atmosféricas (precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, etc.), se determinó mediante la subrutina "Análisis de Función de Respuesta" (RESPO). Posteriormente, con la subrutina VERYFY5 (Calibración – Verificación) del paquete DPL, a la mitad de los datos climáticos disponibles se les aplicó una calibración entre la cronología y los registros

estacionales de las variables climáticas significativas y con la mitad restante, se corrió una prueba de verificación (Fritts, 1976). Al final se obtuvo una ecuación de transferencia para el período total de datos de la variable climática disponible y se procedió a desarrollar una reconstrucción de la misma.

A la serie de alta frecuencia (resolución anual), se les ajustó una curva decenal flexible (baja frecuencia) para resaltar eventos secos o húmedos presentes en las reconstrucciones. Los períodos de sequía o muy húmedos detectados en las reconstrucciones, se validaron con documentos históricos, cuando estos eran disponibles, pero cuando no, las reconstrucciones se compararon contra otras series paleoclimáticas generadas para la región, regiones aledañas y para otras partes del país.

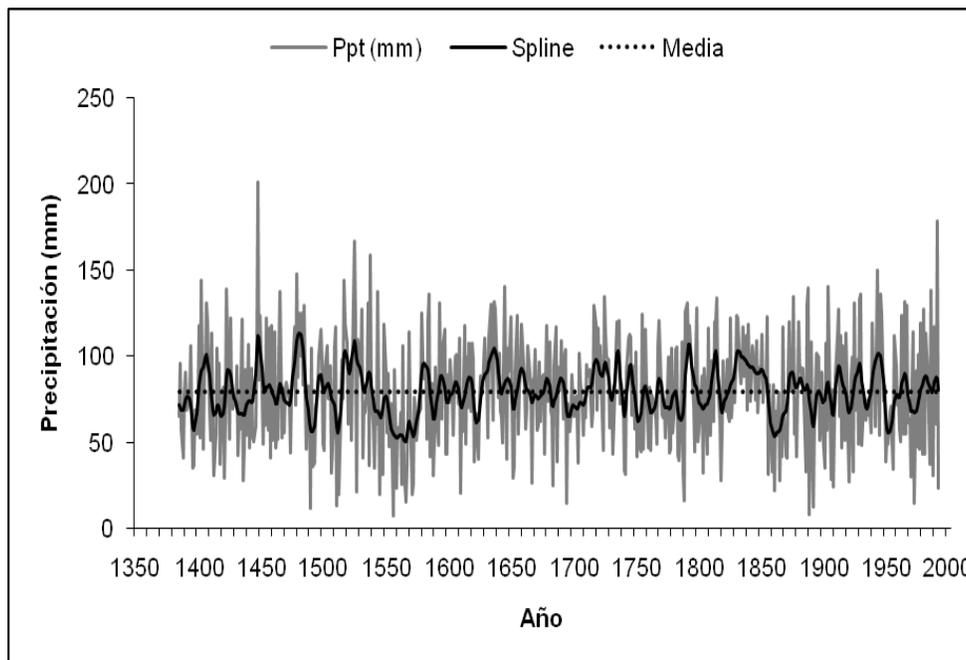
Para analizar el impacto de patrones atmosféricos circulatorios en la variabilidad hidroclimática de la región, como es el caso del Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en Inglés) (Ropelewski y Harper, 1986), se utilizó el Índice de Lluvia Tropical (TRI, siglas en inglés) o índices ENSO, región 3.5.

El índice TRI constituye un estimativo de la variabilidad de El Niño Oscilación del Sur al usar anomalías de precipitación en la parte central del Pacífico (Wright, 1979). También se utilizó un análisis de ondeleta para definir la frecuencia y períodos en la reconstrucción, donde los patrones atmosféricos circulatorios han tenido un impacto significativo. Dependiendo de la longitud de la reconstrucción y de la sensibilidad de la misma, se pudieron identificar eventos hidroclimáticos extremos y su frecuencia en el tiempo, información de gran importancia en el manejo de recursos hídricos y conservación de los recursos naturales.

**Resultados**

Las series reconstruidas indican alta variabilidad interanual (alta frecuencia) y multianual (baja frecuencia), con la presencia de sequías en períodos aproximados de 50 años (Villanueva et al., 2007, Cerano *et al.*, 2011). Una de las reconstrucciones de mayor extensión (1386-1993) es la desarrollada para el estado de Durango (Figura 2).

Figura 2. Serie de precipitación invernal reconstruida (noviembre-marzo) para el período 1386-1993 en Durango.



Fuente: Cleaveland *et al.*, 2003

Esta reconstrucción se caracteriza por la presencia de sequías frecuentes y de larga duración en los períodos 1540-1579, 1751-1765, 1798-1810, 1850-1860 y 1950-1965. Algunas de estas sequías, específicamente la del período 1540-1579, también conocida como megasequía (Stahle *et al.*, 2009) se ha relacionado con brotes epidémicos que diezmaron la población indígena del Valle de México, posterior a la colonización española (Acuña-Soto *et al.*, 2002; Therrell *et al.*, 2004). La sequía del período 1950-1965, fue la más intensa del siglo XX, y provocó severos daños socioeconómicos, no solo a la población de Durango, sino también a diversos asentamientos humanos del norte y centro del país.

Algunos de los períodos secos observados en esta reconstrucción, también fueron detectados en reconstrucciones de precipitación para Guanaceví, Durango y flujos de agua para la estación hidrométrica "Sardinas" (26° 05' N, 105° 34' W, 1650 m), ubicada en la parte alta del Río Nazas, Durango (Villanueva, *et al.*, 2005) (Figura 3).

Los volúmenes de flujo producidos en una cuenca específica, integran la variabilidad de precipitación ocurrida en el área de contribución de la cuenca y que para el presente caso es de suma utilidad, ya que verifica la reconstrucción de lluvia para el período común de comparación. Así, se observan períodos secos en ambas reconstrucciones (precipitación, escurrimiento) para las décadas de 1800, 1860, 1870, 1950 y 1970, lo cual indica que en ausencia de información hidrometeorológica, una reconstrucción estacional de lluvia de esta naturaleza, puede ser indicativo de los volúmenes de flujo ocurridos históricamente para una región hidrológica específica.

Otra reconstrucción de precipitación invierno-primavera (octubre-mayo) fue la desarrollada para la región del noroeste de Chihuahua y este de Sonora (Figura 4). Esta reconstrucción de 531 años de extensión (1472-2002), indica la presencia de eventos secos similares a los detectados en Durango (Villanueva *et al.*, 2009).

La importancia de esta reconstrucción estriba, en que es la primera realizada para una región muy productiva en aspectos agrícolas y pecuarios, cuyo desarrollo económico, se sustenta en el agua producida en la vertiente de la Sierra Madre Occidental que drena hacia la planicie costera del Océano Pacífico. Los períodos de sequía de mayor frecuencia e intensidad, que en las últimas décadas se han presentado en esta región, han afectado

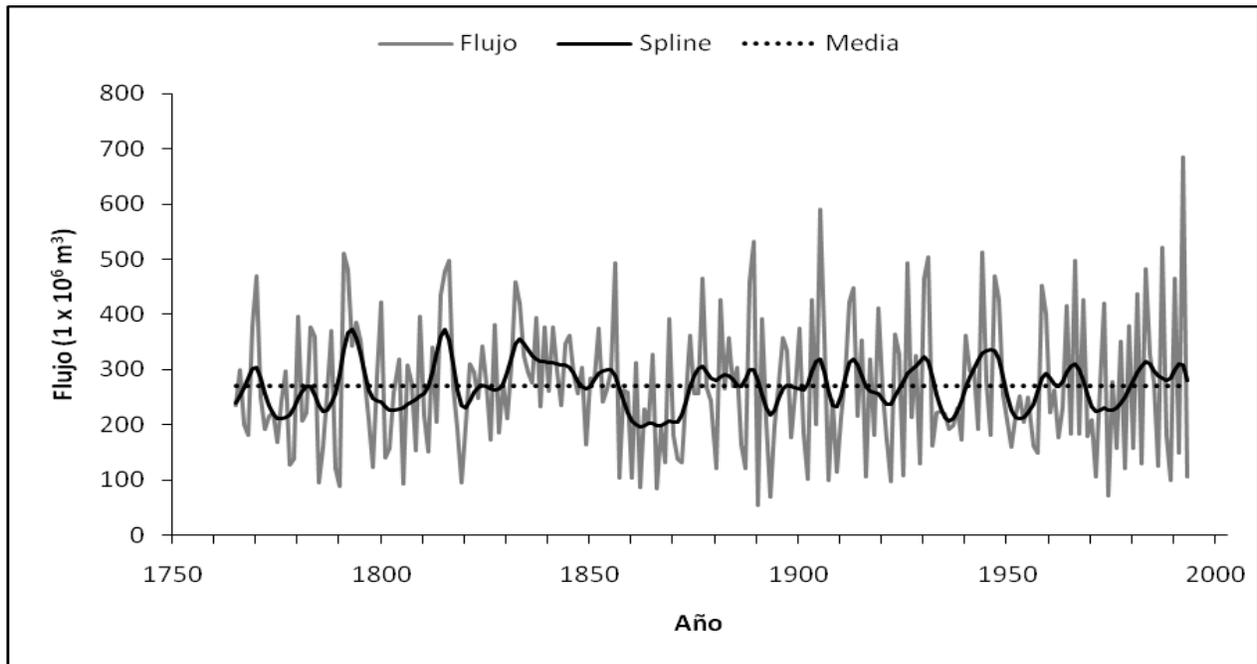
sobremano la economía de esta zona, de tal manera que han obligado a la perforación y rehabilitación de más de 300 pozos profundos para paliar el déficit de agua. Lo anterior, implica la necesidad de disponer de un conocimiento histórico de la variabilidad de precipitación en el tiempo, información asequible en reconstrucciones paleoclimáticas y que son esenciales para planear el uso adecuado de los recursos hídricos, así como para considerar diversos escenarios climáticos presentes en las reconstrucciones y determinar las medidas pertinentes para minimizar su efecto en la sociedad.

Reconstrucciones adicionales de precipitación para el norte de México se tienen para Guanaceví, Durango, Cerro Mohinora y Mesa de las Guacamayas, Janos, Chihuahua y actualmente se tiene una cronología de anillo total que se extiende para los últimos 800 años para el río Nazas, Durango (Figura 5) y otra más de 900 años (1111 – 2010) para el río San Pedro-Mezquital.

En el noreste de México, una reconstrucción de precipitación invierno-primavera (enero-junio) fue la desarrollada para Saltillo, Coahuila, que involucró cronologías de *Pseudotsuga menziesii*, en Sierra de Arteaga, Coahuila (Cerano, 2004) (Figura 6). Esta reconstrucción de 342 años (1659-2001) muestra sequías en los períodos 1720-1740, 1690 y 1670, que se asociaron a una limitada disponibilidad de alimentos, particularmente para el final del siglo XIX (García, 1997).

En el siglo XX, las sequías reportadas han tenido un impacto socioeconómico mayor, aunque este efecto, está asociado también con la presencia de una población creciente que demanda mayores volúmenes de agua y alimentos y debido a que muchas de estas poblaciones se localizan en sitios más vulnerables a la incidencia de estas anomalías climáticas. Lo anterior se corrobora, con la presencia en la reconstrucción de sequías más prolongadas e intensas, que aquellas acontecidas y documentadas en el siglo XX, caso concreto es la sequía del período 1857-1860, que se considera como una de las más severas en los últimos 300 años. Los períodos secos detectados en la reconstrucción de precipitación para Saltillo, también se observan para la región de Cuatrociénegas, área que por su biodiversidad y endemismos presentes, constituye un área natural protegida de flora y fauna de importancia nacional e internacional.

Figura 3. Flujo reconstruido septiembre-junio (1765-1993) para la estación hidrológica Sardinas en la parte alta de la cuenca del río Nazas.



Fuente: Villanueva *et al.*, (2005).

Figura 4. Precipitación estacional reconstruida invierno-primavera (octubre-mayo), período 1472-2002 para el noroeste de Chihuahua y este de Sonora.

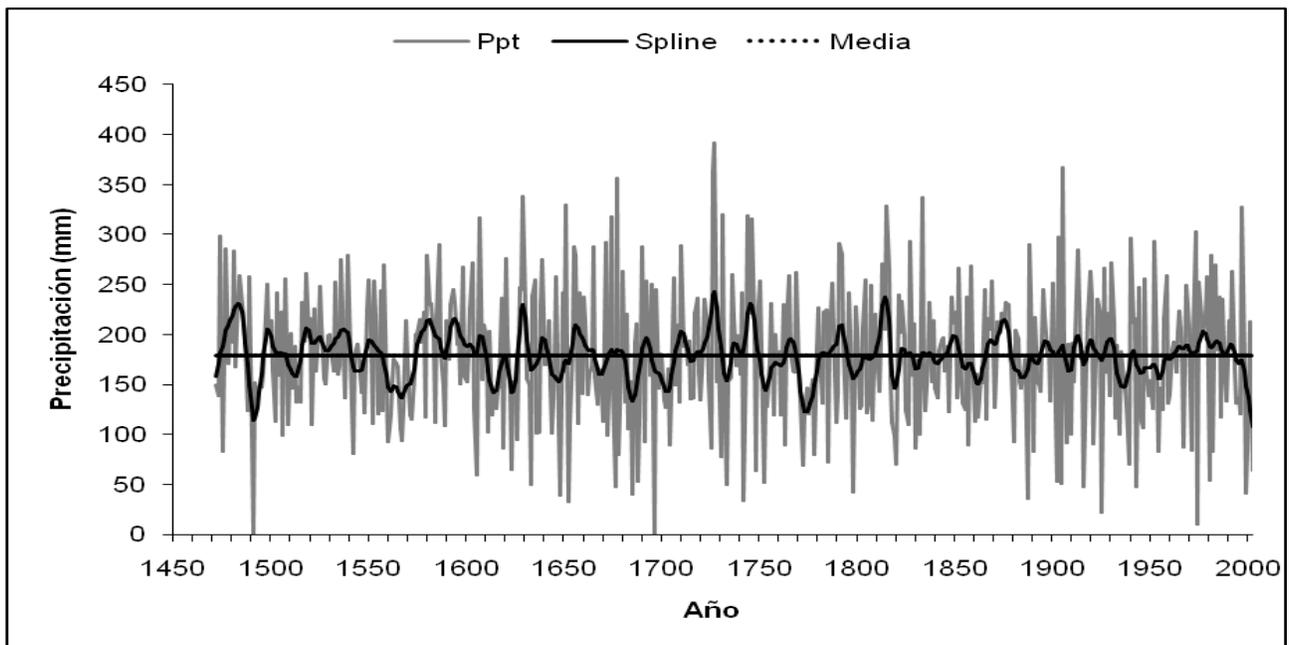


Figura 5. Cronología de anillo total (RWI) de *Taxodium mucronatum*, que se extiende por 800 años (1210-2009) para el río Nazas, Durango.

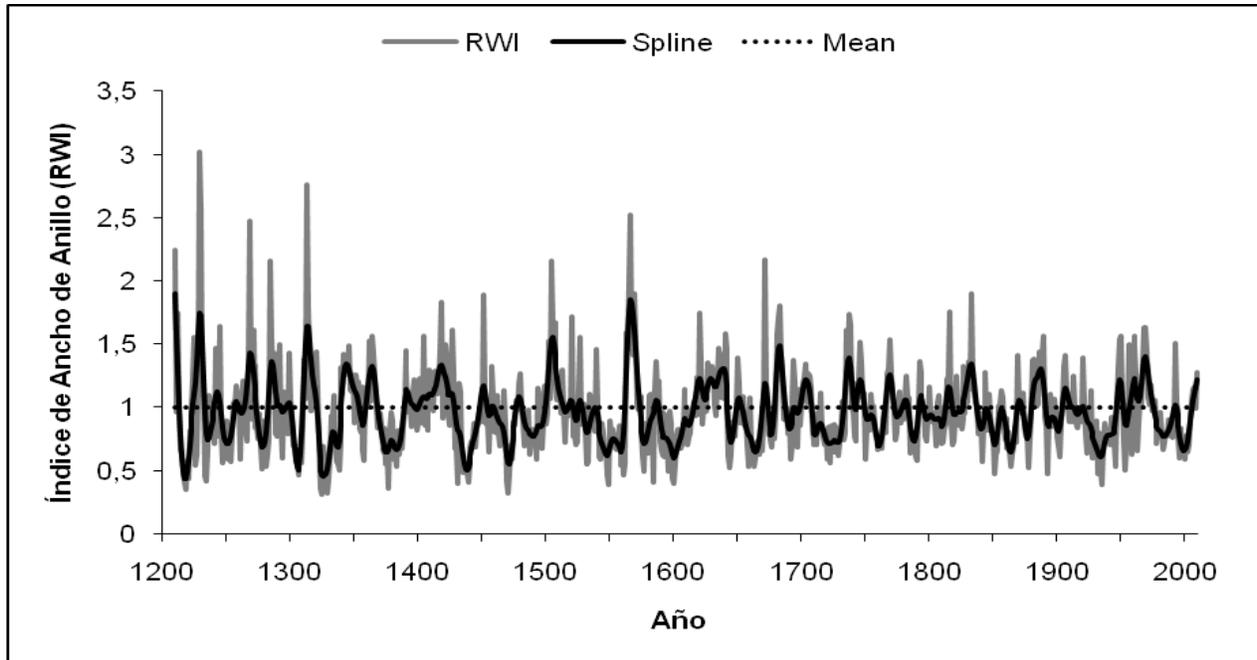
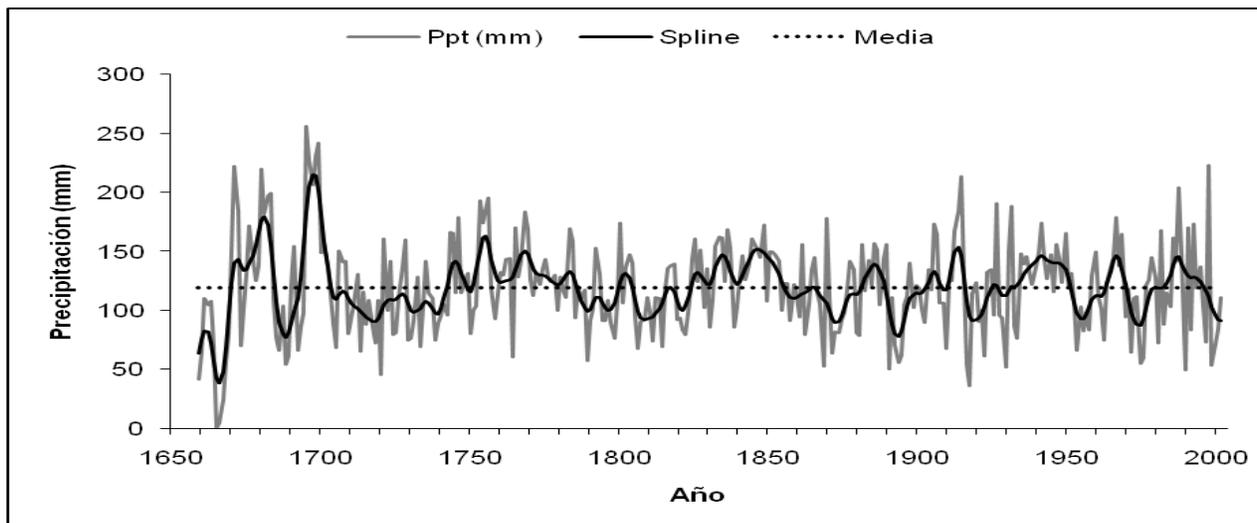


Figura 6. Reconstrucción de 342 años de precipitación invierno-primavera (enero-junio), período 1659-2001.



Fuente: Cerano, 2004.

En el noreste de México se tienen algunas otras reconstrucciones como la desarrollada para el centro, sur de Nuevo León y este de Tamaulipas, con una cronología de *Pseudotsuga menziesii* procedente del sitio Peña Nevada, Nuevo León. La

reconstrucción muestra eventos de sequía recurrentes, que afectaron la región en 602 años de extensión (1400-2002) (Figura 7). La reconstrucción indica que en el transcurso del siglo XX, las sequías más significativas ocurrieron en el período 1968-

1975 y 1952 a 1956. También se presentaron en los períodos 1857-1868, 1785-1790, 1738-1743; una muy prolongada de 1559 a 1590, otra más entre 1526 a 1536 y la de mayor intensidad para el período 1439-1455. Períodos húmedos fueron muy evidentes en la reconstrucción y se presentaron prácticamente en cada siglo; así se observan períodos con alta precipitación de 1900 a 1905, 1740 a 1747 y 1459 a 1467.

La información sobre sequías en esta región antes de 1900 es muy incierta y mucha de la evidencia histórica se encuentra disponible solo para el Valle de México, sin embargo, períodos secos parece que se presentaron simultáneamente o de manera diferida en amplias regiones de México; por ejemplo, la sequía de 1448-1454 que afectó la disponibilidad de agua para consumo humano en “La Gran Tenochtitlan” (Florescano, 1980) también se encuentra presente en esta reconstrucción; caso similar ocurre con la sequía de la década de 1860 para Saltillo y la de 1950 que se extendió en centro y norte de México e inclusive suroeste de los Estados Unidos de América.

Algunas de las sequías ocurridas en el norte de México se presentaron sólo en esa región y no se extendieron hacia el centro del país, excepto años muy secos que pudiera considerarse que afectaron gran parte del territorio nacional; entre algunas de estas sequías, destacan las de los años 1739, 1786, 1896, 1801, 1998, entre otros. De las reconstrucciones para el centro de México, destacan algunas para Guanajuato, Querétaro, Jalisco, Michoacán y Tlaxcala (Figura 7). Una red de cronologías desarrollada en la cuenca Lerma-Chapala se utilizó para reconstruir los niveles de recuperación del lago de Chapala, con la presencia de períodos de sequía frecuentes donde la recuperación del lago fue mínima. En las últimas tres décadas, la cantidad de agua que alcanza el lago tiene alta influencia antropogénica.

#### **Relación entre precipitación e índices ENSO**

La precipitación invernal en el norte de México y suroeste de los Estados Unidos de América está ligada significativamente con índices de ENSO (Ropelewski y Harper, 1989). Esta relación se registra de manera clara y precisa en los anillos de crecimiento y específicamente en la porción de madera temprana de especies arbóreas como *Pseudotsuga menziesii*.

La influencia de ENSO sobre la precipitación en el norte de México es significativa, pero su intensidad y extensión varía en el tiempo (Stahle *et al.*, 1998). Al

comparar la precipitación estacional reconstruida octubre-mayo para Chihuahua con los índices TRI en subperíodos de 20 años de 1896 a 1995, se encontró una correlación variable que fluctuó en el rango de 0.2 hasta 0.69. La asociación del TRI con la precipitación en Durango fue de 0.27 a 0.78. Resultados similares se obtuvieron con el análisis de Ondeleta, donde las frecuencias dominantes de ENSO ocurrieron en frecuencias de 4 a 16 años (Figura 8)

La reconstrucción de precipitación del centro-sur de Nuevo León mostró bajas correlaciones con los índices TRI para el período 1896-1995, e inclusive se tornó negativa para uno de los subperíodos. Las correlaciones encontradas, indican una menor influencia de ENSO en la precipitación en esta región del noreste de México. Otros fenómenos como los “nortes”, así como tormentas tropicales y huracanes que en la época cálida del año se forman en el Golfo de México, parecen tener más influencia en el comportamiento de la precipitación para esta región.

#### **Eventos climáticos de baja frecuencia en las reconstrucciones**

La comparación de eventos de baja frecuencia, entre las reconstrucciones de precipitación invierno-primavera para el período común de 1782 a 1992, indicó correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) entre todas ellas; no obstante lo anterior, se detectó que las mayores asociaciones, ocurrieron en reconstrucciones desarrolladas para una montaña o región específica, como las realizadas para las Sierras Madre Occidental y Oriental, respectivamente. Este resultado indica que la precipitación está gobernada por patrones circulatorios que gobiernan el clima en una superficie amplia; por otra parte, un mismo fenómeno atmosférico, puede impactar y afectar varias regiones a la vez.

Al comparar las reconstrucciones, se observó la presencia de eventos secos o húmedos que en ciertos períodos de tiempo abarcaron extensas áreas de México. Caso específico son las sequías de las décadas de 1810, 1860, 1870 y 1950. Estas tendencias tanto en el comportamiento de la presencia de ciclos húmedos o secos, se vio interrumpida por la presencia de eventos cálidos o fríos del Niño, que en ciertos años provocaron lluvias abundantes o años secos, favoreciendo la presencia de incendios, brotes epidémicos, y hambrunas regionales o generalizadas.

Figura 7. Reconstrucción de precipitación enero-junio para Tlaxcala, mostrando algunos de los años más secos como 1739, 1786, 1801, 1839, 1862, 1878, 1896, 1933 y 1998

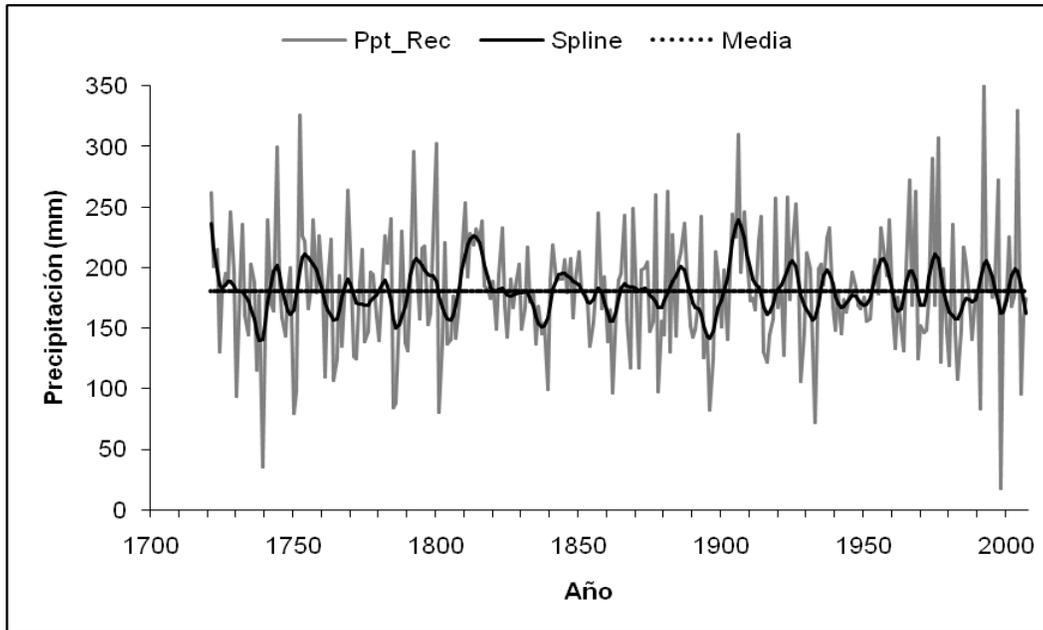
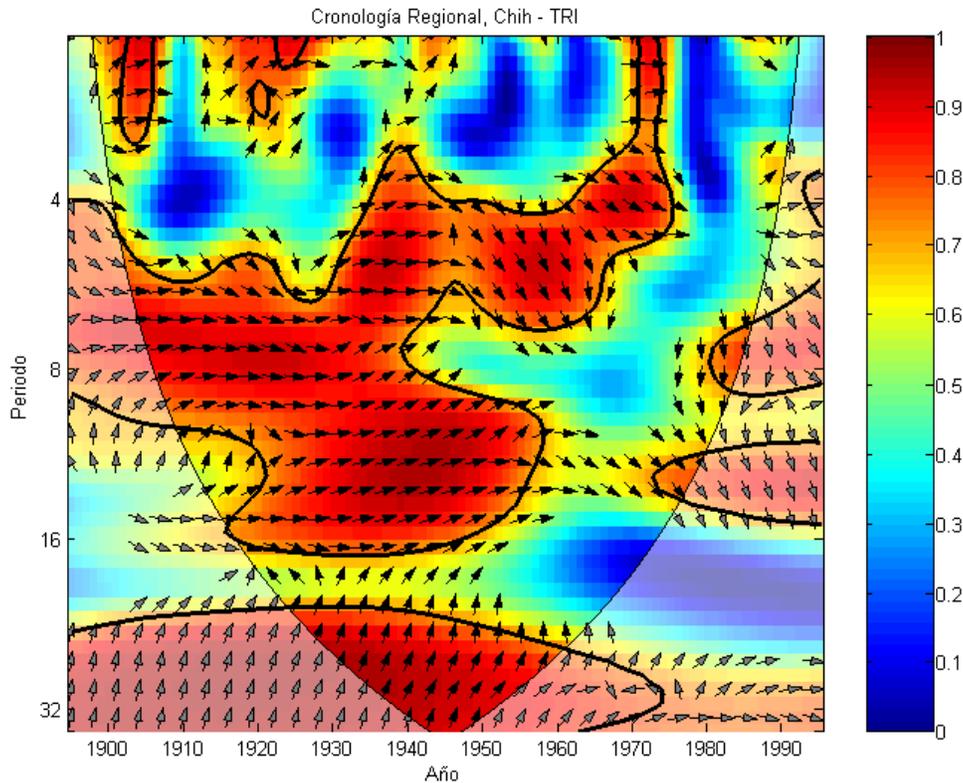


Figura 8. Relación entre la cronología regional de Chihuahua y el impacto de ENSO. Se observó una asociación significativa entre ambas variables entre 4 a 16 años para gran parte del período analizado.



### Conclusiones

El conocimiento histórico de la variabilidad hidroclimática en México es fundamental para establecer planes de manejo que coadyuven a eficientar el uso del agua y a desarrollar planes de manejo para la conservación de recursos naturales.

Las reconstrucciones de precipitación del período invernal o invierno-primavera derivadas de cronologías de árboles localizados en las Sierras Madre Occidental y Oriental, indicaron alta variabilidad interanual (alta frecuencia) y multianual (baja frecuencia) presente en más de 500 años de extensión para algunas de las reconstrucciones analizadas. Períodos de sequía extraordinarios como los acontecidos en la última década del siglo XX, desde el punto de vista climatológico e hidrológico no han tenido la severidad y extensión de ciertos eventos hidroclimáticos acontecidos en épocas anteriores, sin embargo, el impacto social y económico ha sido más intenso. Una respuesta a lo anterior, se atribuye a que la sociedad es cada vez más vulnerable a eventos de baja disponibilidad hídrica, al existir cada vez mayor competencia y demanda por el recurso agua y al establecimiento de poblaciones en sitios más vulnerables a eventos hidroclimáticos extremos.

La mayoría de las reconstrucciones paleoclimáticas reportadas en este estudio, fueron afectadas por el fenómeno ENSO en el período invernal en frecuencias de 4 a 16 años; no obstante en las últimas décadas, la significancia entre ambas variables ha disminuido probablemente por efecto del calentamiento global. No fue factible generar reconstrucciones de precipitación de la estación de verano y analizar el impacto de otros fenómenos, ya que las cronologías de madera tardía tuvieron correlaciones bajas con la precipitación estacional de verano (junio – septiembre). La precipitación de la época cálida del año representa alrededor del 70% de la lluvia anual en la región centro-norte de México.

El desarrollo e integración de una red de cronologías de anillos de árboles más completa y la exploración del potencial dendrocronológico de nuevas especies arbóreas presentes en diversos ecosistemas y cuyo crecimiento anual responda a los cambios climáticos, pueden constituir alternativas para ampliar el conocimiento de la paleoclimatología en México.

### Agradecimientos

Esta investigación fue posible gracias al financiamiento otorgado a través de fondos del

Instituto Interamericano para Investigación del Cambio Climático (IAI), proyecto CRN # 2047, a su vez financiado por el US/Nacional Science Foundation (Grant GEO-0452325).

### Fuentes de consulta

Acuña-Soto, R., D.W. Stahle, M.K. Cleaveland, M.D. Therrell. 2002. Megadrought and megadeath in 16<sup>th</sup> century Mexico. *Historical Review* 8(4): 360-362.

Cerano Paredes, J. 2004. Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para Saltillo, Coah. Tesis profesional. UAAAN, Saltillo, Coah. 152 p.

Cerano Paredes, J., J. Villanueva D., R.D. Valdéz C., E.H. Cornejo O., I. Sánchez C., V. Constante G. 2011. Variabilidad histórica de la precipitación reconstruida con anillos de árboles para el sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(4): 32-46.

Cleaveland, M.K. 1986. Climatic response of densitometric properties in semiarid site tree rings. *Tree Ring Bulletin* 46: 13 – 29.

Cook, E.R. 1987. The decomposition of tree-ring series for environmental studies. *Tree-Ring Bulletin* 47:37-59.

Florescano, E., Análisis histórico de las sequías en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión del Plan Nacional Hidráulico. México, D.F., 1980.

Fritts, H.C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press. London. 567 p.

García, A. (1997), "Alternativas ante las sequías de 1789 – 1810 en la Villa de Saltillo, Coahuila, México", en: V. García (comp.), *Historia y desastres en América Latina*, Volumen II, CIESAS, México, p. 148 - 169.

Holmes, R.L. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69 - 78

Ropelewski, C.F. and M.S. Halpert. 1986. North American precipitation and temperature patterns associated with El Niño/Southern Oscillation (ENSO). *Monthly Weather Review* 114: 2352 - 2362.

Stahle, D.W., R.D. Dárrigo, P.J. Krusic, M.K. Cleaveland, E.R. Cook, R.J. Allan, J.E. Cole, R.B.

Dunbar, M.D. Therrell, D.A. Guy. M.D. Moore, M.A. Stokes, B.T. Burns, J. Villanueva-Diaz, and L.G. Thompson. 1998. Experimental dendroclimatic reconstruction of the Southern Oscillation. *Bulletin of the American Meteorological Society* 70(10): 2137-2152.

Stahle, D.W., M.K. Cleaveland, H.D. Grissino-Mayer, R.D. Griffin, F.K. Fye, M.D. Therrell, D.J. Burnette, D.M. Meko, J. Villanueva-Díaz. 2009. Cool- and warm-season precipitation reconstruction over western New Mexico. *Journal of Climate* 22: 3729 - 3750

Stokes, M.A. and T.L. Smiley. 1968. *An introduction to tree-ring dating*. University Arizona Press. Tucson, AZ. 73 p.

Stokes, M. A. y T. L. Smiley. 1968. *An Introduction to Tree-Ring Dating*, University of Chicago Press, Chicago. 73 p.

Therrell, M. D., D. W. Stahle, and R. Acuña-Soto. 2004. "Aztec drought and the curse of one rabbit", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85 (9): 1263 – 1272.

Villanueva-Diaz, J., B. H. Luckman, D. W. Stahle, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland, J. Cerano-Paredes, G. Gutierrez-Garcia, J. Estrada-Avalaos, R. Jasso-Ibarra, 2005. Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera. *Dendrocronologia*, 22(3): 215 – 223.

Villanueva-Diaz, J, D.W. Stahle, B.H. Luckman, J. Cerano-Paredes, M.D. Therrell, M.K. Cleaveland. 2007. Winter-spring precipitation reconstructions from tree rings for northeast Mexico. *Climatic Change* 83: 117 – 131.

Villanueva Díaz, J., P.Z. Fulé, J. Cerano P., J. Estrada A., I. Sánchez C. 2009. Reconstrucción de la precipitación estacional para el barlovento de la Sierra Madre Occidental con anillos de crecimiento de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Ciencia Forestal en México* 34(105): 37 – 69.

Wright, P.B. 1979. Persistence of rainfall anomalies in the Central Pacific. *Nature* 277: 371 – 374.

**Sección II**

**Impactos, Vulnerabilidad  
y Adaptación**



# **Impactos**



## Efectos del cambio climático en los bosques templados de Coahuila

Oscar Aguado-Bautista <sup>1</sup> y José Antonio Benjamín Ordóñez-Díaz <sup>1</sup>

<sup>1</sup> PRONATURA

### Introducción

La biodiversidad actualmente es afectada por dos grandes problemas el cambio de uso de suelo y el cambio climático. Este último, se estima que podría causar la pérdida de más del 37% de la biodiversidad en los próximos 40 años (Thomas *et al.*, 2004 y Wilson y Roberts; 2011), restringiendo las distribuciones de las especies hacia latitudes y altitudes mayores (Gitay *et al.*, 2022), así como afectando su comportamiento y su fenología (Thuiller *et al.*, 2008). En algunos casos donde los cambios climáticos actúan directamente sobre la vegetación (Füssel y van Minnen, 2001; Ballesteros-Barrera, 2008), la producción primaria neta de los ecosistemas se ve comprometida, desencadenando diferentes cambios tróficos.

En el caso de México, el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad se ha analizado con diferentes taxones y escalas (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998; Peterson *et al.*, 2002; Parra-Olea *et al.*, 2005; Villers-Ruiz *et al.*, 2009; entre otros), así como se ha evaluado la vulnerabilidad del país en diferentes sectores económicos (Conde *et al.*, 1997; Sánchez y Martínez, 2000). Sin embargo muchas veces la escala de estudio es muy grande y la constante necesidad de actualizar las evaluaciones hacen prioritario conocer las nuevas tendencias y avances en materia de cambio climático.

Es por eso que el IPCC ha recomendado el uso de escenarios de cambio climático, los cuales se realizan a partir de las tendencias socioeconómicas observadas en el presente (en función de las actividades económicas está la concentración de gases efecto invernadero), proporcionando imágenes del futuro (Carter *et al.*, 2007; Randall *et al.*, 2007). Estos escenarios son modelados por medio de los Modelos de Circulación General de la

Atmósfera acoplados al Océano, cuyas escalas pueden ser a nivel global o micro-escala (Harvey *et al.*, 1997).

Por otra parte, la explicación de la relación entre las variables ambientales y los organismos está dada por su nicho ecológico, el cual según Grinnell en 1917 definió como las combinaciones climáticas que una especie puede tolerar y que posteriormente Elton en 1927 redefinió como el papel que juega una especie en el ecosistema. Dichos conceptos quedaron englobados en la definición dada por Hutchinson en 1957. Basándose en este concepto se han creado diferentes algoritmos, que permiten determinar el nicho ambiental de los organismos en función de las variables climáticas (Soberón y Peterson, 2005), ya que ésta son lo suficientemente explicativas para inferir los patrones de distribución de las especies (Holdridge, 1967; MacArthur, 1972).

Siguiendo las tendencias actuales en la implementación de los modelos de distribución de especies y escenarios climáticos, se decidió realizar una evaluación de los efectos del cambio climático en los bosques de Coahuila, para conocer si existen diferencias significativas o no entre las distribuciones actuales y futuras. Se eligió hacer el estudio en los bosques de Coahuila ya que estos están compuestos por especies de distribución restringida a la zona noroeste del país como son *Abies durangensis* var. *coahuilensis* (Johnst) Martínez, (Gymnosperm Database, 2009; Nava-Cruz *et al.*, 2006; Jiménez-Guzmán y Zúñiga-Ramos, 1991), *Quercus coahuilensis* Nixon & C.H.Müll., *Q. greggii* A.DC, *Q. mexicana* Humb. y Bonpl., *Q. saltillensis* Trel., (Villarreal y Encina, 2005; Encina y Villarreal, 2002); y *Pinus greggii* Engelm (Sánchez-González, 2008).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Materiales y métodos**

Se recopilaron 130 registros de presencia de 12 de las principales especies de los bosques templados de Coahuila según los estudios de Jiménez-Guzmán y Zúñiga-Ramos (1991), Villarreal y Encina (2005) y Rzedowski (2006). Las especies fueron: *A. durangensis*, *Cupressus arizonica*, *Juniperus erythrocarpa*, *P. ayacahuite*, *P. arizonica*, *P. greggii*, *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *Pseudotsuga menziessi*, *Q. laeta*, y *Q. saltillensis*. 104 registros fueron obtenidos a partir de las bases de datos de la Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2011) y 26 de los registros fueron obtenidos a partir del Inventario Nacional Forestal (CONAFOR, 2008). Los datos se modelaron en conjunto bajo el nombre o categoría de bosques templados, por ser especies que definen estos bosques en el estado de Coahuila. Mientras que las capas climáticas se obtuvieron del Atlas Climático de México (Fernández-Eguiarte *et al.*, 2010). Las capas climáticas corresponden a los escenarios climáticos A2 y B2 de los modelos ECHAM5 y HadGEM1 para los horizontes 2030 y 2050. La resolución de los mapas para las variables ambientales que se utilizaron fue de 30 segundos de arco e interpolados de acuerdo a la metodología de Hijmans *et al.* (2005). Los registros de presencia fueron mapeados con el programa ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008) y junto con las capas climáticas fueron estandarizados de acuerdo a los parámetros establecidos por el INEGI (2010) para México (proyección cónica de Lambert para México y datum ITRF92). A partir de las capas climáticas se obtuvieron las 19 variables bioclimáticas propuestas por WorldClim (WorldClim, 2011; ver cuadro 1), a las cuales se les realizó un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) para conocer el grado de correlación entre las variables y reducir la colinealidad en el modelo.

**Modelado con MaxEnt**

El modelo empleado fue el algoritmo MaxEnt versión 3.3.3a, ya que permite trabajar con datos de presencias sin requerir datos de ausencia (Phillips *et al.*, 2006), así como se obtienen buenos modelos con pocos datos (Hernández *et al.*, 2006). Los parámetros utilizados fueron los que vienen por defecto en el programa para el umbral de convergencia =  $10^{-9}$ ; mientras que el número máximo de iteraciones fue de 10000; 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). El tipo de replicado fue por validación cruzada. Todas las variables se tomaron como continuas. Los datos de entrenamiento fueron los registros de GBIF que corresponden al 75% del total de los registros y los datos de evaluación fueron los correspondientes al INF (25% del total).

**Validación del modelo**

La evaluación del modelo fue mediante el área bajo la curva (AUC) propuesta y utilizada por varios autores como prueba de la capacidad del modelo para predecir (Longoria, 2008; Phillips y Dudík, 2008; Phillips *et al.*, 2006). Esta prueba utiliza la curva del receptor de características operativas "receiver operating characteristic" (ROC, por sus siglas en inglés), en donde se gráfica la curva correspondiente a los valores que se esperarían si la modelación fuera al azar y después se grafican los valores obtenidos con el modelo, de tal forma que se puedan comparar las dos curvas por medio del AUC, dicho índice informa sobre la probabilidad de omisión del modelo y la compara con la obtenida al azar (0.5), siendo mejor, entre más se aproxime a uno o entre más cerca esté de la esquina superior izquierda de la curva de ROC (Longoria, 2008; Phillips y Dudík, 2008; Phillips *et al.*, 2006). Además el modelo proyecta un mapa en el cual se pueden observar las áreas donde los valores fueron restringidos al rango de los valores encontrados durante el entrenamiento, debido a que sus valores reales están fuera de dicho rango a lo que se le denomina *clamping*. Por tanto estas áreas deben tomarse con mucha precaución al momento de interpretar los mapas de distribución potencial (Phillips *et al.*, 2006). Mientras que la contribución de cada una de las variables se obtiene por medio de la prueba de Jackknife, la cual es una técnica de remuestreo sin remplazo (Phillips *et al.* 2006).

**Resultados y discusión**

En el análisis de componentes principales se obtuvo el siguiente círculo de correlaciones:

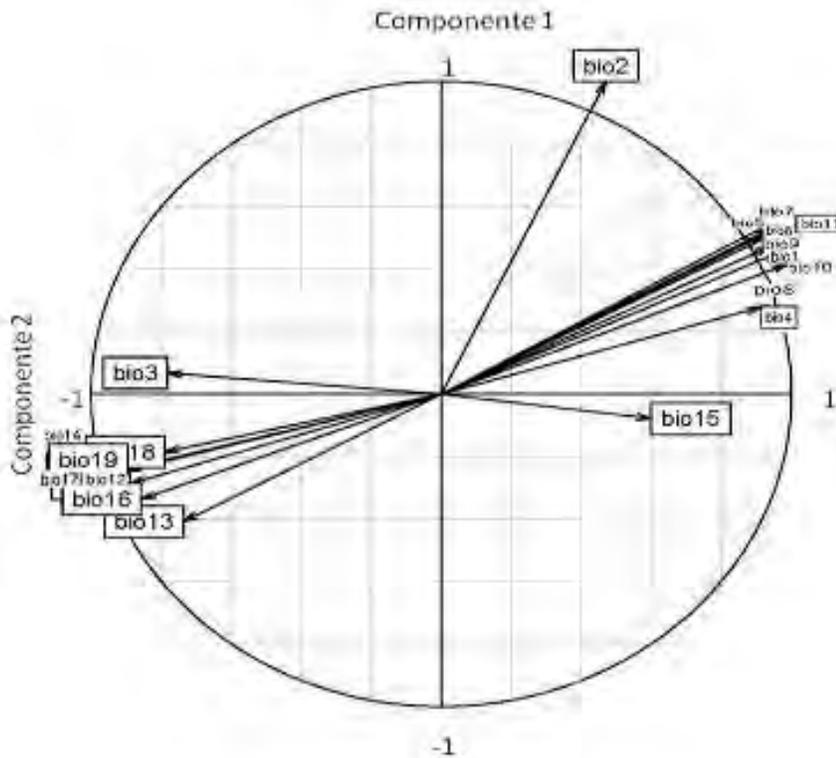
Se puede observar que las variables bio3 y bio15 tienen una menor representatividad en los componentes, en el caso de la variable bio2 está más relacionada con el componente 2 que con el 1 a diferencia de todas las demás variables, las cuales están divididas en dos conjuntos con correlaciones negativas.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 1. Variables climáticas recomendadas por el WorldClim

Código	Variable climática	Código	Variable climática
Bio1	Temperatura media anual	Bio11	Temp. Media del cuartil más frío
Bio2	Rango medio diario	Bio12	Precipitación anual
Bio3	Isotermalidad	Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio4	Estacionalidad de la temperatura	Bio14	Precipitación del mes más seco
Bio5	Temp. Máx. del mes más cálido	Bio15	Estacionalidad de la precipitación
Bio6	Temp. Min. del mes más frío	Bio16	Precipitación del cuartil más húmedo
Bio7	Rango anual de la temp. (bio5-bio6)	Bio17	Precipitación del cuartil más seco
Bio8	Temp. Media del cuartil más húmedo	Bio18	Precipitación del cuartil más cálido
Bio9	Temp. Media del cuartil más seco	Bio19	Precipitación del cuartil más frío
Bio10	Temp. Media del cuartil más cálido		

Figura 1. Circulo de Correlaciones. En la imagen los números pequeños de las variables cuentan con vectores similares a las variables encerradas en recuadros.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Por tanto las variables elegidas fueron las que mejor representaban a los componentes. Aunque las variables bio2 y bio3 no se eligieron debido a que no se tenían para los escenarios futuros. De los dos grandes conjuntos de variables se escogieron las mejor representadas las cuales fueron: bio1, bio9, bio10, bio11, bio12, bio14, bio16, bio17, así como bio15.

**Modelado de las distribuciones potenciales de los bosques**

Se obtuvieron diez mapas de las distribuciones potenciales de los bosques de Coahuila bajo diferentes escenarios, en los cuales se puede apreciar la reducción en la cobertura de los bosques templados la cual aumenta entre los horizontes 2030 y 2050.

También se puede apreciar la tendencia esperada entre los escenarios A2 y B2, mayor reducción en los primeros y menor reducción en los segundos respecto a la cobertura actual. Principalmente en el escenario A2 del modelo ECHAM5 para el horizonte 2050, donde se observa una pérdida total de los bosques.

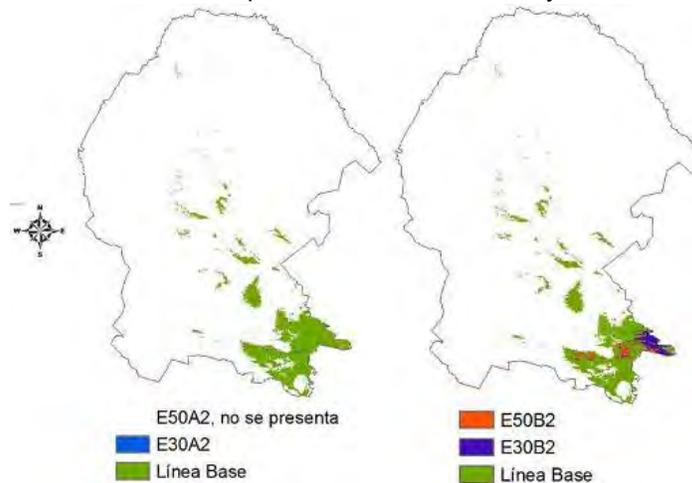
Así como también se pueden ver que las áreas al norte del estado son las más afectadas y que las zonas que más se conservan están en el sur del estado en la Sierra de Zapalinamé. A continuación en los siguientes mapas se pueden observar estos cambios (Fig. 2-3).

Las distribuciones potenciales para la actualidad no variaron mucho entre los dos modelos climáticos (con ECHAM5 se obtuvo una distribución de 8,910.76 Km<sup>2</sup> y para HadGEM1 de 9,045.12 Km<sup>2</sup>), puesto que al compararlos se tiene un valor  $p < 0.05$  de 0.32, por tanto no existen diferencias significativas entre ambas distribuciones.

Realmente las diferencias fueron al proyectar estas distribuciones a los escenarios futuros, donde en los escenarios provenientes del modelo ECHAM5 se puede observar una mayor reducción del área actual en comparación con los escenarios del modelo HadGEM1.

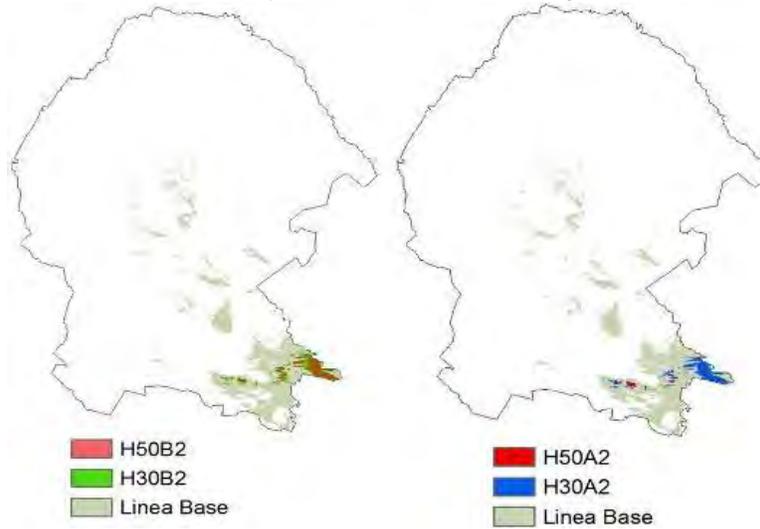
A pesar de ello la reducción en todos los escenarios es significativa puesto que es una reducción en más del 80% de la cobertura actual (Cuadro 2).

Figura 2. Mapas de las distribuciones potenciales de los bosques para los escenarios A2 y B2 del modelo ECHAM5 para los horizontes 2030 y 250.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 3. Mapas de las distribuciones potenciales de los bosques para los escenarios A2 y B2 del modelo HadGEM1 para los horizontes 2030 y 2050.



Cuadro 2. Áreas de las proyecciones obtenidas bajo los diferentes escenarios.

ECHAM5			HadGEM1		
Escenario	Cobertura (Km <sup>2</sup> )	% de cobertura actual	Escenario	Cobertura (Km <sup>2</sup> )	% de cobertura actual
E30A2*	53.27	0.60	H30A2	908.73	10.05
E30B2	1218.79	13.68	H30B2	1167.91	12.91
E50A2	0.00	0.00	H50A2	101.76	1.13
E50B2	410.24	4.60	H50B2	817.30	9.04

\* E30A2= Escenario A2 con el modelo ECHAM5 para el horizonte 2030. E30B2= Escenario B2 con el modelo ECHAM5 para el horizonte 2030. E50A2 y E50B2 igual que lo anterior pero para el horizonte 2050. H30A2, H30B2, H50A2 y H50B2, se refieren a los mismos escenarios A2 y B2 y los dos horizontes 2030 y 2050 que en los casos anteriores, solamente que son los escenarios pertenecientes al modelo HadGEM1.

**Validación del modelo**

En cuanto a los resultados del *clamping* sólo en el escenario B2 del modelo HadGEM1 para el horizonte 2050, se puede observar que existen pequeñas zonas cuyos valores al extrapolarlos se encuentran lejos de los valores presentes en el entrenamiento. Mientras que en los demás escenarios no se presentaron estos problemas, lo que quiere decir que las distribuciones obtenidas no

presentan problemas en su interpretación. Por otra parte, los puntajes de la curva AUC estuvieron entre un rango de 0.973-0.976 para los datos de entrenamiento y de 0.978-0.981 para los de evaluación, todos ellos muy por arriba del valor esperado en una distribución al azar (0.5), lo que nos indica una buena confiabilidad del modelo (Cuadro 3).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

También no hay que olvidar que el modelo aquí presentado podría mejorar si se utilizaran datos obtenidos a partir de un diseño de muestreo propio para este análisis, lo cual en la mayoría de los estudios no se tiene (Guisan et al, 1998; García, 2008), solamente así se podría corregir el sesgo que puede existir en este tipo de estudios (Araújo y Guisan, 2006), a pesar de que en este análisis se hayan tomado datos de control a partir de un muestreo mejor planificado como lo es el INE (CONAFOR, 2008).

Cuadro 3. Puntajes en la curva AUC

Escenario	AUC	
	Entrenamiento	Evaluación
E30A2	0.974	0.979
E30B2	0.976	0.978
E50A2	0.973	0.977
E50B2	0.976	0.981
H30A2	0.973	0.977
H30B2	0.976	0.979
H50A2	0.975	0.979
H50B2	0.974	0.978

Aún con todo esto los modelos de distribución de especies han tenido buenos resultados, confirmando los impactos que el cambio climático puede tener sobre la biodiversidad (Thuiller *et al.*, 2008). Por otra parte, los cambios en la distribución de los bosques templados de Coahuila no nada más se reflejarían en la pérdida de la biodiversidad, sino también en la disminución de la captura de carbono, el aprovechamiento de recursos forestales y los beneficios que el humano obtiene de ellos (Hastie, 2003). Las comunidades que actualmente reciben pago por servicios ambientales (comunidades ubicadas en Sierra de Zapalinamé) también se verían afectadas, puesto que el cambio climático perjudicaría sus esfuerzos por la conservación y gestión de los recursos de manera sostenible (PROFAUNA, 2010; Villanueva *et al.*, 2009).

**Conclusión**

Por lo visto en este estudio se puede afirmar con toda seguridad que los bosques muestran una alta

vulnerabilidad al cambio climático y en la medida que se identifiquen las áreas más vulnerables, se podrán desarrollar estrategias para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

**Agradecimientos**

Al M. en C. Martín Enrique Romero-Sánchez, a la Dra. A. Cecilia Conde y al Dr. Enrique Martínez-Meyer, por su apoyo en la elaboración de este trabajo y a Biol. Irma Estefanía García Sánchez por sus comentarios.

**Fuentes de consulta**

Araújo, M.B. y A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Jour. of Biogeography* 33: 1677 – 1688.

Ballesteros-Barrera, C. 2008. Efectos del cambio climático global en la distribución de especies del desierto chihuahuense. Tesis de Doctorado. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 99 p.

Carter, T. R., K. Alfsen, E. Barrow, B. Bass, X. Dai, P. Desanker, S. R. Gaffin, F. Giorgi, M. Hulme, M. Lal, L. J. Mata, L. O. Mearns, J. F. B. Mitchell, T. Morita, R. Moss, D. Murdiyarsa, J. D. Pabon-Caicedo, J. Palutikof, M. L. Parry, C. Rosenzweig, B. Seguin, R. J. Scholes y P.H. Whetton. 2007. General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment. Version 2. Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment. 66p.

CONAFOR. 2008. Inventario Nacional Forestal y De Suelos: Base de datos. SEMARNAT.

Conde, C., D. Liverman, M. Flores, R. M. Ferrer, R. Araújo, E. Betancourt, G. Villarreal y C. Gay. 1997. Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Clim. Resear.* (9): 17 – 23.

Elith, J., S. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. En Chee y J. Yates. 2010. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity Distrib.* (2010) 1–15.

Elton, C.S. 1927. Animal Ecology. Sidgwick and Jackson. Londres. 207 p.

Encina, J. A. y J. A. Villarreal. 2002. Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica*. Junio 1: 1 – 23.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- ESRI. 2008. Software ArcGIS 9.3.
- Fernández-Eguiarte A., J. Zavala-Hidalgo., R. Romero-Centeno. 2010. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM.
- Füssel, H-M. y J. G. van Minnen. 2001. Climate impact response functions for terrestrial ecosystems. *Integrated Assessment 2*: 183-197.
- García, M. R. 2008. Modelos predictivos de riqueza de diversidad vegetal. Comparación y optimización de modelos ecológicos. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UCM. Madrid, España. 187 p.
- GBIF. 2011. Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.org/>. (30/01/2011).
- Gitay, H., A. Suárez, R.T. Watson, O. Anisimov, F.S. Chapin, R.V. Cruz, M. Finlayson, W. Hohenstein, G. Insarov, Z. Kundzewicz, R. Leemans, C. Magadza, L. Nurse, I. Noble, J. Price, N.H. Ravindranath, T. Root, B. Scholes, A. Villamizar, X. Rumei, O. Canziani, O. Davidson, D. Griggs, J. McCarthy y M. Prather. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC [H. Gitay, A. Suárez, R.T. Watson y D.J. Dokken (eds.)]. 93 p.
- Gymnosperm Database. 2009. <http://www.conifers.org/topics/mex/mextrees.htm>. (30 de marzo de 2009).
- Grinnell, J. 1917. The niche relationship of the California Thrasher. *Auk* 34: 427 – 433.
- Guisan, A., J.P. Theurillat y F. Kienast. 1998. Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science* 9: 65 – 74.
- Harvey, D., J. Gregory, M. Hoffert, A. Jain, M. Lal, R. Leemans, S. Raper, T. Wigley y J. De Wolde. 1997. Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Contribución del Grupo de Trabajo 1 del IPCC. J. T. Houghton, L. Gylvan Meira Filho, D. J. Griggs y K. Maskell, Eds. Inglaterra. 60 p.
- Hastie, C. 2003. The benefits of urban trees. Warwick District Council. 139 p.
- Hernández, P.A., C.H. Graham, L.L. Master y D.L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773 – 785.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Internat. Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. Costa Rica.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 22: 415-427.
- INEGI. 2007. Sistema para la Consulta del Anuario Estadístico del Estado de Coahuila de Zaragoza, Edición 2007. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Aee07/estatal/coa/>. (24 de noviembre de 2009).
- INEGI. 2010. Sitio web. <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/normatividad/infgeodesia/itrf.cfm>. (15 de febrero de 2010).
- Jiménez-Guzmán, A. y M. A. Zúñiga-Ramos. 1991. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.* 62 (2): 373 – 382.
- Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson y R. G. Pearson. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28: 385-393.
- Longoria, C. A. 2008. Distribución hipotética de especies de aves y de mamíferos con categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2001, registradas en el Estado de Durango. Tesis de Maestría. IPN-CIIDIR, Durango, México. 79 p.
- McArthur, R.H. 1972. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. Harper y Row.
- Nava-Cruz, Y., F. J. Espinosa-García y G. R. Furnier-Whitelaw. 2006. Niveles y patrones de variación química en resinas de las hojas del género *Abies* del norte de México. *Agrociencia* 40: 229 – 238.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- Parra-Olea, 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.
- Peterson, A. T., M. A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sanchez-Cordero, J. Soberon, R. H. Buddemeier y D. R. B. Stockwell. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*. 416: 626-629.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(2006): 231 – 259.
- Phillips, S. J., M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- PROFAUNA. 2010. Sitio Web <http://www.profauna.org.mx/cuencas.pdf>. (1 de junio de 2010).
- Randall, D.A., R.A. Wood, S. Bony, R. Colman, T. Fichet, J. Fyfe, V. Kattsov, A. Pitman, J. Shukla, J. Srinivasan, R.J. Stouffer, A. Sumi y K.E. Taylor. 2007. Climate Models and Their Evaluation. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. 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.)]. Cambridge University Press. Estados Unidos de América. pp 589 – 662.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Sánchez, M. T. y M. Martínez. 2000. La vulnerabilidad de la industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global. En: *México, una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. C. Gay (Comp.). Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México. pp. 1 – 17.
- Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques* 14 (1), 2008: 107-120.
- Soberón, J. y A.T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1 – 10.
- Thuiller, W., C. Albert, M. B., Araújo, P. M. Berry, M. Cabeza, A. Guisan, T. Hickler, G. F. Midgley, J. Paterson, F. M. Schurr, M. T. Sykes y N. E. Zimmermann. 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9:137-152.
- Thomas, C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F.N. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A.S. van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. A. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O.L. Phillips y S.E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- Villarreal, J. 2001. Flora de Coahuila. Listados de México XXIII. Instituto de Biología. UNAM. México. 138 p.
- Villarreal, J. y D. Encina. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botánica Mexicana*. Enero (70): 1 – 46.
- Villanueva, J., J. Cerano, V. Constante, P. Fulé y E. Cornejo. 2009. Variabilidad hidroclimática histórica de la Sierra Zapalinamé y disponibilidad de recursos hídricos para Saltillo, Coahuila. *Madera y Bosques* 15(3): 45-64.
- Villers-Ruiz, L. y I. Trejo-Vázquez. 1998. Climate change on Mexican forests and natural protected areas. *Global Environmental Change*. 8 No. 2. pp. 141-157.
- Villers-Ruiz, L., I. Trejo-Vázquez, E. Martínez-Meyer, S. Sánchez-Colón, E. Calixto-Pérez, R. Vázquez. 2009. Biodiversidad. Reporte Final del proyecto: 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 Climáticos; y Fomento de Capacidades y Asistencia Técnica a Especialistas Estatales que Elaborarán Programas Estatales de Cambio Climático. INE/UNAM. México,

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

DF. 26 pp.  
[http://www.atmosfera.unam.mx/cclimat/documentos/reportes/InformeFinalBIODIVERSIDAD\[1\].pdf](http://www.atmosfera.unam.mx/cclimat/documentos/reportes/InformeFinalBIODIVERSIDAD[1].pdf).  
(Revisado 10 febrero de 2010).

Wilson, C. D. y D. Roberts. 2011. Modelling distributional trends to inform conservation strategies for an endangered species. *Diversity and Distributions* 17: 182-189.

WorldClim. 2011. Sitio web de WorldClim. <http://www.worldclim.org/bioclim>. (Revisado 15 enero de 2011).



## Especies invasoras y cambio climático: factores que modifican la biodiversidad y los ecosistemas en México

Georgia Born-Schmidt <sup>1</sup> Yolanda Barrios <sup>1</sup> Edith Calixto-Pérez <sup>1</sup>  
y Ana Isabel González <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

### Introducción

Aunque en la actualidad se reconoce ampliamente que las especies invasoras y el cambio climático son dos de las principales causas de pérdida de biodiversidad en todo el mundo (Burgiel & Muir 2010; CBD 2010, COP 6, Decisión 24), durante mucho tiempo los dos temas se han tratado por separado en la literatura científica. A partir de finales de los 90s, e inicio de 2000 cada vez más publicaciones interrelacionan esos dos factores para entender de qué manera interactúan.

Sus efectos combinados no sólo perjudican el medio ambiente, sino que también pueden afectar a la economía y la salud humana. Se estima que los daños causados por las especies invasoras suman más de 1.4 billones de dólares cada año, es decir el 5% de la economía mundial (Burgiel 2010). Las pérdidas económicas causadas por el cambio climático mundial se calculan también en aproximadamente un 5% del PIB anual (Stern 2006).

En general, se espera que el cambio climático (CC), a través del incremento de las temperaturas y los cambios en la precipitación entre otros factores, intensifique los problemas que enfrenta el mundo en cuanto a especies invasoras (Dukes y Mooney 1999), dando origen a invasiones en mayor número e intensidad. Algunos factores que favorecen que una especie sea invasora, a menudo incluyen el adaptarse rápidamente y el prosperar bajo condiciones cambiantes y entornos alterados (por ej., a raíz de eventos meteorológicos extremos tales como inundaciones, incendios y sequías) (Sutherst et al. 2007; NAPPO en prensa). Esto último les da una ventaja con respecto a las especies nativas (Low 2008). Sin embargo, todavía persiste un alto grado de incertidumbre en las proyecciones en torno al cambio climático y el comportamiento de las especies invasoras; podría ser que el cambio climático haga surgir “nuevas” especies invasoras,

disminuyendo al mismo tiempo los impactos de otras (Hellmann et al. 2008; NAPPO en prensa).

En este trabajo se presenta una introducción general al tema con base en la literatura más reciente y relevante, así como señalar vacíos existentes y posibles enfoques para dirigir las investigaciones a futuro en materia de cambio climático y especies invasoras.

### ¿Qué son las especies invasoras?

Muchos organismos de otros países o regiones pueden sobrevivir en nuevos ambientes sin mostrar efectos perjudiciales durante un largo periodo de tiempo; sin embargo, algunas especies pueden superar barreras ambientales, llegar a reproducirse y establecer una nueva población viable fuera de su área de distribución natural que con el paso de varios años, puede modificar drásticamente su nuevo entorno. Para cuando los daños ocasionados por las especies invasoras son perceptibles, las invasiones, en general, han alcanzado grandes magnitudes con graves consecuencias (Comité Asesor Nacional sobre especies invasoras 2010).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define a las especies invasoras como “aquellas que prosperan sin ayuda del ser humano y amenazan hábitats naturales o seminaturales, fuera de su área habitual de distribución” (CDB 2009) y señala que “es uno de los principales generadores del cambio ambiental en el mundo” (MA 2005; Sala et al. 2000). Sin embargo hay que aclarar que no todas las especies exóticas son invasoras, se distingue entre especies exóticas y especies exóticas invasoras como se describe en las siguientes definiciones. Una especie exótica se define como aquella especie, subespecie o taxón inferior que se establece fuera de su área natural (pasada o actual) y de dispersión potencial (fuera del área que ocupa de manera natural o que no podría ocupar sin la directa o indirecta introducción o cuidado humano) e

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

incluye cualquier segmento, gameto o propágulo de dicha especie que puede sobrevivir y reproducirse (CDB 2009, IUCN 1999). Este término también puede aplicarse a niveles taxonómicos superiores, como género o familia (IUCN 1999; Lever 1985).

Una especie exótica invasora en cambio, es aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenazan la diversidad biológica nativa, la economía y la salud pública (DOF 2010). Sin embargo, es necesario indicar que algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otra región ecológica distinta a su área de distribución en el mismo país (traslocación), o incluso en su sitio de origen, cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

**Proceso de invasión biológica**

Las invasiones biológicas pueden ser parte de un proceso natural de dispersión y colonización de nuevos hábitats. Desde los primeros movimientos migratorios humanos hasta la fecha, una gran variedad de organismos siguen siendo transportados e introducidos a nuevas áreas con fines productivos (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

En las últimas décadas las actividades humanas como el comercio han acelerado la dispersión de especies de diferentes grupos taxonómicos, que han logrado trasladarse grandes distancias, dado que las barreras geográficas naturales que durante millones de años habían limitado el movimiento de muchas especies, se han vuelto cada vez menos eficaces.

A medida que las especies superan las diferentes barreras (barrera geográfica, de medio ambiente, de reproducción etc.) su estatus va cambiando de especie exótica casual (especies que eventualmente se extinguen debido a que no son capaces de formar poblaciones que se auto-reproduzcan) a especie exótica hasta por fin llegar al el estatus de naturalización e invasión (Richardson et al. 2000). La naturalización se refiere al proceso de establecimiento de una especie exótica en el área donde fue introducida que por sus características, similitud ambiental al área de distribución original o condiciones adecuadas, permite el establecimiento

de poblaciones autosuficientes en vida libre (Lever 1985; Richardson et al. 2000).

Muchos estudios se han dedicado a identificar las características que permiten predecir si una especie se volverá invasora. Hasta ahora, los estudios realizados indican que no hay una característica biológica simple que permita predecir el éxito de invasión de las especies, pero algunas características son más comunes. En un análisis de datos globales, las malezas agrícolas tendieron a ser especies herbáceas, reproductivamente rápidas y dispersadas abióticamente, mientras que las plantas con mayor probabilidad de volverse invasores naturales fueron principalmente acuáticas o semiacuáticas, pastos, fijadoras de nitrógeno, enredaderas y árboles clonales (Daehler, 1998).

**¿Por qué representan una amenaza para la biodiversidad?**

En todo el mundo se ha demostrado que las especies exóticas invasoras causan graves daños a la biodiversidad, perjudican los servicios ambientales y por consiguiente el bienestar humano.

En el ámbito nacional los impactos de las especies exóticas no han sido cuantificados; sin embargo, los datos disponibles indican que son muchos los ecosistemas afectados. Ejemplo de ello es que se tiene una buena aproximación sobre el número de plantas no nativas a escala nacional (Espinosa-García et al. 2009), pero actualmente no se sabe con certeza cuál es su distribución ni cuáles son sus tamaños poblacionales.

Las especies invasoras pueden llegar a causar extinción de poblaciones y especies nativas (Wilcove et al. 1998), degradación de los ambientes acuáticos y terrestres (Carlton 2001; D'Antonio y Kark 2002), particularmente los insulares (Veitch y Clout 2002), la alteración de los procesos y funciones ecológicas y la modificación de los ciclos biogeoquímicos (D'Antonio y Vitousek 1992). También se ha documentado que las especies invasoras causan deterioro en los servicios ambientales, afectan la producción de alimentos y pueden ser devastadoras en ecosistemas agropecuarios; dañan la infraestructura pública, degradan las tierras de cultivo, afectan la calidad del agua y los paisajes de valor turístico e histórico; por todo esto, sus impactos pueden significar elevados costos, tanto por el daño directo como por el gasto invertido en su control o erradicación (Pimentel et al. 2000; 2001; 2005). Los ambientes acuáticos en

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

particular, han demostrado ser extremadamente sensibles; aproximadamente 40% de las extinciones de especies que habitan estos ambientes han estado relacionadas con la depredación, el parasitismo o la competencia por especies invasoras (Pimentel et al. 2001 en Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Se estima que en el futuro la tasa mediana de extinción en los ambientes acuáticos, particularmente en los dulceacuícolas, es cinco veces mayor que en los ambientes terrestres (Ricciardi y Rasmussen 1999). La biodiversidad insular es especialmente vulnerable a las especies introducidas debido a que en estos ambientes hay una alta proporción de especies endémicas que carecen de mecanismos de defensa ante las especies exóticas con las cuales no coevolucionaron. Los efectos observados son la extinción en tiempos muy breves por competencia, depredación o patógenos (Primack 2002). En particular, para la avifauna de las islas, el riesgo de extinción es cuarenta veces más alto que para las especies continentales. Las especies invasoras están consideradas como la primera causa de pérdida de biodiversidad en el territorio insular. En las islas de México, 12% de las aves endémicas y 20% de los mamíferos endémicos se han extinguido a causa de las especies introducidas; por ejemplo, los gatos ferales en los ecosistemas insulares han causado la extinción de al menos diez roedores endémicos de las islas del noroeste (Aguirre-Muñoz et al. 2009).

**Posibles efectos del Cambio climático sobre la biodiversidad y las especies invasoras**

Los impactos directos del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas han sido descritos en la literatura científica para todos los continentes y océanos y para los mayores grupos taxonómicos (Parmesan 2006). El mismo autor cita diversos autores que han descrito cambios fenológicos en las especies, en la dinámica de las poblaciones, área de distribución geográficas, estructura y composición de comunidades y funcionamiento de los ecosistemas que le llevan a la conclusión de que el calentamiento antropogénico global ya está afectando a la biota de la tierra. Tomando en cuenta estos efectos a las especies nativas, es probable que el cambio climático provoque también respuestas en las especies invasoras, aunque algunas de esas podrían ser distintas (Bradley et al. 2010; Hellmann et al. 2008; Low 2008; Walther et al. 2009; NAPPO en prensa).

Para clasificar los múltiples efectos potenciales del cambio climático sobre las especies invasoras se usan diferentes enfoques (véase Hellmann et al. 2008, Walther et al. 2009, Burgiel y Muir 2010). En este artículo nos orientamos en el esquema de Hellmann et al. (2008) que asocia los posibles efectos del cambio climático con las etapas de invasión, que definen como transporte, colonización, establecimiento y dispersión, y enlista 5 siguientes posibles consecuencias: a) alteración de mecanismos de transporte e introducción, b) modificación de las restricciones climáticas para especies invasoras, c) cambios en la distribución de las especies invasoras ya presentes, d) alteración de impactos de las especies invasoras ya presentes y e) alteración de la efectividad de estrategias de manejo para especies invasoras.

Los siguientes párrafos resumen algunos de los efectos del cambio climático sobre las especies invasoras.

- a) Cambios en las actividades humanas y en los mecanismos naturales que afectan el transporte y la introducción intencional y accidental

El cambio climático afectará las actividades humanas de manera múltiple; las cuales a su vez tendrán un impacto sobre la introducción y dispersión de las especies invasoras (Burgiel & Muir 2010), que habitualmente llegan a nuevas áreas por medio del ser humano. El cambio climático podrá alterar tanto los patrones del transporte humano como las actividades comerciales, productivas y recreativas y así incrementar la presión de propágulo (la presión de propágulo es una función de la frecuencia y número de propágulos introducidos en un hábitat) de especies exóticas en distintos lugares. Por ejemplo el calentamiento global puede prolongar la temporada de navegación y al mismo momento abrir nuevas rutas más cortas (provocadas por la reducción del hielo ártico), lo que puede resultar en más llegadas de barcos y especies exóticas (transportadas por ejemplo en el agua de lastre), así mismo permitiría un porcentaje más alto de sobrevivencia de los organismos durante el transporte (Hellmann et al. 2008; Duker 2011).

Los cambios en las temperaturas y la precipitación (se espera que las áreas secas se volverán más secas y las áreas húmedas experimentarán más

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

precipitación) provocarán un incremento en la demanda de especies de rápido crecimiento, que soportan disturbios y condiciones climáticas más extremas, características que coinciden con las de especies invasoras (Burgiel & Muir 2010). Por eso en varios casos ya se propone el uso de invasoras para actividades productivas. Por ejemplo diferentes gobiernos, entre ellos México, promueven la producción de plantas de biocombustible como el carrizo gigante (*Arundo donax*) y jatropha (*Jatropha curcas*) para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> que contribuyen al cambio climático, lo cual aumenta el riesgo de introducción y escape de estas plantas exóticas (Dukes 2011). De igual preocupación son los monocultivos de especies invasoras que tienen mayor capacidad de secuestro de dióxido de carbono como las plantaciones del árbol de sebo (*Triadica sebifera*) en Texas. Las políticas que están enfocadas exclusivamente a la mitigación del cambio climático pueden llevar a la toma de decisiones que dejan afuera implicaciones para la biodiversidad (Burgiel & Muir 2010). Con respecto a los impactos del cambio climático en las introducciones naturales, hay que considerar las consecuencias de incrementos en la frecuencia y en la intensidad de eventos climáticos extremos como huracanes, los cuales pueden facilitar la dispersión de organismos a través del aire (ej. insectos, pájaros, patógenos y semillas de plantas invasoras) o por la circulación del agua (ej. larvas marinas) llevando a los organismos a grandes distancias lejos de su área de distribución original (Hellmann et al. 2008). Un ejemplo para México es la llegada de la palomilla de nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) de las islas del Caribe durante la época de huracanes en 2005. Otra manera de introducción natural relacionada a eventos climáticos extremos es a través de las inundaciones, las cuales pueden provocar escapes de especies acuáticas anteriormente confinadas como ha ocurrido en el sur de EU.

**b) Cambios en las restricciones climáticas y sus efectos a colonización, establecimiento y a la competitividad de especies invasoras**

Hellmann y colaboradores (2008) identifican 3 mecanismos por los cuales el cambio climático podría provocar invasiones de nuevas especies. Primero, se espera que cambios en las restricciones climáticas resulten en la colonización y el establecimiento de poblaciones persistentes de especies exóticas que no habían podido establecerse con éxito; por ejemplo un incremento

de temperatura podría implicar invasiones de especies exóticas de regiones más calientes que hasta la fecha no han podido establecerse debido a las temperaturas inadecuadas. En segundo lugar especies que llegan y son tolerantes al clima podrán tener una mejor oportunidad de superar restricciones bióticas para su crecimiento y establecer poblaciones persistentes debido al cambio climático. Los movimientos de especies nativas fuera de su área de distribución normal debido a los efectos del cambio climático, podrán crear nichos libres y recursos disponibles y de esta manera facilitar la sobrevivencia de las invasoras. Y tercero, las especies exóticas establecidas pueden volverse invasoras si su competitividad o su tasa de dispersión se incrementa con el cambio climático.

**c) Efectos a la distribución de especies invasoras ya presentes**

Los cambios en las restricciones climáticas como temperatura, precipitación etc. pueden causar modificaciones del área de distribución de poblaciones de invasoras ya establecidas. Además de un cambio del área de distribución hacia los polos, se predice también un cambio en la distribución altitudinal de las especies invasoras que en consecuencia pueden convertirse una amenaza para los ecosistemas montañosos (Pauchard et al. 2009; Petitpierre et al. 2010). La temperatura es un factor importante para muchas especies incluso patógenos, plagas y vectores sobre todo en regiones de temperaturas moderadas donde el área de distribución de las poblaciones de organismos invasoras establecidos está delimitada por temperaturas frías o heladas. Las temperaturas elevadas de invierno pueden aumentar la tasa de sobrevivencia durante esta época e incrementar las poblaciones y su distribución. Aunque muchos estudios se concentran en los impactos de la temperatura en las especies invasoras, ya que ésta tiene efectos directos sobre la sobrevivencia, el crecimiento y la reproducción, (Kehlenbeck et al. 2007; Hellman et al. 2008; Shi et al. 2010), algunos estudios indican que la temperatura para plantas invasoras no es el factor determinante. Según Richardson et al. (2000) cambios en la precipitación, incrementos en los niveles de CO<sub>2</sub> y deposición de nitrógeno pueden jugar un papel más importante. En general las plantas crecen más rápido con niveles elevados de CO<sub>2</sub> aunque algunas responden más que otras. Las plantas del tipo C<sub>3</sub> que tienen un crecimiento rápido responden más que plantas del tipo C<sub>4</sub>, así se puede prever cuales podrían tener ventajas con el cambio climático en el futuro, lo cual

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

podría resultar en una modificación de su área de distribución (Dukes 2011). Si las especies invasoras cambian su área de distribución a hábitats más adecuados con mayor rapidez que las especies nativas pueden tener una ventaja competitiva. Las especies exóticas establecidas pueden volverse invasoras si el cambio climático aumenta su competitividad y su tasa de dispersión (Hellman et al. 2008).

**d) Modificación de los impactos de especies invasoras ya presentes por los efectos del cambio climático**

Dukes (2011) define el impacto de una especie invasora como el producto de las siguientes tres condiciones: 1) Tamaño del área de distribución, 2) abundancia dentro de dicha área de distribución y 3) el efecto per cápita sobre el ecosistema o característica de interés; por lo consecuente el cambio climático puede alterar el impacto de una invasora modificando cualquiera de las componentes. Un ejemplo que permite ilustrar la modificación de las dos primeras condiciones es el Zacate Buffel (*Pennisetum ciliare*) introducido intencionalmente como pasto para ganado hoy con amplia distribución en el norte de México (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). El Zacate Buffel es una planta pirófila (es decir que es adaptada al fuego y promueve incendios), por lo que con el cambio climático podrá generar ciclos recurrentes de fuego que favorecen su propia expansión y establecimiento. Los intervalos de fuego, cada vez más cortos, colocan en desventaja a muchas especies nativas adaptadas a períodos más largos. Además los incendios recurrentes eliminan la cobertura del hábitat de diversas especies de fauna, exponiéndolas más a los depredadores (Mooney y Hobbs, 2000; TNC 2008).

**e) Efectividad de estrategias de manejo para especies invasoras**

El cambio climático puede afectar una variedad de técnicas que se usan hoy en día para el control y erradicación de especies invasoras (Hellmann et al. 2008; Dukes 2011). El control mecánico (arrancar manualmente) en caso de plantas con distribución limitadas por temperaturas bajas y heladas, sigue siendo una medida de control efectiva. Un incremento de temperaturas podrá incrementar la posibilidad de sobrevivencia de las plantas durante inviernos más templados y volver este método inútil. Para varias plantas invasoras el control químico es una manera efectiva de control o erradicación, sin embargo si el cambio climático promueve su

crecimiento, podría ser necesario aplicar herbicidas en mayores cantidades con posibles consecuencias negativas para otros organismos. Ziska et al. (2011) menciona estudios iniciales que indican que un incremento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> podrían ampliar la tolerancia de especies invasoras terrestres contra ciertos herbicidas. Las alteraciones en los factores climáticos podrán afectar la efectividad de agentes de biocontrol, a través de cambios en la relación interespecífica de especies de biocontrol y su grupo destinatario (Hellmann et al. 2008). Esto significaría que las especies invasoras que están actualmente controladas pueden volverse un problema de nuevo. Por el contrario, otros agentes de biocontrol pueden volverse más eficientes con un incremento de temperatura. Esto quiere decir que será necesario monitorear los cambios y sus efectos sobre los métodos de manejo y adaptar y desarrollar nuevas técnicas.

**Efectos del cambio climático a las especies nativas**

Como se mencionó al inicio del resumen, no solo las especies exóticas, sino también las nativas pueden volverse invasoras en cuando ocurren cambios en los ecosistemas que crean condiciones que las favorezcan (Burgiel & Muir 2010). Un ejemplo muy estudiado es el escarabajo del pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*,) nativo de los bosques del oeste de América del Norte que ha podido incrementar su población y expandir su área de distribución debido a inviernos muy templados en años recientes. A causa del incremento en el tamaño de sus poblaciones, los escarabajos no atacan solamente árboles ya enfermos y débiles pero también árboles más grandes y en mejor estado de salud. En consecuencia eso resulta en pérdidas de madera, en liberación de dióxido de carbono, incremento de probabilidad de incendios y reducción de la capacidad de los bosques de secuestrar dióxido de carbono de la atmosfera. Esto último es conocido como efecto de repercusión (feedback effect) en el que las especies invasoras exacerban el cambio climático (Burgiel & Muir 2010; NAPPO en prensa).

**Utilidad de modelos de nicho ecológico en estudios de cambio climático y especies invasoras.**

Con los modelos de nicho ecológico es posible identificar áreas climáticamente viables para la distribución de una especie, ya sea dentro de su área de distribución original, o en otras regiones en las que no se ha registrado (Martínez-Meyer 2005).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Es por esta razón que en años recientes han sido muy empleados en investigación relacionada con especies invasoras (Peterson y Holt 2003) identificando sitios potenciales para la distribución de una especie que ha sido introducida en nuevas regiones. Además, debido a que los modelos de nicho se basan en asociaciones entre variables ambientales y los sitios donde se ha registrado una especie, son una herramienta útil para identificar áreas de distribución potencial para una especie invasora considerando escenarios de cambio climático. Sin embargo, son aún muy diversas las fuentes de incertidumbre asociadas a este tipo de estudios ya que por un lado los escenarios de cambio climático son *una alternativa de lo que podría acontecer en el futuro, su evolución futura es muy incierta* (IPCC 2000), y por otro lado, la construcción de un modelo de nicho ecológico robusto va a depender entre otras cosas, de contar con un conjunto de datos confiables que permitan reconstruir adecuadamente el nicho ecológico de la especie (Martínez-Meyer 2005); lamentablemente en el caso de las especies invasoras, en muchas ocasiones no se cuenta con este tipo de información dificultando los análisis.

**Posibles enfoques para dirigir las investigaciones**

Durante los últimos 10 años la ciencia se enfocó de manera más intensa a entender las relaciones entre las invasiones biológicas y el cambio climático a tal grado que se ha desarrollado una sub-disciplina que ha generado publicaciones de investigación empírica, revisiones sintéticas, análisis de manejo y políticas públicas (Burgiel & Muir 2010). Sin embargo, los conocimientos siguen siendo incipientes y las evidencias anecdóticas no permiten proyecciones confiables. Muchas preguntas claves como si el cambio climático será “un juego en blanco y si el cambio climático beneficia de manera diferente a las especies invasoras” siguen sin respuesta (Hellmann et al. 2008). Aunque el número de especies invasoras quedará igual sería útil saber cuáles son las especies que más probablemente cambiarán (Hellmann et al. 2008). La información con la que se cuenta respecto a las especies invasoras es muy heterogénea, muchos estudios se dedican a modelar las alteraciones sobre el área de distribución de plantas y animales, en el caso de microorganismos hay muy poca información con respecto a invasiones (Walther et al. 2009). En relación al manejo y control de las especies invasoras en el futuro surge la pregunta ¿cómo priorizar las especies a atender? Erradicar la

totalidad de especies que se han identificado en el país es una tarea titánica, y en algunos casos las especies invasoras que están previstas para ser controladas hoy en día pueden volverse aceptables o hasta necesarias en algunos sitios para asegurar las funciones y servicios ecosistémicos por ejemplo como reemplazo de las especies nativas extirpadas (Williams 1997 en Walther et al. 2009).

Burgiel & Muir (2010) enlistan varias razones que revelan el porqué de la falta de evidencia más sólida. En lo siguiente resumimos algunas de ellos. Una explicación puede ser que hasta la fecha la atención se ha concentrado en especies bien estudiadas, de importancia económica y fácil de manipular en experimentos de laboratorio en países desarrollados. En muchos países en desarrollo las bases de datos no contienen la información suficiente para crear proyecciones con respecto al cambio climático y especies invasoras. La base de datos en México por ejemplo se empezó a llenar de manera más sistemática a partir de 2007 a través de proyectos por encargos y convocatorias de proyectos enfocadas a especies invasoras. Hasta la fecha muchas investigaciones sobre modificaciones a la distribución de especies invasoras toman la temperatura como factor principal del cambio climático o examinan respuestas a incrementos de concentraciones de CO<sub>2</sub>, sin embargo faltan estudios que tomen en cuenta patrones de precipitación y otros factores del cambio global (cambio de uso de suelo etc.). Por otro lado, como se mencionó arriba, los modelos que se utilizan para pronosticar el cambio climático y simular el impacto del cambio climático sobre las distribuciones de especies, involucran una serie de suposiciones e incertidumbres que afectan su utilidad.

**Conclusiones**

Algunos científicos prevén graves consecuencias por la interacción entre especies invasoras y cambio climático debido a que son consideradas dos de las amenazas más severas a la biodiversidad (Low 2008). ¿Qué significa esto para un país como México que es mega diverso y en el cual una gran parte de la población depende directamente de los recursos naturales para su sobrevivencia?

La situación actual y potencial a futuro requiere que se intensifique la investigación básica y aplicada para disminuir los vacíos de conocimientos y que se desarrollen métodos nuevos que tomen en cuenta las interacciones entre el cambio climático y las especies invasoras para asegurar una mejor toma

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

de decisiones (Hellmann et al. 2008). Es necesario ampliar el sistema de alerta temprana y respuesta rápida que hasta la fecha solamente existe para plagas (cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal, o agente patógeno que sea dañino para las plantas o productos vegetales (FAO 2004 en Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010)), hacia especies invasoras que se encuentran en ambientes naturales. De esta manera será posible detectar nuevas invasiones a tiempo y monitorear el comportamiento de especies exóticas y especies invasoras ya establecidas. Otro aspecto clave para atender el tema es lograr un trabajo más cercano y de manera coordinada entre las diferentes instituciones que tienen atribuciones en el tema a nivel local, estatal, nacional y regional. Para prevenir introducciones intencionales con consecuencias graves es indispensable desarrollar un método de pre-evaluación (*pre-screening*) robusto y estandarizar una metodología para análisis de riesgos e implementarla. Según el caso y la factibilidad (suficiente apoyo científico) será necesario tomar en consideración el cambio climático en estos análisis de riesgo (NAPPO en prensa).

En cuanto a la relación entre la conservación de las especies, el cambio climático y las especies invasoras, es necesario considerar nuevas estrategias como la reubicación de ejemplares nativos a áreas con condiciones adecuadas (migración asistida).

A nivel político, es necesario que se tome en cuenta la interacción entre estas dos amenazas para la biodiversidad al momento de definir e implementar políticas sobre cambio climático y especies invasoras en México.

**Fuentes de consulta**

Aguirre-Muñoz, A., R. E. Mendoza-Alfaro, H. Arredondo, L. Arriaga, E. Campos, et al. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En R. Dirzo, R. González y I.J. March (eds.), *Capital natural de México: Vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México D.F. II, pp. 277-318.

Bradley, B. A., Wilcove, D. S. and Oppenheimer, M. 2010. Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States. *Biological Invasions* 12(6): 1855-1872.

Burgiel, S. W. y Muir, A. A. 2010. Invasive species, climate change and ecosystem-based adaptation: Addressing multiple drivers of global change. *Global Invasive Species Programme (GISP)*, Washington, DC, US, and Nairobi, Kenya. 55 pp.

Carlton, J. T. 2001. Introduced species in U.S. coastal waters. *Environmental impacts and management priorities*, Arlington, Virginia.

CBD. 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

Comité Asesor Nacional sobre especies invasoras 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

D'Antonio, C. M. y P. M. Vitousek. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:63-87.

D'Antonio, C. M. y S. Kark. 2002. Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems. *TRENDS in Ecology and Evolution* 17:202-204.

Daehler, C. C. 1998. The taxonomic distribution of invasive angiosperm plants: ecological insights and comparison to agricultural weeds. *Biological Conservation*. 84: 167-180.

DOF. 6 de abril de 2010. Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y de la Ley General de Vida Silvestre. *Diario oficial de la Federación, México*.

Dukes, J. S. y H. A. Mooney. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology & Evolution*. 14:135-139.

Dukes, J. S. 2011. Climate Change. En D. Simberloff, y M. Rejmanke (eds.), *Encyclopedia of biological invasions*. Encyclopedia of the World. No 3. University of California Press.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- Espinosa-García, F. J., J. L. Villaseñor y H. Vibrans. 2009. Chapter 5 Mexico: Biodiversity, distribution and possible economic impact of exotic weeds. en *Invasive plants on the move: Controlling them in North America. Based on presentations from Weeds across borders 2006 conference*. Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson, Arizona, pp. 43-52.
- Gurevitch, J. y D. K. Padilla. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution* 19:470-474.
- Hellman, J. J., Byers, J. E., Bierwagen, B. G. y Duker, J. S. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology* 22(3): 534-543.
- Mooney, H.A. y R. J. Hobbs. 2000. Invasive species in a changing world. Island press, Washington, D.C.
- IPCC 2000. Informe especial del IPCC, escenarios de emisiones, resumen para responsables de políticas. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Disponible en <<http://www.ipcc.ch>>
- IUCN. 1999. Especies Invasoras Exóticas, *Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico*, Montreal, Canadá.
- Kehlenbeck, H., G. Schrader y J.-G. Unger. 2007. Climate Change: More vector transmitted plant pests? Berlin.
- Lever, C. 1985. Naturalized mammals of the world. Longman, London, New York.
- Low, T. 2008. Climate change & invasive species - A review of interactions. November 2006 Workshop Report. Biological Diversity Advisory Committee, Department of Environment, Water, Heritage and the Arts, Government of Australia, Canberra, Australia. 30 pp.
- MA. 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington DC.
- Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations iforecasting shifts in species' potential distributions, *Biodiversity Informatics*.2:42-55.
- NAPPO North American Plant Protection Organization (en prensa). Climate change and Pest Risk Analysis. Discussion Paper prepared by members of the Pest Risk Analysis and Invasive Species Panels.
- Pauchard, A., Kueffer, C., Dietz, H., Daehler, C. C., Alexander, J., Edwards, P. J., Arévalo, J. R., Cavieres, L. A., Guisan, A., Haider, S., Jakobs, G., McDougall, K., Millar, C. I., Naylor, B. J., Parks, C. G., Rew, L. J. y Seipel, T. 2009. Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(9): 479-486.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37:637-669.
- Peterson, A. T. y R. D. Holt. 2003. Niche differentiation in Mexican birds: Using point occurrences to detect ecological innovation. *Ecology Letters*. 6:774-782.
- Petitpierre, B. C., Kueffer, C., Seipel, T. y Guisan, A. 2010. Will the risk of plant invasions into the European Alps increase with climate change? Presentation at: Neobiota 2010 Conference - Biological Invasions in a Changing World, from Science to Management, University of Copenhagen, Denmark.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga y D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* 50:53-65.
- Pimentel, D., S. McNair, J. Janecka, J. Whightman, C. Simmonds, et al. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84:1-20.
- Pimentel, D., R. Zuñiga y D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological economics* 52:273-288.
- Primack, R.B. 2002. Essentials of conservation biology. Sinauer Associates Inc, Sunderland, Massachusetts.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- Pyke, C. R., R. Thomas, R. D. Porter, J.J. Hellman, J. S. Dukes, et al. 2008. Current practices and future opportunities for policy on climate change and invasive species. *Conservation Biology* 22:585-592.
- Ricciardi, A. y J.B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American Freshwater fauna. *Conservation Biology* 13:1220-1222.
- Richardson, D. M., P. Pysek, M. Rejmánek, M. G. Barbour, F. D. Panetta, et al. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions* 6:93-107.
- Sala, O. E., F. S. I. Chapin, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, et al. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2010. *Science* 287:1770-1774.
- Schofield, P. J., J. D. Nico, L. G. Fuller y M. R. Thomas. 2005. Foreign nonindigenous carps and minnows (Cyprinidae) in the United States - A guide to their identification, distribution and Biology: *U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5041*. USGS.
- Shi, J., You-Qing Luo, Y.-Q., Zhou, F. y He, P. 2010. The relationship between invasive alien species and main climatic zones. *Biodiversity and Conservation* 19: 2485–2500.
- Stern 2006. Stern Review. The Economics of Climate Change. HM Treasury London, UK.
- Sutherst, R. W., G. F. Maywald y A. S. Bourne. 2007. Including species interactions in risk assessments for global change. *Global Change Biology* 13:1843–1859.
- TNC The Nature Conservancy. 2008. Congreso Mexicano de Ecología. Mérida, Yucatán, Noviembre 2008.
- Veitch, C. R. y M. N. Clout. 2002. Turning the tide: the eradication of invasive species. *Proceedings of the international conference on eradication of island invasives*.
- Wilcove, D. S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips y E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48:607-615.
- Ziska, L. H., D. M. Blumenthal, G. B. Runion, E. R. Hunt Jr y H. Diaz-Soltero. 2011. Invasive species and climate change: an agronomic perspective. *Climatic Change* 105 13–42.



# Efectos potenciales de la estructura primaria de la vegetación ante un escenario de cambio climático en el estado de Veracruz, México: una aproximación mediante modelado de nicho ecológico

Israel Estrada Contreras <sup>1</sup> Miguel E. Equihua Zamora <sup>2</sup> Gonzalo Castillo Campos <sup>3</sup> y Octavio Rojas Soto <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ecología, A.C.

<sup>2</sup> Red de Ambiente y Sustentabilidad, Instituto de Ecología, A.C.

<sup>3</sup> Red de Biodiversidad y Sistemática, Instituto de Ecología, A.C.

<sup>4</sup> Red de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología, A.C.

## Introducción

El cambio climático se refiere a la modificación en el clima que puede ser identificado por cambios en sus propiedades estadísticas acumuladas por extensos períodos, típicamente décadas o aún más prolongados (Hegerl *et al.*, 2007). En el Estudio de País para México, Gay *et al.* (2000) concluyen que se experimentarán incrementos moderados en la temperatura atmosférica de superficie en la mayoría de las regiones de México. Los mismos autores estiman que habrá un gran impacto en la temporada de lluvias en México, aunque el signo de estos cambios es sumamente difícil de predecir. En términos generales se estima existen cuatro direcciones generales de cambio a través de las cuales las especies responderán al cambio climático: movimiento, adaptación (en términos de cambio evolutivo), aclimatación fisiológica, o extirpación (Holt, 1990). Si las especies son suficientemente vágiles pueden recurrir con bastante facilidad a la reubicación geográfica siguiendo el reposicionamiento de los linderos de sus nichos ecológicos habituales (Pearson y Dawson, 2005; Engler *et al.*, 2009). Si las especies son capaces de un cambio evolutivo rápido, o tienen un amplio intervalo de tolerancia fisiológica, una adaptación o aclimatación a las condiciones ambientales cambiantes puede ser posible. Si falla la movilidad, la adaptabilidad o la aclimatación, la consecuencia es la extirpación local o regional e incluso la extinción por completo (Holt, 1990; Melillo *et al.*, 1995). El análisis de las afectaciones a los patrones de distribución de las especies por los cambios ambientales es sin duda el elemento clave para la elaboración de todos estos pronósticos. Es

así que el modelado de nicho ecológico, con sus diversas variantes, se ha convertido en la herramienta básica para el estudio de los cambios en las distribuciones geográficas y ecológicas de las especies ante el cambio climático global (e.g. Pearson y Dawson, 2003; Peterson *et al.*, 2004) y es el enfoque que se aplicó en este estudio analítico para explorar la gama de posibles respuestas de algunas especies de la vegetación primaria de Veracruz. Para hacerlo se utilizó el Algoritmo Genético para la Producción de grupos de Reglas (GARP, por sus siglas en inglés; Stockwell y Peters, 1999) para estimar los linderos típicos del nicho ecológico de cada especie y su correspondiente distribución geográfica potencial. GARP es un algoritmo computacional evolutivo computacional que ha sido extensamente probado en la estimación de la distribución geográfica potencial de las especies (Peterson *et al.*, 2002; Anderson *et al.*, 2002; Martínez-Meyer *et al.*, 2004) y su comportamiento computacional y estadístico está bien documentado en ejercicios de extrapolación (Peterson, 2003a, 2003b; Peterson *et al.*, 2005). GARP está diseñado principalmente para identificar un conjunto de reglas ecológicas que correlacionan simultánea y óptimamente con la distribución posible de entidades biológicas (especies) utilizando datos de ubicación geográfica provenientes de los datos de colecta en combinación con variables ambientales. GARP genera un modelo de nicho ecológico que describe el conjunto de combinaciones de condiciones ambientales bajo las cuales la especie es capaz de mantener poblaciones funcionales (Stockwell y Peters, 1999). Para obtener mayor información sobre la manera en

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

la que se generan los modelos de nicho ecológico a través del programa GARP, se pueden revisar las aportaciones de Stockwell y Peters (1999), Feria y Peterson (2002), Martínez-Meyer *et al.*, (2004), entre otros.

**Área de estudio**

El estado de Veracruz tiene una superficie de 71,735 km<sup>2</sup>, lo que representa 3.7% del total de la República Mexicana. Ocupa el décimo lugar nacional por su extensión. Dos tercios del territorio veracruzano son planicies y lomeríos y un tercio montañas. Se localiza entre los 17° 03' y los 22° 27' de latitud norte y los 93° 36' y 98° 38' de longitud oeste (INEGI, 1998). La mayor parte del Estado tiene altitudes menores a 300 m, con una ancha llanura costera que sube abruptamente hacia el occidente por la Sierra Madre Oriental, alcanzando elevaciones de más de 5,000 m en el Pico de Orizaba (García, 1970). La ubicación geográfica del estado de Veracruz le confiere características tropicales, pero éstas son modificadas en parte por la elevación de las serranías, fundamentalmente en el centro-oeste. Veracruz se encuentra entre los estados biológicamente más diversos del país, ya que en él existen prácticamente todos los tipos de vegetación descritos para México (Rzedowski, 1978).

**Método**

Selección de especies y de tipos de vegetación. Se seleccionó al bosque tropical perennifolio, al bosque de coníferas y al bosque mesófilo de montaña (*sensu* Rzedowski 1978) por ser los tipos de vegetación más extendidos en el estado de Veracruz. Se generó una lista de presencia de las especies vegetales en cada uno de estos tipos de vegetación en el estado, a través de la revisión de 43 trabajos consultados, los cuales no se citan en forma completa en la lista de referencias por razones de espacio.

Algunos de los trabajos consultados son: Miranda y Hernández X. (1963); Pennington y Sarukhán (1968); Gómez-Pompa *et al.* (1977) y Rzedowski (1978). A partir de la lista de presencia-ausencia resultante del ejercicio anterior se realizó un análisis de conglomerados utilizando el programa *Multi Variate Statistical Package* (MVSP) versión 3.1 (Kovach, 1999) a través del método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages) y del índice de Jaccard con el fin de establecer la similitud en la "afinidad sin ecológica" de las especies seleccionadas.

A partir de los grupos obtenidos, se seleccionaron las especies más frecuentemente citadas en la literatura y se les distinguió entre dominantes o asociadas (principalmente arbóreas, pero no exclusivamente) que caracterizan a las comunidades del bosque de coníferas y el bosque mesófilo de montaña.

Los datos de registro puntual (latitud-longitud) de cada especie seleccionada fueron obtenidos del herbario del Instituto de Ecología A.C. (XAL). Aun cuando la zona objeto de estudio de este trabajo es el estado de Veracruz, para obtener información sobre el comportamiento general de la representación de la distribución potencial de cada tipo de vegetación analizado, se utilizó un área que incluye a Veracruz y a sus estados circunvecinos: Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca, Chiapas y Tabasco.

**Modelado del nicho ecológico de las especies.**

Las variables ambientales utilizadas para la generación de los modelos de distribución potencial fueron: temperatura del mes más cálido, temperatura del mes más frío, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco, Índice Topográfico Compuesto (CTI por sus siglas en inglés, el cual proporciona valores de capacidad de retención de agua con base en la forma del terreno) y pendiente.

Las dos últimas variables fueron obtenidas del proyecto Hydro1K (USGS, 2001), mientras que las restantes fueron obtenidas del proyecto Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005), tanto para condiciones actuales como para el año 2050 bajo un escenario de desarrollo A2.

Las variables climáticas se combinaron con los puntos de registro de cada especie seleccionada y se generaron 100 modelos GARP. Con ellos se integró un mapa consenso a partir del promedio de los 10 mejores mapas ("Best subsets") seleccionados con base en valores bajos de error de omisión e intermedios de comisión. Los mapas consenso de las especies seleccionadas fueron sobrepuestos por tipo de vegetación, para generar una representación predicha según el modelado obtenido de los tipos de vegetación.

En el caso del bosque de coníferas y el bosque mesófilo de montaña para obtener el mapa de representación del tipo de vegetación se realizó la

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

sobreposición de los mapas consenso de las especies consideradas dominantes y de manera independiente se efectuó la sobreposición de los mapas consenso de las especies consideradas como asociadas. Posteriormente, ambas áreas se sobrepusieron para obtener un área común (donde coincidió el área de sobreposición de las especies dominantes y el área de sobreposición de las especies asociadas). Fue solamente en ésta área en común donde se efectuó la suma de todas las especies seleccionadas por tipo de vegetación. La representación del tipo de vegetación resultó así ser aquella área donde coincidiera más del 70% de todas las especies seleccionadas.

Para el caso del bosque tropical perennifolio, la sobreposición se realizó de manera simple ya que para este tipo de vegetación todas las especies se consideraron como dominantes. Finalmente, se contrastó la superficie actual de cada tipo de vegetación del mapa de vegetación y uso de suelo del estado de Veracruz (Castillo-Campos *et al.*, en prensa), con las áreas de distribución potencial actual y el pronóstico 2050 modelado, considerando como susceptible a toda aquella superficie del mapa de vegetación y uso de suelo de Veracruz que no estuviera incluida en su respectiva distribución potencial proyectada al año 2050.

Con fines comparativos, los mapas de distribución potencial actual de las diferentes representaciones de los distintos tipos de vegetación analizados se contrastaron con el mapa de vegetación primaria del país (INEGI, 2003).

**Resultados**

Las especies seleccionadas para obtener la representación del bosque tropical perennifolio fueron: *Bernoullia flammea*, *Bursera simaruba*, *Dialium guianense*, *Calophyllum brasiliense*, *Terminalia amazonia*, *Licaria capitata*, *Swietenia macrophylla*, *Brosimum alicastrum*, *Pseudolmedia oxyphyllaria*, *Ficus tecolutensis*, *Aphanathe monoica* y *Vochysia guatemalensis*. Los modelos de nicho ecológico de todas las especies seleccionadas del bosque tropical perennifolio proyectan al 2050 una disminución del área de distribución potencial mayor al 50%, incluso cinco de ellas podrían no encontrar las condiciones adecuadas para su permanencia dentro de los límites del estado de Veracruz, tal es el caso de *Dialium guianense*, *Calophyllum brasiliense*, *Brosimum alicastrum*, *Pseudolmedia oxyphyllaria* y *Vochysia guatemalensis*.

En el caso del bosque de coníferas, las especies seleccionadas como dominantes fueron: *Juniperus deppeana*, *Abies hickelii*, *Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, *Pinus leiophylla*, *Pinus montezumae*, *Pinus oocarpa*, *Pinus patula*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus teocote*.

Las especies seleccionadas como asociadas para el bosque de coníferas fueron: *Baccharis conferta*, *Bidens triplinervia*, *Senecio grandifolius*, *Alnus acuminata*, *Arbutus xalapensis*, *Lupinus montanus*, *Fuchsia microphylla* y *Rubus adenotrichus*.

La distribución geográfica potencial de las especies seleccionadas del bosque de coníferas no muestra una tendencia de cambio común para el conjunto, ya que mientras algunas especies incrementan su distribución potencial, otras la disminuyen. Sin embargo, la especie que más podría verse afectada para el 2050 es *Pinus oocarpa*, ya que la disminución de su distribución potencial en el estado de Veracruz es de casi el 98%; mientras que la especie que encuentra mejores condiciones para su permanencia es *Fuchsia microphylla* con un incremento cercano al 116% con respecto a su distribución potencial actual.

En cuanto al bosque mesófilo de montaña las especies seleccionadas como dominantes fueron: *Carpinus caroliniana*, *Clethra mexicana*, *Quercus affinis*, *Quercus germana*, *Quercus leiophylla*, *Quercus xalapensis*, *Liquidambar styraciflua*, *Oreomunnea mexicana*, *Meliosma alba*, *Turpinia insignis* y *Ulmus mexicana*. Las especies seleccionadas como asociadas para el bosque mesófilo de montaña fueron: *Oreopanax xalapensis*, *Clethra macrophylla*, *Alchornea latifolia*, *Quercus laurina*, *Alfaroa mexicana*, *Miconia glaberrima*, *Eugenia xalapensis*, *Podocarpus matudae* y *Styrax glabrescens*. Para la mayoría de las especies seleccionadas del bosque mesófilo de montaña se proyecta una disminución en su distribución potencial al 2050.

Cabe mencionar que *Quercus laurina* es la única especie de este grupo que podría encontrar mejores condiciones para su permanencia dentro del estado, ya que los modelos obtenidos sugieren un incremento en su distribución potencial al 2050. Además, se proyecta que nueve del total de especies seleccionadas podrían presentar una disminución mayor al 50% de su distribución potencial a futuro, de las cuales cuatro son consideradas como dominantes: *Quercus germana*

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

(-64.80%), *Quercus xalapensis* (-66.88%), *Liquidambar styraciflua* (-66.20%) y *Ulmus mexicana* (-93.27%).

Al sobreponer los modelos de distribución potencial actual de la representación de los diferentes tipos de vegetación analizados, con su correspondiente tipo de vegetación del Mapa de uso de suelo y vegetación del estado de Veracruz (Castillo-Campos *op.cit.*), obtenemos valores de coincidencia en la

geografía del 53, 71 y hasta casi 86% para el bosque tropical perennifolio, el bosque de coníferas y el bosque mesófilo de montaña, respectivamente (Tabla 1). Esto sugiere que la composición específica, a partir de las especies seleccionadas, no reconstruye perfectamente la distribución conocida de los tipos de vegetación considerandos, lo que se atribuye en gran parte a los traslapes conocidos en la composición específica de los mismos.

Tabla 1. Coincidencia geográfica entre la representación de los diferentes tipos de vegetación analizados y la vegetación actual, así como su afectación por efecto de cambio climático al 2050 para el estado de Veracruz.

Tipo de vegetación	Uso de suelo y vegetación (km <sup>2</sup> )	Coincidencia distribución potencial actual.		Afectación al 2050.	
		Sup. (km <sup>2</sup> )	%	Sup. (km <sup>2</sup> )	%
Bosque tropical perennifolio	7,778.89	4,123.39	53.01	4,123.39	53.01
Bosque de coníferas	1,203.34	856.66	71.19	193.38	16.07
Bosque mesófilo de montaña	1,987.07	1,706.32	85.87	968.54	48.74

Al sobreponer los modelos de distribución potencial al 2050 de la representación de los diferentes tipos de vegetación con el Mapa de uso de suelo y vegetación del estado de Veracruz, se proyecta una posible afectación a los componentes de la estructura primaria desde un 16 hasta un 53%. Esto es, los modelos obtenidos sugieren que por efecto de cambio climático podríamos esperar cambios importantes en la fisonomía de los tipos de vegetación que hoy conocemos, en particular el bosque tropical perennifolio es el que posiblemente sea más afectado por los escenarios de cambio explorados, con una pérdida de superficie de más de 4,100 km<sup>2</sup> en el estado de Veracruz.

Por otro lado, y cambiando un poco la escala de los resultados obtenidos, la representación del bosque tropical perennifolio (Fig.1D) y del bosque mesófilo de montaña para la región del estado de Veracruz y sus estados colindantes, se estima una sustancial disminución en su distribución potencial a futuro pues podría alcanzar casi el 100% y de más del 60%, respectivamente; mientras que para la representación del bosque de coníferas se proyecta

un incremento al 2050 de casi el 20% respecto a su distribución potencial actual (Figura 1 y Tabla 2).

Cabe mencionar que la mayor superficie de coincidencia en la geografía, en relación a la superficie de vegetación primaria, fue para la representación del bosque tropical perennifolio, ya que se obtuvo una coincidencia de más de 52,000 km<sup>2</sup> de la distribución potencial a condiciones actuales (Tabla 2).

Finalmente, los valores promedio de la representación de los diferentes tipos de vegetación proyectados a condiciones actuales y al año 2050, a través de la región del estado de Veracruz y estados colindantes, indican para todos un desplazamiento latitudinal hacia el sur, aunque con diferente nivel de magnitud para cada tipo de vegetación. Además, se proyecta un desplazamiento hacia territorios con mayor elevación para el bosque tropical perennifolio y el bosque mesófilo de montaña, mientras que para la representación del bosque de coníferas se sugiere un probable desplazamiento hacia partes más bajas en el año 2050.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 1. Patrones espaciales de vegetación primaria, distribución potencial actual y 2050 para la representación del bosque tropical perennifolio, bosque de coníferas y bosque mesófilo de montaña bajo un escenario de emisiones A2, en la región del estado de Veracruz y estados colindantes.

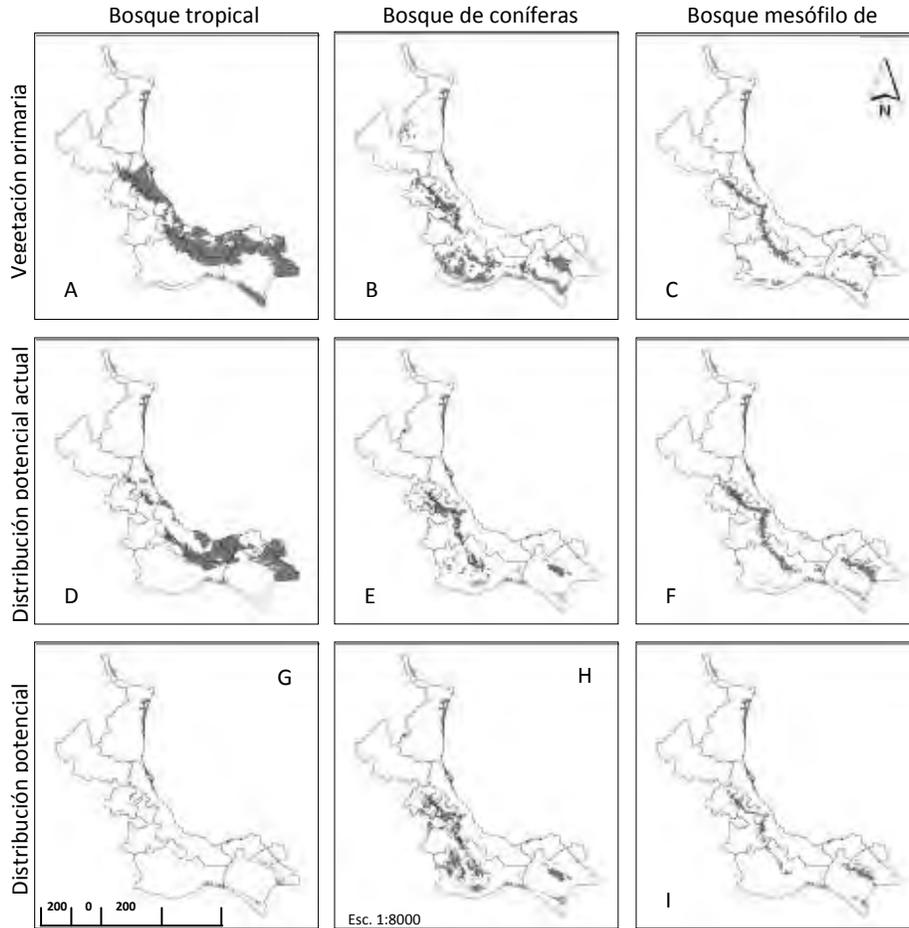


Tabla 2. Distribución potencial a condiciones actuales y 2050 de la representación del bosque tropical perennifolio, bosque de coníferas y bosque mesófilo de montaña para Veracruz y estados colindantes.

Tipo de vegetación	Vegetación Primaria (km <sup>2</sup> )	Coincidencia distribución potencial actual.		Distribución potencial (km <sup>2</sup> )		
		Sup. (km <sup>2</sup> )	%	actual	2050	% cambio
Bosque tropical perennifolio	114,817.78	52,777.57	45.97	62,481.72	1,392.62	-97.77
Bosque de coníferas	49,432.43	13,047.26	26.39	20,848.02	25,370.30	21.69
Bosque mesófilo de montaña	25,421.37	11,175.93	43.96	23,343.23	9,246.87	-60.39

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Conclusiones**

En cuanto al comportamiento regional, los resultados encontrados en este trabajo coinciden parcialmente con lo propuesto por Arriaga y Gómez (2004), así como por Villers y Trejo (2004) en relación con la manera en que se propone que el cambio climático podría afectar los tipos de vegetación. El punto en común es el comportamiento esperado del bosque mesófilo de montaña. Sin embargo, nuestros resultados sugieren un comportamiento diferente en cuanto a la superficie de la distribución potencial del bosque tropical perennifolio y el bosque de coníferas, ya que para el primero se proyecta una reducción del 97.77% y un incremento del 21.69% para el segundo a través de la región del estado de Veracruz y estados circunvecinos. En cambio, los autores citados mencionan que el impacto más significativo ocurriría en las zonas templadas donde se establecen comunidades vegetales como los bosques de coníferas y que los bosques tropicales se verían favorecidos, por lo cual podrían distribuirse en mayores áreas que las que actualmente ocupan.

Por otro lado, y específicamente para el estado de Veracruz, nuestros resultados coinciden parcialmente con los de Benítez *et al.* (2008) en la posible afectación futura de la estructura primaria del bosque tropical perennifolio. Además, al comparar el comportamiento del bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz, nuestros resultados muestran que en efecto, la distribución potencial del bosque mesófilo presentará un desplazamiento hacia mayor elevación; mientras que los valores promedio de la distribución potencial del bosque de coníferas indican un ligero descenso.

Respecto al comportamiento individual de las especies, nuestros resultados muestran que 24 de las 51 especies modeladas podrían sufrir pérdidas mayores al 50% de su distribución potencial en el estado de Veracruz en el 2050. Se espera también que se produzca una mayor afectación en la distribución potencial del grupo de especies tropicales, las que se encuentran principalmente en zonas relativamente “planas”, en comparación con las especies de zonas montañas, cuya mayoría no muestra pérdidas tan severas en su distribución potencial, lo cual concuerda con lo encontrado por Ferreira de Siqueira y Peterson (2003), y con Peterson (2003b).

Por último, en cuanto a las diferencias encontradas con otros trabajos previamente publicados, las discrepancias entre los resultados pueden ser explicadas por las distintas metodologías que presentan los modelos proyectados al ser realizados, esto es: modelos utilizados, variables ambientales utilizadas, tamaño de píxel, área de proyección, algoritmo utilizado, entre otros. En este caso, resaltan las diferencias encontradas al modelar un grupo de especies y agruparlos como representantes de un tipo de vegetación *versus* modelar las condiciones de la comunidad como un todo, se asume así, el comportamiento más probable que supone que las especies han de desplazarse de manera independientemente y no en forma de paquetes.

**Fuentes de consulta**

Anderson R.P., M. Gómez-Laverde & A.T. Peterson. 2002. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. *Global Ecology and Biogeography* 11: 131–141.

Arriaga L. & L. Gómez. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la Biodiversidad en México. En: Martínez J. y A. Fernández (compiladores). 2004. *Cambio climático: una visión desde México*. INE-SEMARNAT. pp 525.

Benítez B. G., H.A. Hernández, Z.M.E. Equihua, Ch. A. Medina, P.J.L. Álvarez, B.S. Ibáñez & A.Ch Delfin. 2008. Biodiversidad y cambio climático. En: *Programa Veracruzano ante el cambio climático*. 2009. Programa Veracruzano ante el cambio climático. Universidad Veracruzana – INE (Instituto de Ecología). México

Castillo-Campos G., S. Avendaño & Ma. E. Medina. En prensa. Flora y vegetación. En: *Biodiversidad del Estado de Veracruz*. CONABIO. pp. 159-176.

Engler R., C.F. Randin, P. Vittoz, T. Czaka, M. Beniston, N.E. & A. Guisan. 2009. Predicting future distributions of mountain plants under climate change: does dispersal capacity matter? *Ecography*, 32: 34-45.

Feria A.T.P. & A.T. Peterson. 2002. Prediction of bird community composition based on point-occurrence data and inferential algorithms: a

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

valuable tool in biodiversity assessments. *Diversity and Distributions* 8: 49–56.

Ferreira de Siqueira M. & A.T. Peterson. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. *Biota Neotropica* Vol. 3, n2.

García E. 1970. Los climas del Estado de Veracruz según el Sistema de Clasificación de Koppen modificado por la Autora. An. Inst. Biol., Universidad Nacional Autónoma de México, Vol. 41. Serie Botánica No. 1. En: Orellano, L. R., Z.R. Vidal. (Ed.). 2005. *Enriquetta Garciae Antología*. CICY-UNAM. México. pp 559.

Gay C., V. Magaña, C. Conde & O. Sánchez. 2000. Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México. En: Gay C. (Comp.) 2000. *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, U.S. Country Studies Program. México. pp 220.

Gómez-Pompa A. 1977. *Ecología de la Vegetación del Estado de Veracruz*. CECSA. México. pp 91.

Hegerl G.C., F.W. Zwiers, P. Braconnot, N.P. Gillett, Y. Luo, J.A. Marengo Orsini, N. Nicholls, J. E. Penner & P. A. Stott. 2007. Understanding and Attributing Climate Change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. 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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Hijmans R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25: 1965-1978.

Holt R.D. 1990. The microevolutionary consequences of climate change. *Trends in ecology and evolution* 5: 311 – 315.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1998. *Estadísticas del medio ambiente México, 1997*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 70 pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2003. Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

Kovach W. L. 1999. MVSP – A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.1 Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, Great Britain. pp 133.

Martínez-Meyer E., A.T. Peterson & W.W. Hargrove. 2004. Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change projection for biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 13: 305-314.

Melillo J.M., I.C. Prentice, G.D. Farquhar, E.D. Schulze & O.E. Sala. 1995. Terrestrial biotic responses to environmental change and feedbacks to climate. En: Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; Callander, B.A.; Harris, N.; Kattenberg, A.; Maskell, K. (Eds.). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*.

Miranda F. & X.E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29-179.

Pearson R.G. & T.P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.

Pearson R.G. & T.P. Dawson. 2005. Long distance plant dispersal and habitat fragmentation: identifying conservation targets for spatial landscape planning under climate change. *Biological Conservation* 123: 389-401.

Pennington T.D. & J. Sarukhán. 1968. *Manual para la identificación de campo de los principales Arboles Tropicales de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales – FAO. México. pp 413.

Peterson A.T., L.G. Ball & K.P. Cohoon. 2002. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. *Ibis* 144: E27–E32.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Peterson A.T. 2003a. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *The Quarterly Review of Biology* 78; 419–433.

Peterson A.T. 2003b. Projected climate change effects on Rocky Mountain and great plain birds: generalities of biodiversity consequences. *Global Change Biology* 9: 647:655.

Peterson A.T., E. Martínez-Meyer, C. González-Salazar & P.W. Hall. 2004. Modeled climate change effects on distributions of Canadian butterfly species. *Can. J. Zool.* 82: 851-858.

Peterson A.T., C. Martínez-Campos, Y. Nakasawa & E. Martínez-Meyer. 2005. Time-specific ecological niche modeling predicts spatial dynamics of vector insects and human dengue cases. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 99: 647–655.

Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México. 432 pp.

Stockwell D. & D. Peters. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*. Vol. 13, No. 2, 143-158.

USGS (U.S. Geological Survey). 2001. HYDRO1k Elevation Derivative Database, Washington, D.C. <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/>.

Villers L. & I. Trejo. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. pp 239-254. En: Martínez, J. y Fernández, A. (Coord.). 2004. *Cambio climático: una visión desde México*. INE-SEMARNAT. México. 525 pp.

## Efecto del cambio climático en la distribución de los lepidópteros mesoamericanos *Itaballia demophile centralis* Joicey & Talbot, 1928 y *Pieriballia viardi viardi* (Boisduval, 1836)

Teresa P. Feria Arroyo<sup>1</sup> Marysol Trujano Ortega<sup>2</sup> Armando M. Luis Martínez<sup>3</sup>  
Jorge Llorente Bousquets<sup>4</sup>, Jon M. Dale y Jesús Muñoz.

<sup>1</sup>Departamento de Biología. Universidad de Texas

<sup>2</sup>Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”.

Departamento de Biología evolutiva, Facultad de Ciencias-UNAM.

<sup>3</sup>Departamento de Biología. Universidad Texas A&M,  
Universidad de Kingsmill.

<sup>4</sup>Real Jardín Botánico, Madrid España y  
Universidad Tecnológica Indoamericana de Quito, Ecuador

### Introducción

Los efectos actuales y futuros del calentamiento global en la biodiversidad incluyen cambios latitudinales, altitudinales, de expansión o contracción de la distribución geográfica de las especies (Forister *et al.*, 2010). Estas modificaciones en el espacio se observan marcadamente en las especies que muestran dependencia biológica acentuada en ciertos umbrales de tolerancias climáticas; tal es el caso de algunas especies de insectos, vertebrados, plantas e invertebrados marinos (Parmesan & Yohe, 2003; Root *et al.*, 2003, 2005). Debido a las altas probabilidades de que el calentamiento global se acelere (IPCC, 2001) se recomienda realizar estudios con el fin de predecir los cambios en las áreas de distribución geográficas de diferentes especies y biotas.

Los insectos como organismos poiquiloterms y estenomésicos, por lo regular son particularmente sensibles a los cambios en el clima. Por lo que se espera que la respuesta más frecuente al calentamiento global sea que estos organismos amplíen su distribución latitudinal hacia el norte o bien altitudinal hacia lugares más elevados (Root *et al.*, 2003; 2005), como sucede en las mariposas europeas cuyos cambios en el espacio se han monitoreado relativamente bien (Asher *et al.*, 2001). En cambio, existe poca información con respecto a los desplazamientos de las mariposas del continente americano (Crozier, 2004). Registros recientes muestran que algunas especies de mariposas tropicales están iniciando movimientos hacia el norte del continente. Por ejemplo, varias especies de

mariposas con límites de distribución históricos en el sur de Tamaulipas, México, se han reportado recientemente en el Valle del Río Grande de Texas (VRGT) (p.ej., *Pieriballia viardi viardi* e *Itaballia demophile centralis*), región que se encuentra a varios cientos de kilómetros de sus distribuciones reconocidas (Llorente *et al.*, 1997; Dauphin *et al.*, 2005, Bordelon & Knudson, 2006).

Los Modelos de Distribución de Especies (MDE) juegan un papel importante en la evaluación de la potencialidad y magnitud de las consecuencias que el cambio climático ocasionará en la distribución de las especies (Araújo *et al.*, 2005). Los MDE relacionan la distribución geográfica (latitud/longitud) conocida de las especies con variables climáticas, con el fin de caracterizar los ambientes en donde las especies pueden vivir potencialmente, bajo el supuesto de que la distribución geográfica conocida (presencia/ ausencia) de un determinado organismo proporciona información suficiente para describir sus requerimientos ecológicos (Kadmon *et al.*, 2003). Las áreas predichas pueden ser visualizadas y proyectadas en un espacio geográfico con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Kearney, 2006). De tal forma que la relación espacial de la distribución de las especies vs. el clima puede emplearse para inferir cambios espaciales en las distribuciones sobre el tiempo en función del cambio climático (Mitikka *et al.*, 2008).

En este estudio se utilizan los MDE para predecir la distribución potencial actual y futura a 10 y 40 años de dos especies de mariposas tropicales de la tribu Pierini (*Pieriballia viardi viardi* e *Itaballia demophile centralis*). Dado que las observaciones recientes

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

indican una posible expansión de la distribución de estas especies hacia el norte del continente y estas zonas enfrentan un gran reto en la conservación, se plantean los siguientes objetivos:

- 1.- Predecir la distribución potencial actual y futura con escenarios de cambio climático para los años 2020 y 2050 mediante el uso de MDE.
- 2.- Determinar el status de conservación de las áreas naturales que se encuentran dentro de las áreas potenciales de distribución predichas. En este trabajo se espera que las áreas potenciales predichas para el presente correspondan con algunas de las áreas protegidas de la región de estudio. Sin embargo, estas áreas no necesariamente concordarán con áreas predichas para los años 2020 y 2050.

**Método**

*Especies.* Las especies de mariposas estudiadas tienen su distribución más sureña en América Central, principalmente en Guatemala, Belice y Honduras. Se extienden por México a lo largo de las dos vertientes; del lado del Pacífico su límite es el estado de Nayarit, mientras que del lado del Golfo llegan hasta el sur de Tamaulipas (Fig. 1 A y E). Estas especies se encuentran desde el nivel del mar, pero *Itaballia demophile centralis* llega hasta los 900 m; mientras que *Pieriballia v. viardi* alcanza hasta los 1500 m de altitud. Están asociadas a los bosques tropicales perennifolios y subperennifolios, que son bosques lluviosos de las tierras bajas; aunque a veces alcanzan los pisos inferiores del bosque mesófilo de montaña de media montaña de acuerdo con Llorente (1984).

**Modelos de distribución y su instrumentación**

*Distribución geográfica.* La información geográfica para América Central se obtuvo al consultar el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) y los datos de Papilionoidea en Guatemala de Salinas-Gutiérrez *et al.* (2009). Los datos de distribución para México se obtuvieron al consultar la base MARIPOSA del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” (MZFC), de la Facultad de Ciencias, UNAM, con información de 13 colecciones científicas nacionales e internacionales (Luis *et al.*, 2005). Todos los datos geográficos fueron revisados previamente.

*Variables climáticas.* Para obtener los modelos finales de distribución potencial actual y futura previamente se eligieron las variables que, de acuerdo al algoritmo MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006),

tienen mayor peso dentro del modelo para predecir la distribución de las especies de estudio. Primero se corrieron los datos geográficos conocidos para la especie con 19 variables obtenidas de WorldClim 1.3 (Hijmans *et al.*, 2005). Para obtener los modelos robustos de distribución potencial actual y futura, bajo escenarios de cambio climático se eligieron sólo las variables que aportaron más del 75 % de información. Los mapas de *Pieriballia viardi viardi* se obtuvieron con las variables temperatura anual, precipitación del mes más lluvioso y temperatura media del trimestre más frío, mientras que para *Itaballia demophile centralis* fueron temperatura anual, precipitación del mes más lluvioso y la temperatura mínima del mes más frío.

Las variables climáticas para el futuro corresponden al modelo de circulación general (MCG) HADCM3, un modelo acoplado atmósfera-océano desarrollado por el Hadley Centre for Climate Prediction and Research. Se utilizó el escenario A2 (alta emisión) que considera altas concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico (alta emisión) y un incremento en la temperatura que va de moderado a alto. Este escenario describe un panorama muy heterogéneo caracterizado por la autosuficiencia, la conservación de las identidades locales y una población mundial en continuo crecimiento (Arnell *et al.*, 2004; IPCC, 2001).

*Modelos de distribución de especies (MDE).* Se empleó MaxEnt, ya que estudios recientes muestran que este método determina de una mejor forma las áreas de distribución potencial adecuadas vs. no adecuadas, en comparación con otros métodos (Hernández *et al.*, 2006, Phillips, 2006; Phillips *et al.*, 2006). Se utilizó MaxEnt versión 3.2.19. (Phillips *et al.*, 2006), con los parámetros predefinidos (umbral de convergencia = 10<sup>5</sup>, máximo número de iteraciones = 500, valor de regularización β = auto) siguiendo a Phillips *et al.* (2006).

*Evaluación de las predicciones.* En este caso se utilizó el área bajo la curva AUC (por sus siglas en inglés: *Area Under the Curve*) de los gráficos ROC, para evaluar únicamente las predicciones de las distribuciones en el presente obtenidas con MaxEnt. De cada una de las especies se utilizó el 70% de los datos de presencia conocida para generar el modelo de distribución potencial y el 30% para evaluarlo. Este proceso requiere la obtención de pseudo-ausencias, las cuales se obtuvieron aleatoriamente usando la extensión Random Point Generator v. 128 en ArcView 3.2 (ESRI, 1999).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

*Estimación del área de distribución actual y futura.* Los modelos de distribución potencial obtenidos para el presente y el futuro fueron reclasificados para la obtención de mapas binarios (presencia, 1/ausencia, 0). Se realizó una intersección entre los puntos de presencia de la especie y los datos de probabilidad de presencia del hábitat generado por MaxEnt. Con ello se obtuvo el punto de corte para designar los valores de presencia/ ausencia al nuevo mapa binario. Los mapas binarios se proyectaron a coordenadas UTM 14 con una resolución espacial (tamaño de píxel) de 1000 x 1000 m. El área de distribución fue calculada considerando únicamente los píxeles con valores de presencia (1).

*Áreas de distribución potencial y su estado de conservación.* Se realizó un análisis cuantitativo para establecer el estatus de conservación de las áreas naturales en donde la distribución potencial de la especie se predijo, a partir del solapamiento de los mapas binarios actuales y futuros con el mapa de influencia humana de Sanderson *et al.* (2002). Dada la naturaleza de las especies estudiadas (dependencia de áreas verdes), se consideró que valores >50 representan un impacto alto de las actividades humanas sobre las áreas naturales, 25-49 un impacto medio y de 0-24, un impacto bajo. Esto fue interpretado con relación a la presencia de la especie como: valores de > 50 son hostiles o muy limitantes para la distribución de la especie, mientras que valores de 25-49 son intermedio o limitantes y de 0-24, propicio o poco limitantes. Con el fin de realizar la estimación cuantitativa los mapas ráster binarios se transformaron a mapas de puntos. Con la ayuda de la extensión GetGrid (Davies, 2000) se extrajeron los valores del mapa de Sanderson *et al.* (2002) a cada punto de la distribución predicha para el norte de Tamaulipas y el VRGT.

Para determinar si las especies se encuentran en algún área natural protegida o de gran importancia biológica, en el caso de México, se solaparon los mapas de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) (Arriaga *et al.*, 2000) y el de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Anónimo, 1999). En el caso de Texas, se usaron los mapas de Refugios Silvestres y Parques Nacionales obtenidos de la página ([http://www.tpwd.state.tx.us/landwater/land/maps/gis/data\\_downloads/](http://www.tpwd.state.tx.us/landwater/land/maps/gis/data_downloads/)).

**Resultados**

Todos los modelos de distribución actual alcanzaron valores de AUC > 0.9, lo que indica que tienen un desempeño muy bueno, por lo que se utilizaron estos modelos para proyectar el área de distribución potencial usando los escenarios de cambio climático para los años 2020 y 2050. MaxEnt predijo el hábitat potencial actual y futuro para *Pteriballia viardi viardi* en las zonas norte de Tamaulipas y sur de Texas (Fig. 1 B-D). Por el contrario, para *Itaballia demophile centralis* la distribución potencial actual y futura se limita al sur de Tamaulipas (Fig. 1 F-H).

La distribución potencial actual de *P. viardi viardi* muestra una reducción con respecto a las distribuciones futuras para los años 2020 y 2050. No obstante, no se observa pérdida de distribución en los límites sureños de la distribución original. Por el contrario, en el caso de *I. demophile centralis* se observa una disminución marcada en el sur de su distribución, particularmente en la península de Yucatán, de donde se estima una pérdida del hábitat de más del 50 %.

*Áreas de distribución potencial y su estado de conservación.* La mayor parte de las áreas del norte de Tamaulipas y sur de Texas se encuentran en un grado de perturbación con valores entre 50 y 100, de acuerdo con el mapa de Sanderson *et al.* (2002) (Fig. 2); es decir que el impacto sobre las áreas naturales es alto por las actividades humanas y, por ende, son hostiles o muy limitantes para la distribución geográfica de las especies. No obstante, la distribución potencial de *P. viardi viardi*, coincide con ocho RTP's que se encuentran en Tamaulipas y Nuevo León, principalmente (Cañón de Iturbide, encinares tropicales de Lomas Las Pitas y Sierra Maratines, El Cielo, El Potosí-Cumbres de Monterrey, Laguna Madre, Laguna de San Andrés, San Antonio-Peña Nevada, Sierra de Tamaulipas, Valle de Jaumave) y un ANP (Cumbres de Monterrey). La distribución potencial para *Itaballia demophile centralis* se proyectó en cinco RTP (encinares tropicales de Lomas Las Pitas y Sierra Maratines, El Cielo, Laguna Madre, Laguna de San Andrés y Sierra de Tamaulipas) y ninguna ANP.

**Discusión**

Las especies pueden responder de dos formas fundamentales a los efectos del cambio climático: expandiendo y/o contrayendo sus distribuciones (Sinervo *et al.*, 2010), y el presente estudio ilustra ambas situaciones. Por un lado, *Pteriballia viardi viardi* muestra una posible tendencia a expandir su distribución norteña sin afectar su distribución

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

original en América Central, mientras que *Itaballia demophile centralis* podría perder sus poblaciones locales en el sur, principalmente en la península de Yucatán, sin tener posibles sitios de expansión hacia el norte (Texas).

Si el tiempo y las capacidades de dispersión y de adaptación lo permiten, el cambio climático podría favorecer a la expansión de *P. viardi viardi*. Tres condiciones adicionales al clima podrían favorecer este hecho: (1) el establecimiento de los individuos que se reportaron en el VRGT en el 2005 (Bordelon & Knudson, 2006), lo que coincide con las predicciones hechas por MaxEnt; (2) la presencia de la planta de alimentación de los estados larvales (familia Capparidaceae) en el norte de Tamaulipas y en el VRGT; (3) la presencia de la RTP Laguna Madre, que conecta áreas naturales entre México y EEUU. Los primeros adultos de esta mariposa se registraron fotográficamente en Betsen National Park en el 2005. Los avistamientos incluyen a un macho y a una hembra de la especie. Al momento no ha habido nuevos registros, pero tampoco se ha establecido una búsqueda continua de poblaciones de la especie, lo que es altamente recomendable. Además de estos parques, el auge por plantar especies nativas que atraen mariposas se está incrementando en la zona, por lo que los monitoreos de avistamientos nuevos de ésta y otras especies podrían darse también en las zonas urbanas.

Pese a que no se conoce con exactitud cuáles son las plantas huéspedes de esta especie, ejemplos con abejas de la familia Apidae muestran que las asociaciones mutualistas no son necesariamente exclusivas. Cuando las condiciones climáticas en las zonas de expansión son similares a las zonas nativas, las especies pueden adaptarse iniciando interacciones nuevas con otras especies (Hinojosa-Díaz *et al.*, 2009). Además, la presencia de la RTP Laguna Madre representa una posible área de transición para la expansión de *P. viardi viardi*. Esta región representa un corredor biológico altamente productivo, caracterizado por la presencia de un alto número de especies endémicas. Contiene una gran variedad de hábitats en buen estado de conservación. Es considerada una zona de transición para la fauna neártica ligada a humedales y el límite sur de la distribución en México de varias especies neárticas.

A pesar de su importancia, esta área presenta problemas de modificación de uso de suelo debido a un proyecto mega-turístico, que provoca la

desección y destrucción de la vegetación, la contaminación del río Bravo y su azolve, el uso de plaguicidas y salinización por fertilizantes. Adicionalmente, existen inventarios florísticos, faunísticos y de algas, pero no hay información sobre ecología de las comunidades (Arriaga *et al.*, 2000). Lamentablemente, no existen actividades de conservación en la región, actividades que son muy necesarias ya que, además de su importancia como RTP, en el caso de cumplirse la hipótesis de migraciones de especies tropicales hacia el norte como resultado de los efectos del cambio climático, la Laguna Madre estaría jugando un papel primordial.

En el caso de *Itaballia demophile centralis*, pese a que también se ha registrado en el VRGT, no cuenta con áreas de distribución potencial en esa zona. Su área de distribución potencial, así como la presencia de las plantas huéspedes se limitan a la parte sur de Tamaulipas. Esto podría contradecir la idea clásica de que los efectos de las interacciones bióticas en las distribuciones no son discernibles a escalas macroecológicas (Araújo & Luoto, 2007) por lo que es importante realizar estudios sobre los efectos del cambio climático en las plantas huéspedes. Lo que resulta preocupante para *I. demophile centralis* es la pérdida del hábitat en la península de Yucatán, de donde podría prácticamente desaparecer, al igual que otras especies de valencia ecológica equivalente o similar.

El cambio de uso de suelo y vegetación es una de las principales causas de extinción de poblaciones (Pimm & Raven, 2000; Thomas *et al.*, 2004), por lo que encontrar áreas conservadas en zonas de posible expansión para las especies de estudio es alentador. Sin embargo, en este ejercicio no se consideró un análisis sobre la tasa de deforestación anual en Tamaulipas y/o VRGT y no se realizaron modelos sobre la posible desaparición de las áreas conservadas para los años 2020 ó 2050. Los impactos de los cambios resultantes en el clima dependen del estado futuro mundial (Arnell *et al.*, 2004). La incorporación de otros escenarios de cambio climático al análisis podría ayudar a realizar comparaciones que permitan visualizar de una manera más clara los posibles impactos del cambio climático en la distribución de las especies estudiadas. Con ellos se podrá asesorar de una mejor manera a los practicantes de la bioconservación.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Los efectos del cambio climático en la biodiversidad no se restringen únicamente a los efectos en la distribución a macro escala. El presente estudio representa uno de los primeros intentos por entender los efectos del cambio climático en la distribución de mariposas neotropicales que se han reportado recientemente en el sur de Texas, región que se encuentra a cientos de kilómetros de distancia de sus distribuciones nativas. Se recomienda que en trabajos futuros se incluyan análisis de los efectos del clima en las especies huésped, así como análisis de las tasas del uso de suelo y vegetación. Adicionalmente, se recomienda realizar estudios a nivel regional y local con el fin de evaluar el impacto del cambio climático en las poblaciones.

**Agradecimientos**

TPFA, MTO, ALM, JLB agradecen a la Facultad de Ciencias y a los proyectos de DGAPA, PAPIIT IN203509, PAPIIME 201507, CONACyT 83237 y beca de Maestría CONACyT. TPFA, JD y JM agradecen al FRC obtenido a través de The University of Texas-Pan American, así como al Programa Oficial de Máster Universitario en Biodiversidad en Áreas Tropicales y su Conservación, en convenio entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, la Universidad Menéndez Pelayo de España y la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ecuador.

**Fuentes de consulta**

Anónimo. 1999. Áreas naturales protegidas en México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Mapa. México, D.F.

Araújo, M. B. & M. Luoto. 2007. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 16: 743–753.

Araújo, M. B., R. G. Pearson, W. Thuiller & M. Erhard. 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11: 1504–1513.

Arnell, N.W., M. J. L. Livermore, S. Kovats, P. Levy, R. Nicholls, M. L. Parry & S. Gaffin. 2004. Climate and socioeconomic scenarios for climate change impacts assessments: Characterising the SRES storylines. *Global Environmental Change* 14(1): 3–20.

Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez & E. Loa (Coords.). 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Asher, J., M. Warren, R. Fox, P. Harding, G. Jeffcoate & S. Jeffcate. 2001. *The Millennium Atlas of butterflies in Britain & Ireland*. Oxford University Press, Oxford.

Bordelon, C. & E. Knudson. 2006. Three New USA Butterfly Records (Pieridae, Nymphalidae) from the Lower Rio Grande Valley of Texas. *News of the Lepidopterists' Society*, 48(1): 3-6.

Crozier, L. G. 2004. Field transplants reveal summer constraints on a butterfly range Expansion. *Oecologia*. 141:148–157.

Dauphin, J, D. Dauphin, E. Knudson & C. Bordelon. 2005. Three New Butterflies New to the United States from South Texas. *News of the Lepidopterists' Society*. 47(2): 43-46.

Davies, J. 2000. Get Grid Value Extension 2. Public Domain in ArcView Gis. 14.04 Kb. ESRI. 1999. ArcView GIS 3.2. ESRI, Redlands, California.

Forister M. L., A. C. McCall, N. J. Sanders, J. A. Fordyce, J. H. Thorne, J. O'Brien, D. P. Waetjen and A. M. Shapiro. 2010. Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1-5 pp.

Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master & D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29, 773–785.

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965–1978.

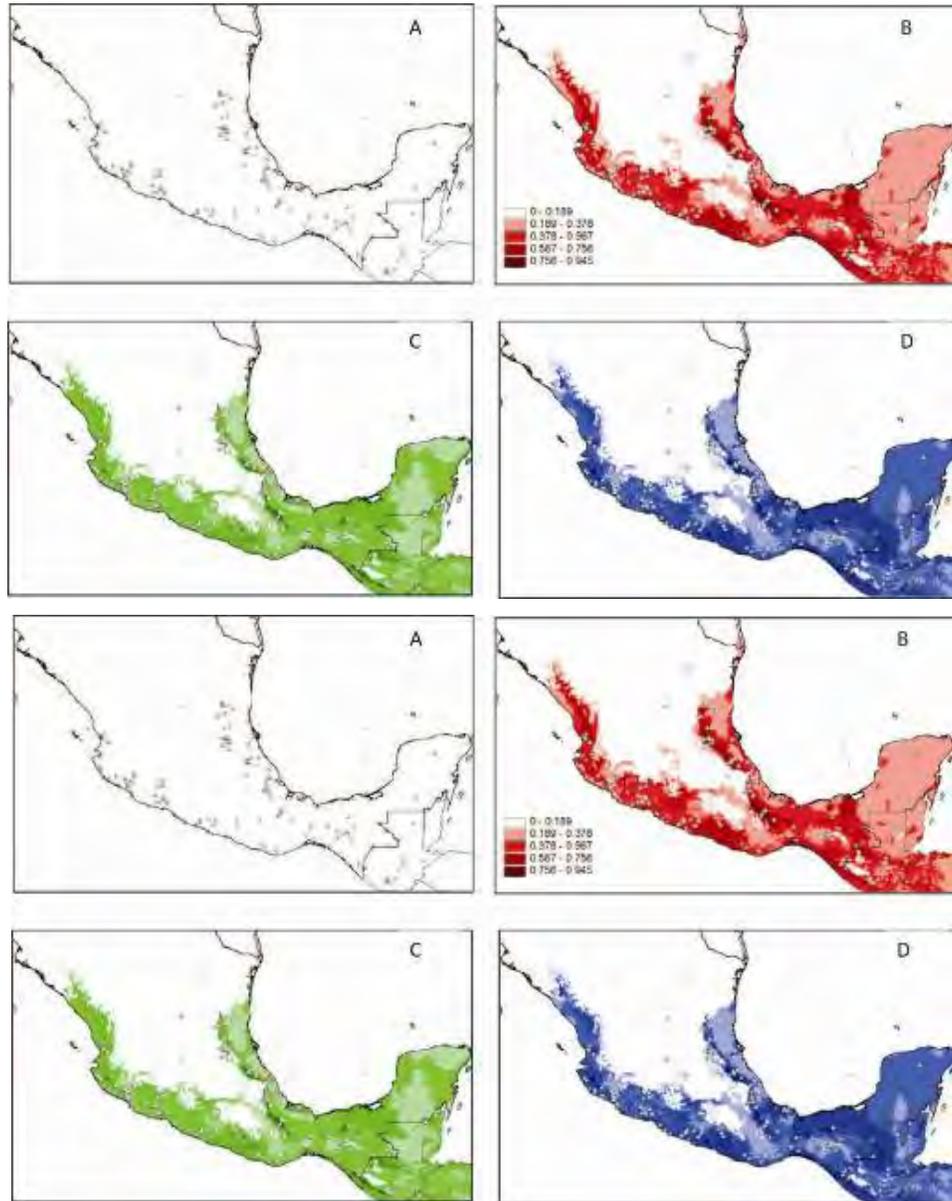
Hinojosa-Díaz, I., T. P. Feria-Arroyo & M. S. Engel. 2009. Potential distribution of orchid bees outside their native range: The cases of *Eulaema polychrome* (Mocsáry) and *Euglossa viridissima* Friese in the USA (Hymenoptera: Apidae). *Diversity and Distributions* 15: 421–428.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- IPCC. 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. In: H. T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden & D. Xiaosu (Eds.) Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kadmon, R., O. Farber & A. Danin. 2003. A systematic analysis of factors affecting the performance of climatic envelope models. *Ecological Applications* 13, 853-867.
- Llorente, J.B. 1984. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México, con especial referencia del género *Enantia* Huebner (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Entomológica Mexicana* 58: 1-207.
- Llorente, J.B., L. Oñate, A. M. Luis & I. Vargas. 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: Distribución geográfica e ilustración*. UNAM. México, D.F., 225 p.
- Luis, M.A., J. Llorente & I. Vargas. 2005. Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. Pp 269-294. En: Llorente, J. y J.J. Morrone (Eds.). *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas RIBES*. Las Prensas Ciencias, Fac. Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Mitikka, V., R. K. Heikkinen, M. Luoto, M. B. Araújo, K. Saarinen, J. Poyry & S. Fronzek. 2008. Predicting range expansion of the map butterfly in Northern Europe using bioclimatic models. *Biodiversity & Conservation*. 17:623-641.
- Parmesan, C. & G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37- 42.
- Phillips, S. J. 2006. *Maxent software for species habitat modeling*. Version 3.2.19. New Jersey: Princeton University. Available from: <<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>>
- Phillips, S.J., R. P. Anderson & R. P. Schapire, 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, 231-259.
- Pimm S.L. & P. Raven. 2000. Biodiversity: Extinction by numbers. *Nature* 403:843-845.
- Root, T., J. T. Price, K. R. Hall, S. Schneider, C. Rosenzweig & J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals & plants. *Nature* 421:57-60
- Root, T., J. T. Price, K. R. Hall, S. Schneider, C. Rosenzweig & J. A. Pounds. 2005. *The Impact of Climatic Change on Wild Animals & Plants: A Meta-Analysis USDA*. Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191.
- Salinas-Gutiérrez, J. L., C. Méndez, M. Barrios, C. Pozo & J. Llorente. 2009. Hacia una síntesis de los Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) de Guatemala y una reseña histórica. *Caldasia*. 31(2): 407-440.
- Sanderson E. W., M. Jaiteh, M. A. Levy, K. H. Redford, A. V. Wabbebo & G. Woolmer. 2002. The Human Footprint and the Last of the Wild. *BioScience*, 52(10):891.
- Thomas J. A., M. G. Telfer, D. B. Roy, C. D. Preston, J. J. D. Greenwood, J. Asher, R. Fox, R. T. Clarke & J. H. Lawton. 2004. Comparative losses of British butterflies, birds, & plants & the global extinction crisis. *Science*. 303:1879-1881.

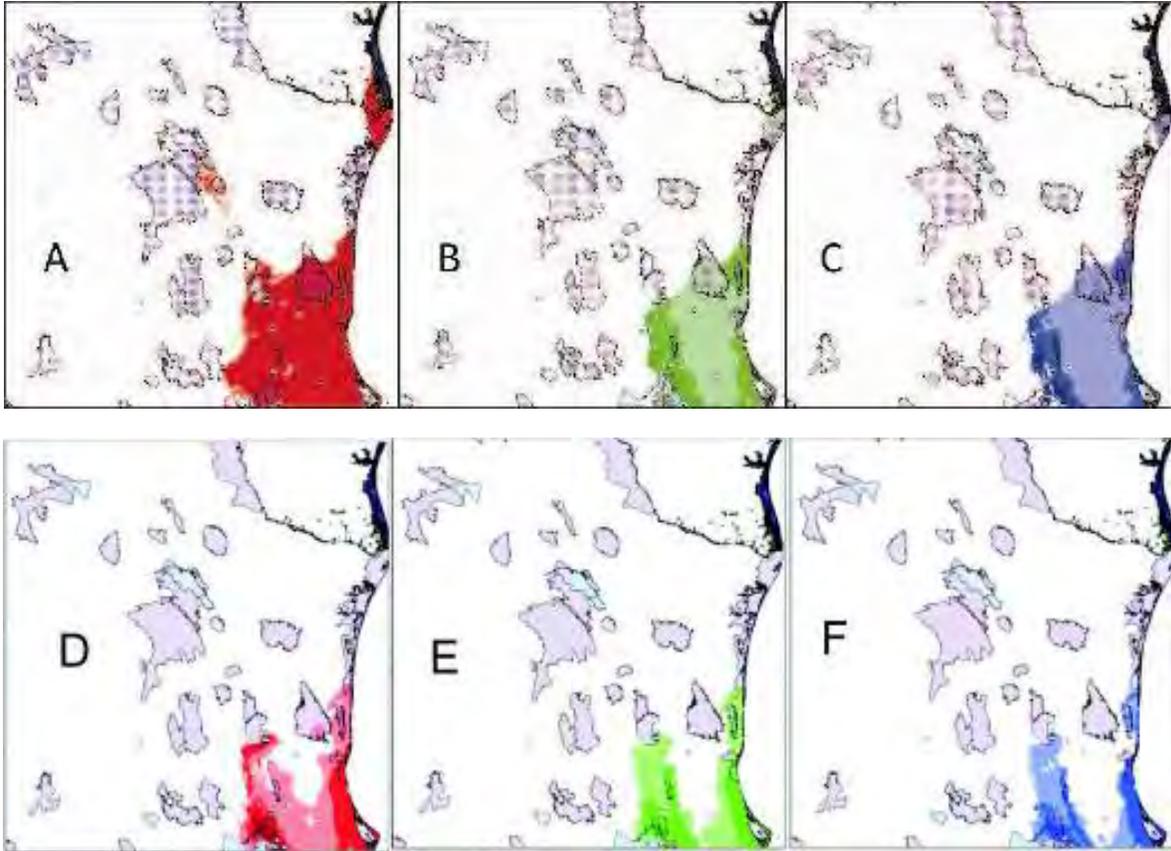
Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 1. Distribución geográfica de *Pieriballia viardi viardi*: conocida (A); potencial actual (B); futura para el 2020 (C) y 2050 (D) e; *Itaballia demophile centralis*: conocida (E); potencial actual (F); 2020 (G) y 2050 (H). Los círculos blancos corresponden a los datos históricos de distribución geográfica. La escala de colores indica la similitud entre los hábitats conocidos y potenciales, en donde la coloración más clara indica similitud más baja mientras la más oscura indica similitud del hábitat más alta.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 2. Distribución potencial norteña de *Pieriballia viardi viardi* y áreas naturales conservadas actuales (A) y para los años 2020 (B) y 2050 (C) e; *Itaballia demophile centralis* áreas naturales conservadas actuales (D); 2020 (E) y 2050 (F). Los polígonos azules representan las ANP y los polígonos morados las RTP.



## Análisis de variables de Cambio Climático y su implicación en áreas de conservación

Lilly Gama<sup>1\*</sup>, M.A. Ortiz Pérez<sup>2</sup>, E. Moguel Ordoñez<sup>1</sup>, R. Collado Torres<sup>1</sup>, H. Díaz López<sup>1</sup>, C. Villanueva-García<sup>1</sup>, O. Castillo Acosta<sup>1</sup>, C. Pacheco Figueroa<sup>1</sup>, J. de D. Valdez Leal<sup>1</sup>, M.E. Macías Valadez<sup>1</sup>, D.M. Frías Marquez<sup>1</sup>, J.R. Hernández-Santana<sup>2</sup> y K. M. Ba<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

<sup>2</sup> Instituto de Geografía, UNAM

<sup>3</sup> Universidad Autónoma del Estado de México

### Introducción

El estado de Tabasco, por su ubicación geográfica, su cercanía al mar y sus características fisiográficas y geomorfológicas, presenta de forma estacional una época de inundación con una duración, extensión, y magnitud dependiente de los eventos climáticos asociados. Sin embargo, debido al cambio climático, estos están variando y son varios los efectos que se espera se presenten provocados por el calentamiento (Hernández-Santana, *et al.*, 2008) alterando el ciclo de inundación. Un ejemplo de estos impactos potenciales, es que los eventos extremos de precipitación han incrementado, su intensidad y ocasionen eventos de inundaciones de magnitudes extraordinarias, como las vividas en esta región del país las últimas décadas.

El clima es el componente del paisaje, que define las condiciones ecológicas de cada región y por ende las actividades socio-económicas que se desarrollan en ese territorio. Sin embargo, el hombre en su intento por usar los recursos naturales, propiciado un uso indiscriminado e incompatible con la capacidad de carga de muchas regiones del mundo, resultando en modificaciones que van de ligeras a irreversibles (Gama, 2005). Las modificaciones en el clima provocadas por este calentamiento y aunadas aditivamente a los impactos en la naturaleza, son la causa de que se estén dando en varias partes del mundo eventos extraordinarios que actúan con mayor intensidad, provocando daños con costos cada vez más altos en zonas particularmente vulnerables (IPCC, 2007), como es el estado de Tabasco, lo que ocasionará

en el futuro en algunas regiones la necesidad de mover a las poblaciones -migraciones ambientales- que se encuentren en riesgo para protegerlas de estos impactos.

Para el caso de Tabasco, entre otras investigaciones importantes se hace necesario determinar cuál es el régimen de precipitación y los cambios que se presentaran en el patrón de distribución de la misma. Así mismo, es importante comprender el comportamiento general de las cuencas en las que se ubica el estado, como un sistema dinámico y dependiente de los procesos que afectan a escala regional. Información como los datos recabados en relación a las precipitaciones (Giddings, *et al.*, 2005), permiten generar una base de información diagnóstica básica, en relación con algunos de los fenómenos esperados por el cambio climático global. Estos resultados, aunados a otras investigaciones (Magaña *et al.*, 2006; Ortiz, 1994; Tejeda, 2007) e instrumentos de planeación, como son el ordenamiento ecológico (Gama *et al.*, 2005), permiten a los tomadores de decisiones del gobierno local tener información para generar estrategias de adaptación y propuestas para un crecimiento y desarrollo ordenado tomando en consideración las zonas de alto riesgo.

Los últimos eventos extraordinarios en el estado de Tabasco, son un referente importante en el análisis de estas estrategias de adaptación a los mismos, ya que los desastres ocurridos en 1999, 2007, 2008, 2009 y 2010 no necesariamente asociados a este cambio global, donde extensiones importantes del

## Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Estado de Tabasco y algunas zonas o localidades de los estados de Veracruz, Chiapas y Campeche, sufrieron inundaciones de una magnitud y duración sin precedente, especialmente durante el 2007, son un indicativo de los impactos potenciales a esperar los que se incrementarán en magnitud con los escenarios esperados de calentamiento global y otros impactos asociados.

Es importante tener en consideración, que las modificaciones que hacen los seres humanos en el territorio, no solo dañan las poblaciones de plantas y animales, alterando sus hábitats y potencial distribución o equilibrio en relación a las otras especies, sino que incrementan la posibilidad de que los eventos extraordinarios vinculados al clima tengan la posibilidad de incrementar su magnitud y extensión por la reducción entre otras cosas de la cubierta vegetal, la transformación a otros usos, los cambios en la composición de las especies, o alteraciones que facilitan la entrada de especies oportunistas e invasoras, lo cobran una mayor importancia cuando se considera que la pérdida de estos ecosistemas conlleva a una gran pérdida de la biodiversidad que es el capital natural para nuestro sustento en el futuro.

Si consideramos que el sureste ha sufrido la mayor deforestación en el país, esperamos un aumento en los potenciales escurrimientos y una disminución a la posible infiltración de la precipitación. Además, la deforestación, permite un mayor transporte de sedimentos y conduciendo a un asolvamiento del lecho de los ríos, lo que reduce su capacidad para transportar grandes volúmenes de agua contribuyendo a la posibilidad de generar inundaciones más frecuentes.

A finales de octubre de 2007, como se mencionó anteriormente, grandes extensiones del Estado de Tabasco y algunos poblados del Estado de Chiapas sufrieron inundaciones de una magnitud y duración sin precedente. El volumen de precipitación que cayó durante los días de este episodio superó los valores extremos documentados anteriormente por el Servicio Meteorológico Nacional. Si bien en el registro histórico de décadas anteriores se habían

documentado casos de precipitación en 24 horas con valores por encima de los 300 mm en la región, la tendencia de los últimos años indica que estos casos son cada vez más frecuentes, y que los máximos anuales de precipitación pueden ser aún mayores, como los más de 400 mm en un día ocurridos en 2007.

Considerando los constantes cambios climáticos a nivel mundial y en especial en el sureste mexicano y la vulnerabilidad del estado de Tabasco a este tipo de eventos con potencial de generar desastres, se consideró importante la formación de una red académica que pudiera contribuir, de acuerdo a sus capacidades, en la identificación y análisis de los mismos, sus problemas y posibles soluciones.

Los eventos de desastres que se han presentado en el estado, involucran múltiples aspectos como: evaluación de respuestas de los programas de desarrollo urbano; establecimiento, manejo y control de estaciones de monitoreo de los fenómenos climáticos; monitoreo de los volúmenes de agua que transportan los ríos; elaboración de sugerencias de planes y programas para atender necesidades de la población; entre muchos otros.

Por lo tanto, soluciones para comprender un sistema tan complejo como este, requería de investigaciones de alta calidad, activas y sistemáticas. Debido a esto, se decidió que experiencias compartidas entre investigadores de forma interdisciplinaria e interinstitucional, incrementaría las posibilidades de encontrar alternativas eficientes, al favorecer los contactos directos entre las diferentes comunidades académicas optimizando recursos humanos y materiales que den apoyo a las en los planes y programas que requiera aplicar el estado.

El proyecto “Análisis de variables relacionadas al cambio climático e indicadores de monitoreo de su impacto en zonas de conservación” forma parte de uno de los once proyectos de colaboración con que inició sus actividades la Red académica sobre desastres de Tabasco (RASDET) con un apoyo

## Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

logístico de las instituciones sede y económico de Fondos Mixtos Gobierno del Estado de Tabasco-CONACyT. Dicha red se conformó originalmente con investigadores de tres instituciones con sede o instalaciones en el Estado (Colegio de Posgraduados Campus-Tabasco, El Colegio de la Frontera Sur (Unidad Villahermosa) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco – de las dos primeras instituciones participan investigadores de las representaciones en el Estado de Tabasco y sus otras sedes asociadas y de la última participan investigadores de siete divisiones académicas), actualmente colaboran investigadores de catorce instituciones del país, en los cuatro diferentes ejes temáticos que cubre la RASDET: Cambio Climático con dos proyectos; Estudios de las relaciones entre los factores naturales y físicos con tres proyectos; Aspectos sociales, económicos, productivos, educativos y de salud de los desastres en Tabasco con seis proyectos y Legislación y Normatividad que es un eje transversal que debe ser incluido en todos los proyectos.

El proyecto “Análisis de variables relacionadas al cambio climático” que inició a finales del 2008 con una duración de tres años, tiene actividades muy diversas que son coordinadas por los colaboradores y que cubren actividades como: Análisis histórico de la dinámica hidrológica y Modelaje de Ríos; Evaluación de poblaciones vegetales en zonas de terrazas bajo régimen de inundación, evaluación de vegetación costera relacionada a impactos de erosión, estudio de las regiones vulnerables del estado a la elevación del nivel del mar, particularmente la Reserva de la Biósfera “Pantanos de Centla”, alteraciones en los patrones de distribución de especies de fauna por escenarios de cambio climático o por modificaciones en el hábitat asociado a adaptaciones al calentamiento global, por lo que tiene como objetivo general: Aplicar, adaptar o generar modelos de escenarios del comportamiento de la precipitación, la temperatura y la elevación del mar, que permitan pronosticar en diferentes plazos los escenarios que se presentaran en el estado y relacionarlos con datos de la historia hidrológica y tectónica del estado así como la distribución de especies indicadoras para generar entre otros resultados propuestas de monitoreo.”

### Metodología

En virtud de la diversidad de temas e impactos estudiados, como se señaló, se tienen grupos de trabajo por tipo de impacto esperado: 1) elevación de la temperatura, 2) eventos extraordinarios de inundaciones y 3) elevación del nivel del mar y erosión de costa, cada uno con un responsable y una metodología específica asociada. Se realizan también estudios de caso puntuales por localidad (en especial la región de la reserva de la biosfera “Pantanos de Centla”) o especie a los que se aplicarán los escenarios potenciales que se están generando de los impactos estudiados. Todos los datos son generados y procesados digitalmente para formar una base digital cartográfica para modelaje.

### Resultados preliminares

Se generó una relación con la información histórica recabada de los eventos de desastres registrados que provocaran daños importantes en el territorio tabasqueño. Un total de 61 eventos de diferente magnitud fueron identificados, provenientes de 26 fuentes diferentes de información. Los datos registrados –de existir- de la fuente de información por evento fueron: 1) Fecha; 2) Volúmenes de precipitación registrados (en su caso); 3) Zonas o Municipios afectados; 4) Lugares específicos; 5) Geo-referenciación (cuando los datos lo permitían); 6) datos de las afectaciones –para evaluar posibles costos- (Infraestructura, agricultura, etc.); 7) soluciones propuestas y llevadas resultantes de los impactos.

Los datos de temperatura por estación meteorológica fueron graficados por décadas para identificar tendencias a un posible incremento en la temperatura como señales de tendencias de cambio climático, sin que se identificaran cambios significativos en la comparación de las décadas identificadas en cada estación.

Es probable que la falta de tendencias identificables se deba al poco volumen de datos registrados por estación así como a las variaciones y vacíos en la

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

información. Sin embargo, se modelaron los datos para identificar las zonas con las temperaturas más altas y donde las épocas secas están causando problemáticas a los sectores productivos y la población, para inferir cuales podrían ser los impactos esperados si las temperaturas máximas registradas en estas zonas se incrementaran en 3 o 4°C de acuerdo al escenario A2 (Instituto Nacional de Ecología, S/F). Los resultados mostraron que la zona de los “Ríos” (municipios de Balancán, Emiliano Zapata, Jonuta y Tenosique) se verán seriamente afectados por sequías e incremento de temperaturas.

En relación a los datos de precipitación, estos fueron analizados regionalmente (Cuenca Grijalva-Usumacinta) para identificar tendencias a un incremento en eventos extraordinarios, o a una redistribución de la precipitación a lo largo del año y fueron correlacionados con los eventos importantes registrados de inundación en la base histórica, para determinar periodos de retorno utilizando los valores establecidos por el Observatorio Meteorológico Nacional de precipitaciones con potencial de inundación. Los datos diarios de precipitación de los meses más lluviosos, permitieron identificar los meses de agosto, septiembre y octubre, como lo que presentan incrementos en este tipo de eventos extraordinarios en Tabasco, algunos de los cuales se asocian a eventos de inundaciones con daños importantes, que fueron cartografiados.

Debido a que Tabasco, tiene una de las más complejas redes de hidrológicas superficial del país, que es uno de los factores importantes para clasificar al estado de Tabasco como una zona baja inundable, se realizó una revisión de los cambios naturales o antrópicos conocidos en la estructura de esta hidrodinámica cartografiándolos (figura 1), cuando existía información en ese respecto que facilitará la comprensión en relación a los eventos de inundación y su vinculación con ellos, sus causas y los posibles escenarios a futuro.

En la figura 1, se aprecian algunas de las modificaciones históricas que se realizaron en ellos, con fines tan variados como era evitar inundaciones,

acercar a las poblaciones el vital líquido para cubrir las necesidades de la población y favorecer el riego de los cultivos o facilitar el transporte fluvial, ya fuera como simple medio de comunicación o para transporte de los recursos explotados en la región.

Los análisis comparativos entre las líneas de costa de los años 1972, 1984 y 1995 y 2004 (Hernández *et al.* 2007), permiten identificar cambios importantes en la zona de costa de acuerdo a las tendencias morfodinámicas y determinar su vulnerabilidad al incremento del nivel del mar. Los datos de monitoreo de la costa (Ortiz, 1994; Ortiz y Gama en Botello, *et al.*, 2010), señalan zonas con fuertes pérdidas por erosión con tasas netas de pérdida de hasta seis metros anuales, en la figura 2 se muestran los escenarios potenciales de pérdida por erosión de costa en el estado.

Mediante el cruzamiento de la información recabada de precipitación, modificaciones a la hidrodinámica, infraestructura y cambios en la línea de costa que son datos históricos de eventos que se dieron o se están dando actualmente se construyó un mapa de zonas vulnerables a inundaciones por eventos extremos o elevación del nivel del mar (figura 3). En esta figura se agregó el polígono de la posible zona que se afectaría si el nivel del mar se incrementará hasta dos metros, utilizando un modelo digital de terreno para identificar las zonas bajas.

Al haber perdido la mayoría de sus bosques tropicales, hoy el estado presenta drásticas modificaciones a sus sistemas naturales, con consecuencias en su sistema hidrológico y presentando un serio riesgo a su capital natural que en el futuro le representa una baja o pérdida total de los recursos naturales disponibles para tener un posible desarrollo. Su zona de conservación más importante que se tiene de protección, la zona más importante de humedales del representada por la reserva de la Biosfera “Pantanos de Centla” se encuentra seriamente amenazada por presiones de uso y explotación de los recursos. Estas pérdidas, resultan no solo en una baja en la calidad del hábitat que afectan de manera directa no solo a los habitantes de la zona, sino en pérdida de los servicios ambientales que regulan la dinámica, funcionalidad y los procesos de los ecosistemas, lo

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

que favorecerá los impactos esperados por el cambio climático que a la larga impactarán a todo el estado. De acuerdo a los escenarios esperados de cambio climático en esta región, las tendencias de

cambio serán: un aumento en la temperatura que puede llegar a 3 grados centígrados en el 2099 y una disminución en la precipitación total de hasta 200 mm anuales figura 4.

Figura 1. Algunas de las modificaciones históricas naturales o antrópicas que ha sufrido parte de la hidrodinámica natural del estado.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 2. Acercamiento a sectores con zonas vulnerables de erosión costera, en las que se muestran en bandas de colores los escenarios a 30, 60 y 90 años de pronósticos de cambios y las poblaciones que se ubican en ellos.

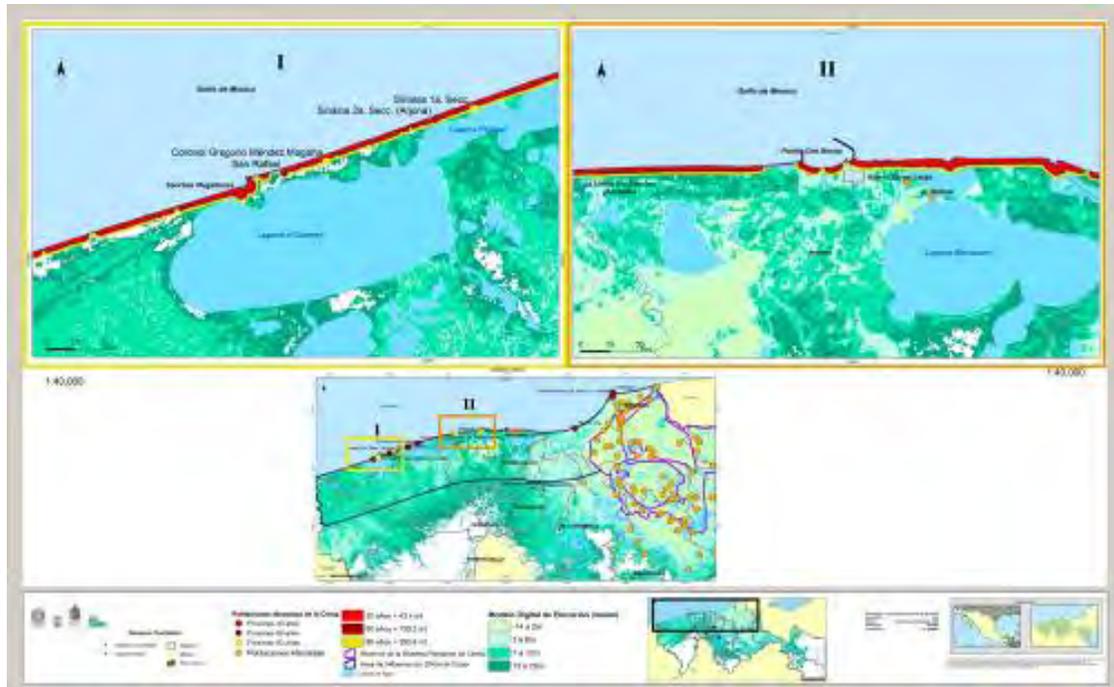
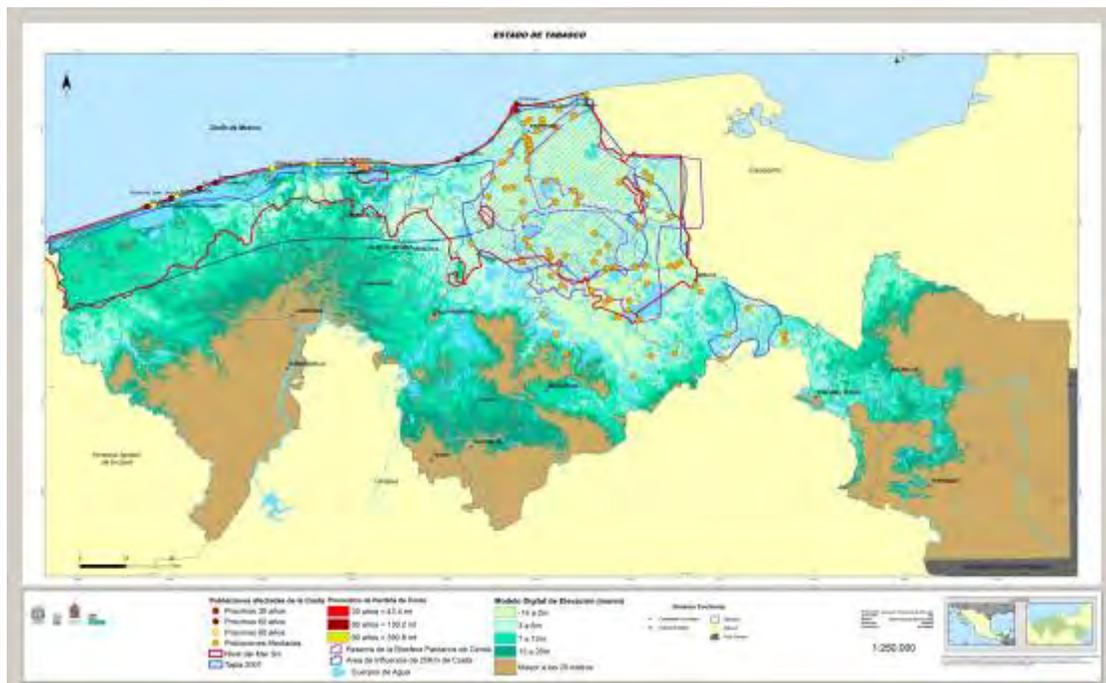
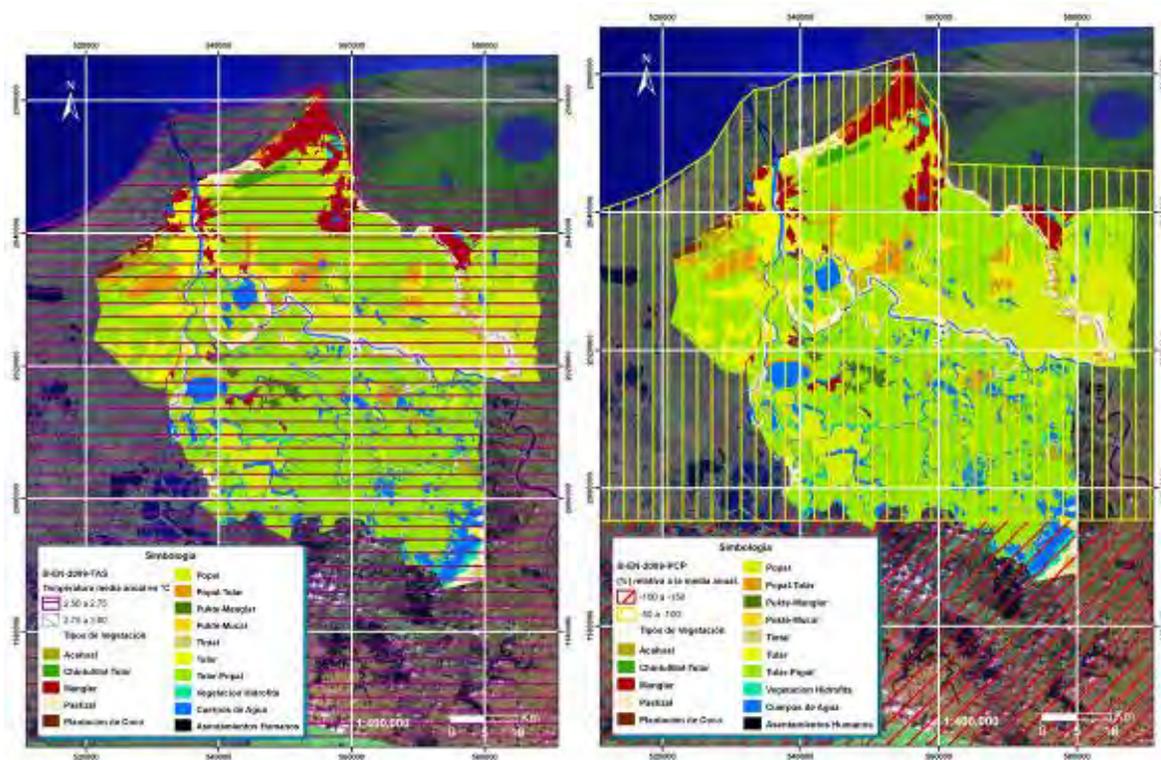


Figura 3. Mapa de vulnerabilidad considerando cuerpos de agua y ríos, datos de erosión de costa y polígonos de zonas potenciales de afectación por elevación del nivel del mar.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 4. Tendencias de cambio en la Reserva de la Biosfera “Pantanos de Centla”



**Conclusiones**

El estado se encuentra en una zona de amenazas a eventos de lluvias extraordinarias, relacionadas con tormentas tropicales tanto del Atlántico como del Pacífico y a la influencia de lluvias provocadas por los “Nortes”. Los impactos ambientales como son la deforestación, el crecimiento urbano no planificado y la obstrucción de la hidrodinámica superficial incrementa las posibilidades de inundaciones y ponen en riesgo de amenaza a la población, especialmente a la que vive en zonas vulnerables. El análisis de los datos de precipitación con diferentes acercamiento al manejo de la información, ha permitido determinar que se están presentando eventos mayores y más intensos de inundación asociados en principio a factores antrópicos como son la deforestación, el crecimiento urbano no planificado y la obstrucción de la hidrodinámica superficial natural que se verán incrementados por los impactos del Calentamiento Global.

La generación de escenarios potenciales de estos eventos de lluvias extremas permiten conocer el riesgo en que se encuentra el territorio, considerandos en cartografía de vulnerabilidad actual e incluyendo los potenciales cambios esperados especialmente en la zona de costa que servirán de base para asociarlos a los impactos esperados en zonas de conservación como el incremento del nivel del mar y la salinización de lagunas y pantanos que afectará la distribución de muchas especies.

**Fuentes de consulta**

Botello A.V., S. Villanueva, J. Gutierrez y J.L. Rojas Galaviz, Eds. 2010. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Gama, L., A. Galindo Alcántara y C. Rullán Silva. 2005. Ordenamiento ecológico de la región sierra de Tabasco. Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas.

Giddings L., M. Soto, B. M. Rutherford y A. Maarouf . 2005. Standardized Precipitation Index zones for México, Journal Atmosfera. Vol. 18, pp. 33 56

Hernández Santana, J. R. M. A. Ortiz Pérez, A. P. Méndez Linares y L. Gama Campillo. 2008. Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: Tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. 65:7-21.

Instituto Nacional de Ecología. S/F. [http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_tabasco.html](http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_tabasco.html)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Resumen para responsables de políticas del Grupo de Trabajo II. Cambridge University Press. 23 pp.

Magaña V., C. Conde, O. Sánchez y C. Gay. 2006 Evaluación de Escenarios Regionales de Clima Actual y de Cambio Climático Futuro Para México. En: Gay García C. (Compilador) (2000). *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, 220 p.

Ortiz-Pérez, M. A. 1994. Repercusiones del ascenso del nivel del mar en el litoral el Golfo de México: un enfoque geográfico de los problemas del cambio global. México ante el Cambio Climático, *Memorias del Primer Taller de Estudio de País: México*, Cuernavaca, Morelos, pp. 191-197.

Tejeda A. Martínez, A. y L. Rodríguez-Viqueira. 2007. Estado de la investigación de los aspectos físicos del cambio climático en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 62: 31-43.

# La diversidad de iberoamérica y el caribe ante el cambio climático

Sergio Guevara-Sada<sup>1</sup> y Carlos Alberto Durán-Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, A. C.  
Red de Ecología Funcional

## Introducción.

El cambio climático representa una de las principales amenazas para la diversidad del planeta (Malcolm *et al.*, 2006) y un desafío mundial de primer orden. Somos la última generación de seres humanos que tiene la oportunidad de revertir y mitigar los efectos de estos cambios (Vitousek, 1994). Este fenómeno es el resultado de la alteración en la proporción y composición de los gases de efecto invernadero (GEI) los cuales atrapan el calor de la atmósfera. Cuanto mayor es la concentración de estos gases, menor es la cantidad de calor que puede escapar al espacio exterior. El bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el principal GEI, y es producido principalmente por actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles (Houghton *et al.*, 1990). Debido a ello, es probable que el promedio de la temperatura de la superficie terrestre incremente de 1.5-5.8° C hacia el año 2100 (IPCC, 2001). Así mismo, varios modelos climáticos predicen un incremento en el promedio de la precipitación global, sin embargo algunas zonas podrán tornarse más secas (Mann *et al.*, 1998). Esto ocasionaría cambios drásticos que afectarán la fenología de los organismos y por consiguiente, habría reacciones en cadena en los sistemas biológicos y sociales.

Entender cómo están respondiendo los seres vivos ante el cambio climático, constituye una de las preguntas urgentes a responder por la ciencia moderna (Thomas *et al.*, 2004). Parmesan (2006) realizó una revisión de 866 publicaciones que registraron alteraciones en diversas especies o sistemas biológicos, las cuales son atribuidas parcial o totalmente al cambio climático. A pesar de este cúmulo de información, el progreso de la investigación actual se ve limitado por la escasez de estudios de largo plazo que permitan contrastar, comprobar y formular nuevas predicciones (Willis y Birks, 2006). Los efectos del cambio climático no distinguen entre paisajes, ciudades, continentes u océanos. Incluso los ecosistemas bien conservados se encuentran bajo riesgo frente al escenario actual de cambio climático (Rull y Vegas-Villarubia, 2006). Ello influirá en la interacción biosfera-atmósfera y

finalmente, tendrá un impacto en el clima global (van Vliet *et al.*, 2003).

## Desarrollo.

Actualmente, se reconoce el estudio de la fenología como uno de los principales temas biológicos relacionados con el efecto del cambio climático (Badeck *et al.*, 2004). La fenología se define como el estudio de los eventos biológicos recurrentes, así como sus causas respecto a los factores bióticos y abióticos y su interacción entre las fases de una misma especie o especies diferentes; la unidad de estudio varía desde el nivel de especie hasta el ecosistema completo y usualmente se toma como la unidad de tiempo el año solar. Las plantas, animales y otros organismos presentan fases recurrentes de desarrollo o de comportamiento. El principal factor que controla los procesos de desarrollo es la temperatura (Lieth, 1974; Hudson y Keatley, 2010).

Es primordial contar con un criterio fundamentado en bases teóricas que permita evaluar y estimar los efectos del cambio climático sobre las especies y los demás componentes de la diversidad (Visser y Both, 2005). Un estudio estimó que cerca del 60 % de un total de 1598 especies presentaron cambios detectables en su fenología o distribución a lo largo de los últimos 30 a 140 años (Parmesan y Yohe, 2003). Los cambios en la fisiología, fenología y distribución de las especies alterará invariablemente las relaciones interespecíficas con repercusiones en su abundancia y su distribución geográfica (Hughes, 2000). Houghton *et al.* (2001) mencionaron que es importante inferir las alteraciones en la fenología de los ecosistemas bajo un escenario diferencial de cambio climático global, ya que su efecto no es el mismo en distintas partes del planeta.

La modificación del patrón fenológico de los organismos también tendrá repercusión en la biodiversidad, la producción agrícola, el manejo forestal y la salud humana (van Vliet *et al.*, 2003). Se ha observado que los efectos del cambio climático sobre los procesos estacionales en los ecosistemas terrestres son significativos y han sido primordialmente documentados en latitudes medias

y altas (Badeck *et al.*, 2004). Sin embargo, se debe mencionar que no todas las especies o poblaciones presentan cambios en su fenología (Visser *et al.*, 1998, 2003). No existe información suficiente que permita determinar si esas especies poco sensibles, en riesgo o bien, aquellas sobre las cuales el cambio climático aún no ha tenido efecto (Visser y Both, 2005).

La adaptación a estos cambios por parte de las especies y los otros componentes de la diversidad se enfrentará a una serie de dificultades, sobre todo por las escalas de tiempo tan reducidas en las que están ocurriendo (Flores-Montalvo y Fernández-Bremauntz, 2006). Por ejemplo, un aumento de 3° C en la temperatura anual promedio del planeta, significaría un cambio en las isoterma de 300 a 400 Km. en latitud equivalente a 500 m en las zonas templadas; por ello se prevé que las especies desplazarán su zona de distribución hacia mayores altitudes o en dirección a los polos (Hughes, 2000). Thomas *et al.*, (2004) publicaron un estudio que atrajo la atención mundial. Ellos afirmaron que para el año 2050, alrededor del 15 al 37 % de las especies del planeta se habrán extinguido; lo anterior excede aún los escenarios más pesimistas previstos por los biólogos conservacionistas. Bajo este contexto, el diseño y funcionamiento de las áreas naturales protegidas a nivel global, como las reservas de la biosfera, deberá ser replanteado ya que fueron diseñadas bajo el supuesto de condiciones climáticas estables (Hannah, 2002).

El Programa del Hombre y la Biosfera, desde su creación, ha llevado a cabo un titánico esfuerzo por conservar y manejar la biodiversidad en favor del bienestar social y del desarrollo. Uno de sus aspectos más exitosos es la creación de Reservas de Biosfera. Actualmente existen 564 reservas distribuidas en 109 países y es el programa de conservación de la biodiversidad y de desarrollo sostenible más influyente del mundo. Las reservas de biosfera, son áreas naturales protegidas, cuya zonificación y operatividad, las han convertido en sitios importantes para la investigación, en donde se ha generado conocimiento básico para entender las causas de la distribución de la diversidad y donde se ha experimentado con el desarrollo sustentable. Por esta vocación, las reservas de biosfera, deben jugar un papel trascendente en la evaluación del impacto del cambio climático en la biodiversidad y en las actividades productivas tradicionales. Las 564 reservas cubren una gran extensión, que incluye una muestra significativa de la diversidad biológica y cultural de nuestro planeta. El conjunto de la diversidad de las Reservas de Biosfera, forman un

enorme capital natural, que a pesar de estar protegido, se ve amenazado por los cambios ecológicos, climáticos, económicos, políticos y sociales de gran escala, ocasionados por fenómenos naturales y actividades humanas.

Iberoamérica cuenta con la mayor diversidad biológica y cultural del planeta. En la región se distribuye entre 50 y 80% de la diversidad biológica del mundo. Contiene 57% de los bosques tropicales del mundo; 120 000 especies de plantas y 24 000 especies de plantas útiles. Iberoamérica tiene diversos biomas, distribuidos en Latinoamérica y en la Península Ibérica. La región entera abarca 20 millones de Km<sup>2</sup>, que se extienden desde 32° de latitud N hasta 55° de latitud S. Es un inmenso territorio que capta una gran cantidad de precipitación pluvial, escurre 30% del total del agua del planeta. La Red IberoMab está formada por 154 reservas distribuidas en 25 países, en conjunto incluyen un buen número de ecosistemas, de paisajes, de condiciones geomorfológicas y de usos tradicionales de los recursos naturales a lo largo del continente americano y la península ibérica. Las reservas están distribuidas a lo largo de gradientes altitudinales y latitudinales.

El objetivo de este proyecto es recopilar información a corto, mediano y largo plazo proporcionada por los propios habitantes locales de las reservas de la biosfera de Iberoamérica y El Caribe para medir el efecto que el cambio climático tiene en la fenología de especies de plantas y animales, en ecosistemas y paisajes. Con esta información se podrán proponer medidas que garanticen la conservación de la biodiversidad y de las actividades sustentables basadas en ella. Por sí sólo, esto hace que la información que se generará sea de gran valor y tenga un enorme potencial de aplicación para la conservación y el manejo de recursos así como para la mitigación del cambio climático. Esta iniciativa es una buena oportunidad de vincular la ciencia con la sociedad. Será posible incrementar la capacidad de guiar a la sociedad en su toma de decisiones acerca del ambiente y hacer que el sistema científico contribuya al diseño de modelos sustentables de manejo, conservación, ordenamiento y restauración de los recursos naturales.

Se realizará la selección de las especies que serán observadas usando distintos criterios, como por

ejemplo especies sensibles al cambio y especies poco sensibles; especies abundantes y raras, o las especies más conocidas por la gente a nivel local. Deberán ser de fácil observación, que se conozca su biología y principalmente que las observaciones sean simples. También se consultarán colecciones biológicas para complementar la información recopilada. Los datos de las observaciones y su geo-referencia serán registrados por los directores de las reservas y enviados a un ordenador con un software para crear la base de datos y proporcionará herramientas para su análisis de los patrones y respuestas fenológicas observadas.

### Conclusiones.

Con los resultados obtenidos a partir del año 2011 en adelante, se podrá determinar el efecto del cambio climático en las especies, ecosistemas y paisajes. Con base en lo anterior, se podrán proponer cambios en la zonación de las reservas para adecuar la conservación de la biodiversidad ante el cambio climático y se podrán rediseñar las nuevas reservas de biosfera tomando en cuenta el comportamiento y respuestas de las especies y los demás elementos de la biodiversidad ante este fenómeno.

### Fuentes de consulta

Badeck, F. W., A. Bondeau, K. Böttcher, D. Doktor, W. Lucht, J. Schaber and S. Sitch. 2004. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist* 162: 295–309.

Flores-Montalvo, A. y A. Fernández-Bremauntz. 2006. Cambio Climático. El peso de la evidencia y sus implicaciones para la sociedad en: Urbina-Soria, J. y J. M. F. Más allá del cambio climático: Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. Instituto Nacional de Ecología, México, y Facultad de Psicología, UNAM. 287 p.

Hannah, L., G. Midgley, T. Lovejoy, W. Bond, M. Bush, J. Lovett, D. Scott, and F. Woodward. 2002. Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology* 16:264-268.

Houghton, J. T., G. J. Jenkins, and J. Ephraums. 1990. Climate change: the IPCC scientific assessment. *American Scientist* 80: 365.

Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden and D. Xiaosu. 2001. Climate Change 2001: the scientific basis contribution of working group I to the third assessment report of the

intergovernmental panel on climate change (IPCC). Cambridge, Cambridge University Press.

Hudson, I. L. and M. R. Keatley. 2010. Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. Springer. Dordrecht. 339 p.

Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15:56-61.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.

Lieth H. 1974. Phenology and seasonality modelling. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. 444 P.

Malcolm, J. R., C. Liu, R. P. Neilson, L. Hansen, and L. Hannah. 2006. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology* 2: 538-548.

Mann, M. E., R. S. Bradley, and M. K. Hughes. 1998. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations. *The Warming Papers* 26:220.

Parmesan C., 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 637-669.

Parmesan, C. and G. Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421, 37–42.

Rull, V. and T. Vegas Villarubia. 2006. Unexpected biodiversity loss under global warming in the neotropical Guayana Highlands: a preliminary appraisal. *Global Change Biology* 12:1-9.

Thomas, C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. N. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. A. Ortega-Huerta, A. Townsend Peterson, O. L. Phillips and S. E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145–148.

van Vliet, A., J. H., R. S. de Groot, Y. Bellens, P. Braun, R. Bruegger, E. Bruns, J. Clevers, C. Estreguil, M. Flechsig, F. Jeanneret, M. Maggi, P.

Martens, B. Menne, A. Menzel and T. Sparks. 2003. The European Phenology Network. *International Journal of Biometeorology* 47: 202-212.

Visser, M. E., A. J. van Noordwijk, J. M. Tinbergen and C. M. Lessells. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences* 265: 1867–1870.

Visser, M. E., F. Adriaensen, J. H. van Balen, J. Blondel, A. A. Dhondt, S. van Dongen, C. du Feu, E. V. Ivankina, A. B. Kerimov, J. de Laet, E. Matthysen, R. McCleery, M. Orell and D. L. Thomson. 2003. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences* 270, 367–372.

Visser, M. E and C. Both. 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences* 272:2561–2569.

Vitousek, P. M. 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75:1861-1876.

Willis, K. J. and H. J. B. Birks. 2006. What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science* 314: 1261-1265.

## Efecto del cambio climático en la distribución de cinco especies arbóreas de México

Erick Gutiérrez-Estrada<sup>1</sup> e Irma Trejo-Vázquez<sup>1</sup>

Instituto de Geografía, UNAM

### Introducción

En la actualidad, el planeta está sufriendo un calentamiento abrupto, producto de la modificación en la composición atmosférica, ya que los gases de efecto invernadero han aumentado de forma considerable (Dixon *et al.*, 1996; Burroughs, 2001). Por lo que las distintas especies tenderán a cambiar su distribución hacia latitudes y altitudes diferentes a las que se encuentran hoy en día (Ciesla, 1995; Walther *et al.*, 2005; Parmesan, 2006; Gavilán, 2008). Esto sería un grave problema para las especies que se localizan en ecosistemas geográficamente confinados, como las montañas, ya que serían más sensibles a los cambios en las condiciones climáticas (Gavilán, 2008; Dawson y Spannagle, 2009). Dando como resultado la extinción de muchas especies o la disminución de sus poblaciones, ya que el cambio climático excederá su habilidad de migrar o de sobrevivir en las nuevas condiciones ambientales (Beniston, 1994; Smith, 1997; Gray, 2005; Gavilán, 2008).

Los objetivos del trabajo fueron el evaluar el impacto del cambio climático en la distribución de cinco especies de arbóreas (*Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, *Abies hickelii*, *Quercus laurina* y *Quercus ocoteaefolia*) de importancia para México y reconocer las condiciones climáticas en donde se establecen, a partir de la aplicación de métodos estadísticos que permitan describir las probabilidades de ocurrencia de las especies ante condiciones climáticas determinadas. Ya que el conocer las afinidades y patrones de comportamiento de las especies en relación con las condiciones climáticas, tiene repercusiones prácticas importantes, esencialmente en el manejo y conservación de los recursos vegetales.

### Método

Localización actual de las especies

Se utilizó la georreferencia de los puntos de colecta disponibles en bases de datos (CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; INEGI, Instituto Nacional de

Estadística y Geografía; GBIF, Global Biodiversity Information Facility) y ejemplares de herbario (MEXU, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México; FCME, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México; ENCB, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional).

Intervalos óptimos de establecimiento

Se utilizaron los datos provenientes del escenario base que se encuentra en el Atlas Climático Digital de México realizado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México (Fernandez-Eguiarte *et al.*, 2010). El escenario base toma en cuenta datos climáticos que van del año 1950 al año 2000 y está disponible a una resolución espacial de 926 m. Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) (ArcGis 9.3) para llevar a cabo una operación de sobreposición de capas y así obtener el dato de las variables climáticas para cada uno de los puntos de colecta de las especies.

Se eliminó los datos extremos de las variables climáticas por medio de diagramas de caja y bigote, por medio del software PASW Statistics versión 18 y se realizó la transformación logarítmica de los datos utilizando la fórmula de:  $X' = \log_{10}(X_i + 1)$ .

Posteriormente se realizaron las pruebas de simetría y curtosis propuestas por D' Agostino expuesta por Zar (1999) para comprobar que las variables climáticas presentaban una distribución normal. Las variables climáticas que presentaron este tipo de distribución y por lo cual se utilizaron fueron la temperatura media anual y precipitación anual.

Para obtener los intervalos óptimos de las variables climáticas para cada una de las especies, primero se tomó en cuenta el valor más pequeño de los datos y se le sumó el valor de  $w$ , amplitud de intervalo ( $w = R/k$ , donde:  $R = \text{Valor máximo} - \text{Valor$

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

mínimo;  $k = 1 + 3.322 \log n$ ). Dicha suma se fue realizando hasta que todos los datos estén dentro de algunos de los intervalos resultantes.

Después se calculó la probabilidad de cada uno de los intervalos, por medio de la aplicación de una Z estandarizada ( $Z = (X_i - \bar{X}) / \sigma$  = valor estandarizado;  $\bar{X}$  = media;  $\sigma$  = desviación estándar). El cual consiste en calcular el valor de Z estandarizada tanto para el límite inferior como para el límite superior del intervalo, para así obtener las dos probabilidades z por medio del uso de tablas z a partir de los valores Z estandarizados calculados. Para poder obtener sólo una probabilidad por intervalo de clase se resta a la probabilidad z del límite inferior del intervalo, la probabilidad z del límite superior del intervalo.

Una vez obtenidas las probabilidades de cada intervalo, se procedió a transformar los valores logarítmicos de los intervalos, los cuales fueron modificados de acuerdo a la siguiente fórmula (valor del intervalo =  $10^X - 1$ ). Para la obtención de intervalos óptimos de la temperatura media anual y precipitación anual se seleccionaron los intervalos cuyas probabilidades fueran mayores a 0.17.

**Proyecciones de cambio climático**

Se utilizaron los dos modelos de circulación general disponibles en el Atlas Climático Digital de México (Fernandez-Eguiarte *et al.*, 2010). Esos dos modelos son el alemán MPIECHAM5 y el inglés UKMOHADGEM1; cada uno de ellos bajo dos escenarios de emisiones, A2 y B2; y horizonte de tiempo 2050. Las proyecciones se encuentran

disponibles a una resolución espacial de 926 m. Con ayuda del SIG (ArcGis 9.3), se obtuvieron los datos de temperatura y precipitación para cada punto de colecta de acuerdo a lo propuesto por los modelos de cambio para cada una de las especies.

**Distribución potencial**

Por medio de un SIG se generaron los mapas de distribución potencial y se calculó la superficie total que ocupan en el país, esto fue a partir de los intervalos óptimos obtenidos. Por lo que se seleccionaron las zonas del país que cumplieran con las temperaturas y precipitación deseadas. Esto fue tanto para el escenario base como para las diferentes proyecciones de cambio climático.

**Evaluación del impacto del cambio climático**

Para evaluar el impacto del cambio climático en la distribución de las especies arbóreas, se obtuvo el porcentaje de cambio para cada proyección de cambio utilizado por medio de la siguiente fórmula: % de cambio =  $[(S_1 - S_0) / S_0] * 100\%$ . Donde  $S_0$  es la superficie total que ocupan en el país según el escenario base y  $S_1$  es la superficie total que ocupan en el país bajo las condiciones de cambio.

**Resultados**

La especie que contó con más registros fue *Q. laurina*, mientras que *Q. ocoteaefolia* fue la especie que contó con menos registros. En cuanto a los intervalos óptimos de establecimiento para las dos variables climáticas, *P. ayacahuite* presentó intervalos óptimos más amplios y *A. hickelii* presentó intervalos más restringidos de entre todas las especies analizadas (ver Tabla 1).

Tabla 1. Intervalos óptimos de temperatura media anual y precipitación anual por especie, con sus respectivas probabilidades de establecimiento [p].

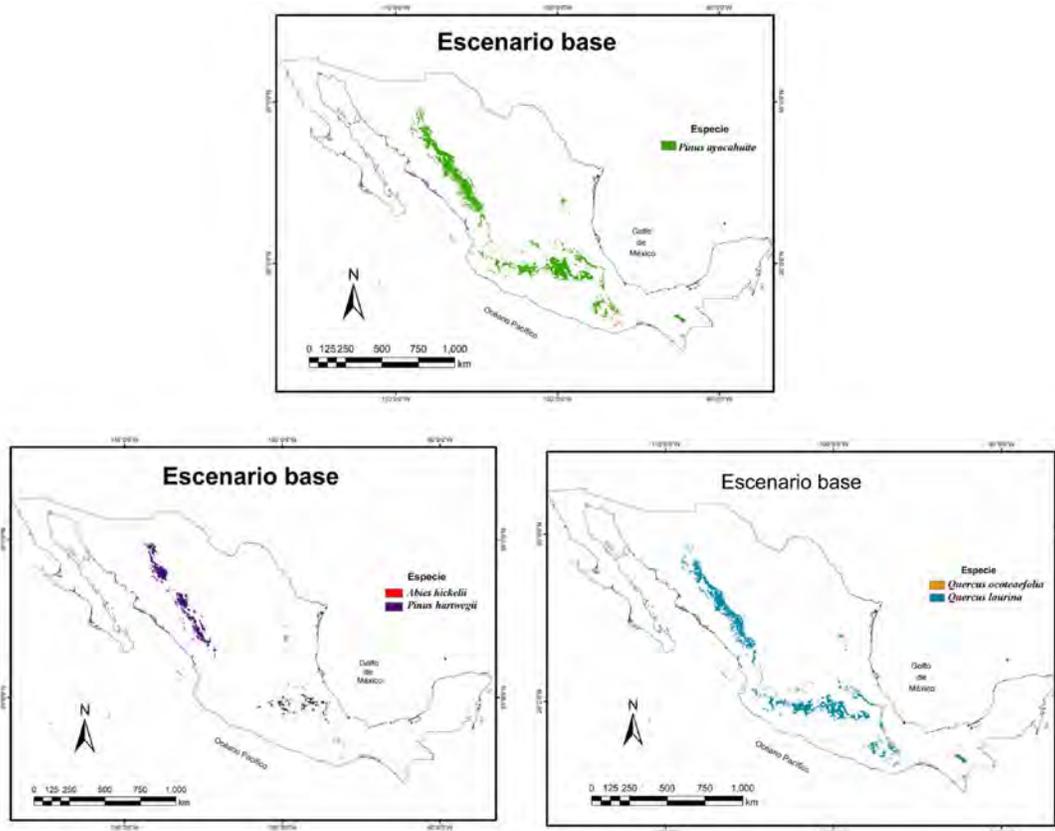
Especie	Número de registros	Temperatura media anual (°C)	Precipitación anual (mm)
<i>Pinus ayacahuite</i>	410	11.8-16.3 ±1.2 [0.52]	733-1269 ±162 [0.54]
<i>Pinus hartwegii</i>	559	9.9-13.0 ±0.8 [0.54]	657-1019 ±100 [0.56]
<i>Abies hickelii</i>	68	11.1-13.7 ±0.6 [0.42]	1332-1591 ±88 [0.41]
<i>Quercus laurina</i>	666	12.1-16.5 ±1.1 [0.57]	815-1289 ±136 [0.53]
<i>Quercus ocoteaefolia</i>	48	11.8-14.9 ±0.9 [0.57]	1418-1792 ±98 [0.41]

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tabla 2. Área potencial para *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, *Abies hickelii*, *Quercus laurina* y *Quercus ocoteaefolia* en México, de acuerdo al escenario base y dos modelos de circulación general (MPIECHAM5 y HADGEM1), con dos escenarios de emisiones (A2 y B2) y horizonte de tiempo 2050. Se presenta el área total que ocupan en hectáreas (ha) con sus porcentajes de cambio.

Especie	Escenario base	HADGEM1 A2		HADGEM1 B2		MPIECHAM5 A2		MPIECHAM5 B2	
	10 <sup>6</sup> ha	10 <sup>6</sup> ha	% de cambio						
<i>P. ayacahuite</i>	9.93	6.49	-35	7.88	-21	5.35	-46	6.55	-34
<i>P. hartwegii</i>	3.61	0.73	-80	0.82	-77	0.51	-86	0.64	-82
<i>A. hickelii</i>	0.29	0.07	-76	0.14	-50	0.06	-79	0.12	-58
<i>Q. laurina</i>	7.91	4.64	-41	6.42	-19	4.13	-48	5.15	-35
<i>Q. ocoteaefolia</i>	0.27	0.11	-60	0.15	-44	0.08	-69	0.12	-54

Figura 1. Mapas de distribución potencial de *Pinus ayacahuite* (verde), *Pinus hartwegii* (morado), *Abies hickelii* (rojo), *Quercus laurina* (azul) y *Quercus ocoteaefolia* (amarillo).



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

El análisis realizado muestra que de las cinco especies, *P. ayacahuite* es la que ocupa la mayor superficie en el país con  $9.93 \times 10^6$  hectáreas, mientras que *Q. ocoteaefolia* fue la especie que ocupó menor superficie en el país con  $0.27 \times 10^6$  hectáreas (ver Figura 1).

En cuanto al impacto del cambio climático, los resultados muestran que las cinco especies experimentarán reducciones en sus áreas de distribución potencial, debido a las modificaciones en temperatura y precipitación. Los cambios más notables se observaron en *P. hartwegii*, seguido de *A. hickelii* y *Q. ocoteaefolia*, con reducciones de hasta 86%, 79% y 69% respectivamente, para el modelo MPIECHAM5 bajo un escenario de emisiones tipo A2 y horizonte de tiempo 2050 (ver Tabla 2).

**Discusión y conclusiones**

Ante el cambio climático, las especies tendrán que enfrentar presiones como el incremento en la aridez o intervalos más altos de precipitación y tendrán que responder en tiempos relativamente cortos (Villers y Trejo, 2000). Por lo que la supervivencia de las especies durante el cambio climático dependerá de su habilidad de adaptación y de una migración rápida a lugares con condiciones climáticas óptimas (Peters, 1990; Beniston, 1994; Ciesla, 1995; Hardy, 2003; Gray, 2005).

Pero los cambios en la distribución de la vegetación ocurren de manera lenta, ya que tardan cientos o miles de años (Hardy, 2003), además de que las nuevas zonas podrían no ser edáficamente apropiadas para la migración de algunas especies (Beniston, 1994; Ciesla, 1995; Gray, 2005). Todo lo anterior, dará lugar a que en algunos casos, se pueda presentar una extinción local o completa (Peters, 1990; Smith, 1997; Gray, 2005).

Además, la capacidad de respuesta de cada especie se verá afectada por el estado de conservación de la vegetación y por factores como la deforestación (Villers y Trejo, 2000). Debido a esto, sus áreas de distribución se verán disminuidas y se promovería una pérdida poblacional severa, fundamentalmente en las especies que se establecen en las partes altas de las montañas como es el caso de *P. hartwegii*.

Las especies no sólo afrontarán los problemas de migrar a nuevas zonas con características óptimas,

sino que también existirá una competencia entre especies por los recursos. Esto es importante para especies como *P. hartwegii* o *A. hickelii*, las cuales además de formar unidades monoespecíficas, fueron las especies que presentaron las disminuciones más marcadas entre las cinco especies analizadas.

Los escenarios de emisiones A2 (emisiones altas de gases de efecto invernadero) demuestran las condiciones que probablemente seguirán prevaleciendo por mucho tiempo en nuestro planeta, por lo que se puede decir que si las emisiones de gases de efecto invernadero siguen la misma tendencia que en las últimas décadas, serán más severos los decrementos en la superficie potencial que ocuparán las especies. Por ello, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero debería ser una de las prioridades para todos los gobiernos, porque como se observó en este trabajo, los efectos del cambio climático sobre las especies dependerán de la cantidad de gases de efecto invernadero que se emitan hacia la atmósfera.

El presente estudio desarrolló un método que permite la obtención de intervalos óptimos de establecimiento de las especies para algunas variables climáticas. Esto es de vital importancia ya que el conocer los patrones de comportamiento de las especies en relación a sus preferencias climáticas de establecimiento potencial, tiene repercusiones prácticas importantes, porque el conocer los intervalos de establecimiento de las especies facilita el análisis de los impactos del cambio climático.

**Fuentes de consulta**

Beniston, M. 1994. Mountain environments in changing climates. Routledge, United Kingdom. 461 p.

Burroughs, W. J. 2001. Climate change a multidisciplinary approach. Cambridge University Press, United Kingdom. 248 p.

Ciesla, W. 1995. Cambio climático, bosques y ordenamiento forestal, una visión de conjunto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. 146 p.

Dawson, B. y M. Spannagle. 2009. The complete Guide to climate change. Routledge, United States of America. 436 p.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Dixon, R., J. Perry, E. Vanderklein y F. Hiol. 1996. Vulnerability of forest resources to global climate change: case study of Cameron and Ghana. *Climate Research* 6:127-133.

Fernandez-Eguiarte, A., J. Zavala-Hidalgo y R. Romero-Centeno. 2010. Atlas Climático Digital de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.atmosfera.unam.mx/uniatmos/atlas/uniatmos.html>; última consulta: 3.III.2010.

Gavilán, R. G. 2008. La vegetación de alta montaña. *In Avances en Biogeografía*, Redondo, M., M. Palacios, F. López, T. Santamaría y D. Sánchez (eds.). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia, España. pp 165-174.

Gray, P. 2005. Impacts of climate change on diversity in forested ecosystems: Some examples. *The Forestry Chronicle* 81:655-661.

Hardy, J. 2003. Climate change causes, effects and solutions. Willey, United Kingdom. 247 p.

Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary response to recent climatic change. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37:637-669.

Peters, R. L. 1990. Effects of global warming of forest. *Forest Ecology and Management* 35:13-33.

Smith, J. 1997. Setting priorities for adapting to climate change. *Global Environmental Change* 7(3): 251-264.

Villers, L. e I. Trejo. 2000. El cambio climático y la vegetación. *In México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, Gay, C. (ed.). Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. pp 57-72.

Walther, G., S. Beibner y A. Burga. 2005. Trends in the upward shift of alpine plants. *Journal of Vegetation Science* 16: 541-548.

Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall, United States of America. 663 p.



## Moléculas relacionadas con las repuestas antioxidantes, como alternativas para disminuir el estrés en los cultivos por cambio climático y el impacto al ambiente.

Humberto Antonio. López-Delgado<sup>1</sup> Martha Elena. Mora-Herrera y Ricardo Martínez-Gutiérrez.

<sup>1</sup>Laboratorio de Fisiología-Biotecnología. Programa Nacional de Papa Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Conjunto SEDAGRO. Metepec, Estado de México. México

### Introducción

En México y muchos países, los cultivos de importancia económica y alimenticia son afectados por enfermedades causadas por bacterias, hongos, virus, fitoplasmas y plagas, y por factores ambientales tales como: el cambio global de la temperatura, radiación UV, lluvia ácida, sequías, e inundaciones. El cambio climático ha influido para que todos los factores meteorológicos se vean alterados, lo cual lleva a favorecer la incidencia de poblaciones de plagas y vectores transmisores de enfermedades. Todo ello incrementa el estrés en los cultivos afectando el rendimiento agronómico y el manejo de germoplasma en general. Un factor que origina estrés en el sistema de producción de semilla *in vitro*-invernadero-campo en el cultivo de la papa es el frío. En algunas zonas productoras de papa las temperaturas disminuyen a bajo cero en invierno, en el invernadero, lo que ocasiona daños en la productividad, así como incremento en los costos de producción. Los cambios ambientales, el uso de variedades sensibles a enfermedades, la contaminación y el uso excesivo de agroquímicos, obligan a modificar continuamente las prácticas de manejo de los cultivos, lo que incide en los costos de producción y aumenta el riesgo de contaminación de alimentos y al ambiente.

El Laboratorio de Fisiología y Biotecnología del Programa Nacional de Papa del INIFAP, ha trabajado en los últimos 12 años sobre las repuestas fisiológicas de tolerancia a estrés biótico

y abiótico, estudiando moléculas señal en plantas que disparan mecanismos de resistencia a factores de estrés en general para contribuir a los sistemas de manejo integrado. Estudios han mostrado que la inducción de tolerancia y aclimatación a diferentes tipos de estrés está asociada a las respuestas oxidativas y antioxidativas de las plantas. Los factores bióticos y abióticos causan estrés oxidativo a través de la producción y acumulación de especies reactivas de oxígeno (ERO) tales como: oxígeno en estado singulete ( $^1O_2$ ), superóxido ( $O_2^-$ ), radicales hidroxilo ( $\cdot OH$ ) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), estas son producidas directa o indirectamente por diversas reacciones celulares y muchos compartimentos intracelulares están implicados en su generación (Scandalios, 2005).

Las ERO inhiben la función enzimática, dañan proteínas, ácidos nucleicos y lípidos de la célula. Cuando las plantas están expuestas a condiciones ambientales adversas, el daño oxidativo ocurre porque el balance entre la producción de ERO y su desintoxicación por el sistema antioxidante es alterado (Scandalios, 2005; Foyer y Noctor, 2005). El incremento en la producción de derivados de oxígeno tóxico, es indicador de condiciones de estrés oxidativo, sin embargo, estas moléculas también son producidas por procesos metabólicos normales de la célula (Scandalios, 2005). Las ERO, en especial el  $H_2O_2$  estimulan la síntesis del ácido salicílico (AS) y a su vez el AS contribuye a aumentar los niveles de ERO al inhibir diversos sistemas antioxidantes enzimáticos y la acumulación del  $H_2O_2$ . Existen reportes de la relación compleja entre el AS y el  $H_2O_2$  en la señalización de plantas. El AS puede incrementar los niveles de  $H_2O_2$ , así como también el AS puede ser inducido por el

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, sin embargo aun poco se conoce sobre esta relación. El cambio climático, ha originado que nuevas enfermedades aparezcan o las ya existentes se intensifiquen o se dispersen como por ejemplo el síndrome de punta morada. El Síndrome de Punta Morada (por sus siglas en ingles PPT) es una enfermedad grave que afecta la producción de tubérculos en América, Europa y Australia (Maramorosch, 1998).

En México los síntomas de PPT se han asociado con el tipo de fitoplasma 16SrI y 16SrII identificados mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Almeyda *et al.* 2001). Recientemente se han detectado otros grupos de fitoplasma en Sinaloa (16SrXIII), Coahuila y Guanajuato (16SrIII) (Santos-Cervantes *et al.*, 2010). Los síntomas en la planta son enrollamiento apical, coloración purpura en las hojas, tallos aéreos, clorosis, formación de tubérculos aéreos, pardeamiento interno de la pulpa, formación de muchos tubérculos pequeños y de baja calidad en cuanto al contenido de almidón y ausencia de brotes en tubérculos (Romero-Romero y López-Delgado, 2009), estos síntomas no son buenos debido a que promueven una baja calidad comercial en la papa. Recientemente también se ha asociado al PPT una nueva bacteria llamada *Candidatus Liberibacter psyllaourous*, al parecer este patógeno está asociado al pardeamiento interno del tubérculo conocido como "Zebra Chip" (Hansen *et al.*, 2008). Hay limitada información sobre la aparición de síntomas de infección por fitoplasma y la interacción con el estrés abiótico. Nosotros hemos observado el desarrollo de síntomas en plantas aparentemente sanas al final de la estación de lluvias en condiciones de campo; estas observaciones sugieren que el estrés ambiental podría ser un factor determinante en la manifestación de síntomas. El estrés hídrico es uno de los factores ambientales más importantes que limitan el crecimiento, producción y calidad en el cultivo (Deblonde *et al.*, 1999). Nuestro grupo de trabajo ha observado que al final del periodo de lluvias en condiciones de campo plantas sin síntomas de fitoplasma presentan los síntomas típicos de infección por el patógeno, lo que podría estar sugiriendo que el estrés ambiental podría ser un factor determinante en la manifestación de los síntomas. Tomando a la papa como un modelo biológico aplicable a cualquier especie, este trabajo revisa estudios de estrés oxidativo enfocados a

tolerancia a estrés, dentro de un área de punta a nivel internacional, al aumentar las evidencias del papel que tienen antioxidantes y señales como el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, en la señalización de respuestas a estrés biótico y abiótico.

## Materiales y Métodos

### *Efecto de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en plantas infectadas con fitoplasma*

Se estudiaron los síntomas en plantas de papa infectadas con fitoplasma y las respuestas antioxidantes mediados por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bajo condiciones de sequía. Plantas *in vitro* infectadas y no, con fitoplasma, fueron transferidas a invernadero y asperjadas dos veces por semana con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; los parámetros se evaluaron a los 75 y 90 días después de la siembra (DDS) (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2011).

### *Efecto de ABA, AS y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la tolerancia a baja temperatura*

Microplantas pretratadas con ABA, AS o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 4 semanas de cultivo *in vitro*, se trasplantaron a suelo y fueron expuestas 4 horas a baja temperatura (-6 °C) (Mora-Herrera *et al.*, 2005). La sobrevivencia de evaluó 15 días después de estrés de frío. Se midieron actividades antioxidantes a los 28 días de incubación en medio MS con y sin ABA, AS y en microplantas preincubadas en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1 hora (Mora-Herrera y López-Delgado, 2007).

## Resultados

### *Tolerancia a punta morada*

El tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> incrementó significativamente el peso de los minitubérculos tanto en los provenientes de plantas sanas como los de las plantas infectadas (Figura 1a). La infección por fitoplasma a tubérculos promovió un bajo contenido de almidón, siendo esta una característica de la enfermedad (Figura 1b). El contenido de almidón en tubérculos provenientes de plantas

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

infectadas disminuyeron significativamente, mientras que en las provenientes de plantas asperjadas por  $H_2O_2$  se incrementó en un 20% y en las no infectadas se incrementó en un 15% con respecto a su control (Figura 1b). La actividad de catalasa (CAT) disminuyó en plantas infectadas por el fitoplasma en contraste con las plantas sanas; mientras que el tratamiento con  $H_2O_2$  no indujo cambios significativos (Figura 2a). En condiciones de riego óptimo, se encontraron diferencias significativas en la actividad peroxidasa (POX) en plantas infectadas por fitoplasma (Figura 3). Contrariamente como ocurrió con la actividad de CAT, la actividad de POX se incrementó cuando el tratamiento con  $H_2O_2$  fue asperjado tanto a las plantas enfermas como en plantas sanas (Figura 3).

Bajo condiciones de sequía, el peso de los minitubérculos se redujo en plantas no infectadas e infectadas, sin embargo,  $H_2O_2$  significativamente incrementó el peso de los minitubérculos (Figura 1a), la actividad CAT (Figura 2a) y contenido de  $H_2O_2$  (Figura 2b) en presencia de fitoplasma. Los minitubérculos producidos por plantas infectadas con fitoplasma y asperjadas con  $H_2O_2$ , tuvieron significativamente más almidón que los controles (Figura 1b).

El tratamiento de  $H_2O_2$  indujo más altas concentraciones de  $H_2O_2$  interno, que estuvo asociado con efectos positivos en minitubérculos infectados, tales como peso, reducción del número, contenido de almidón, brotación y tolerancia a sequía, se sugiere una función de señal del  $H_2O_2$  en la disminución de síntomas.

Bajo condiciones de sequía el tratamiento con  $H_2O_2$  incrementó la actividad de POX (Figura 3) en las plantas no infectadas en comparación con la actividad CAT (Figura 2a) bajo las mismas condiciones experimentales

*Tolerancia a bajas temperaturas*

En microplantas pretratadas con ABA, AS o  $H_2O_2$  de 4 semanas de cultivo *in vitro*, trasplantadas a suelo y expuestas 4 horas a  $-6\text{ }^\circ\text{C}$  se incrementó la supervivencia con respecto a los testigos (Figuras 4a,b y 5a,b). Los tratamientos de ABA 5 y 10  $\mu\text{M}$ , incrementaron significativamente la supervivencia a la exposición al frío con respecto al testigo de microplantas de papa variedad Alpha. Mientras que, las concentraciones 1, 2.5, 5 y 10  $\mu\text{M}$  incrementaron la supervivencia significativamente con respecto al testigo en la variedad Atlantic (Figura 4a). En la variedad Alpha se incrementó la supervivencia hasta un 66.73%, y en la variedad Atlantic 203.8% con respecto a los testigos. El tratamiento de AS 0.1  $\mu\text{M}$  indujo mayor tolerancia a la exposición a baja temperatura, así, Atlantic presentó aumento en la supervivencia en 90%, con respecto al testigo, mientras que, Alpha incrementó 76% (Figura 4b).

Las microplantas de la variedad Alpha provenientes de micro esquejes preincubados en la concentración 5 mM de  $H_2O_2$  incrementaron significativamente la supervivencia la cual fue de 46% con respecto al testigo (Figura 5a), mientras que en las microplantas (completas incluida la raíz) de ambas variedades de 28 días de edad preincubadas en  $H_2O_2$  15 mM por 1 hora incrementaron la supervivencia con respecto a los testigos (preincubados en agua); en la variedad Alpha la supervivencia fue de 54.13%, mientras que en la variedad Atlantic fue de 52.98% (Figura 5b).

*Efecto del ABA, AS y  $H_2O_2$  en las respuestas oxidativas y antioxidativas en la inducción a tolerancia a bajas temperaturas.*

Se cuantificó la actividad enzimática de la catalasa, ascorbato peroxidasa, peroxidasa; y el contenido de  $H_2O_2$ , en microplantas de 28 días de incubación pretratadas con 10  $\mu\text{M}$  de ABA, 0.1  $\mu\text{M}$  de AS y 15 mM de  $H_2O_2$  porque fueron los tratamientos que indujeron los mayores porcentajes de supervivencia. En los tratamientos ABA 10  $\mu\text{M}$  y en AS 0.1  $\mu\text{M}$  la actividad enzimática de la CAT fue inhibida con respecto a los testigos en ambas variedades (Cuadro 1).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 1. Efecto del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en el peso de minitubérculos (a) y contenido de almidón (b). Datos fueron tomados a los 90 DDS en plantas +/- a fitoplasma y asperjadas con 1 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. El estrés hídrico fue aplicado a los 75 DDS. Datos son promedios ± ES de 3 experimentos. Barras con diferente letra denota significancia por ANOVA y prueba de Tukey's.

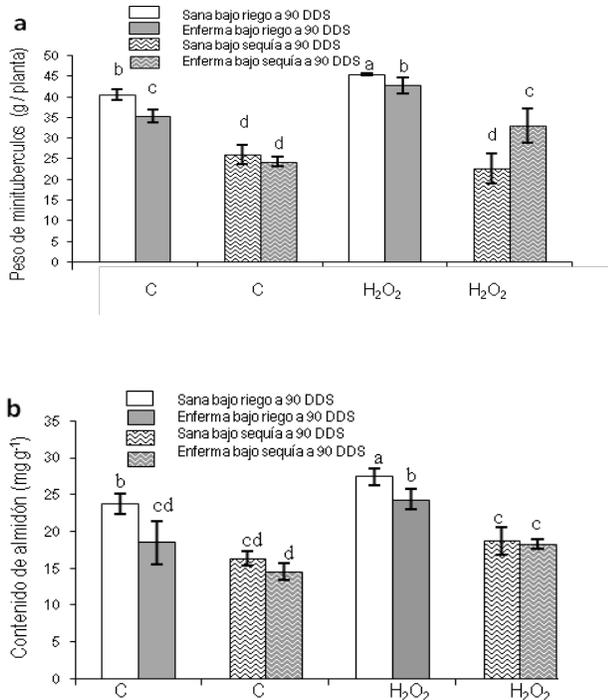
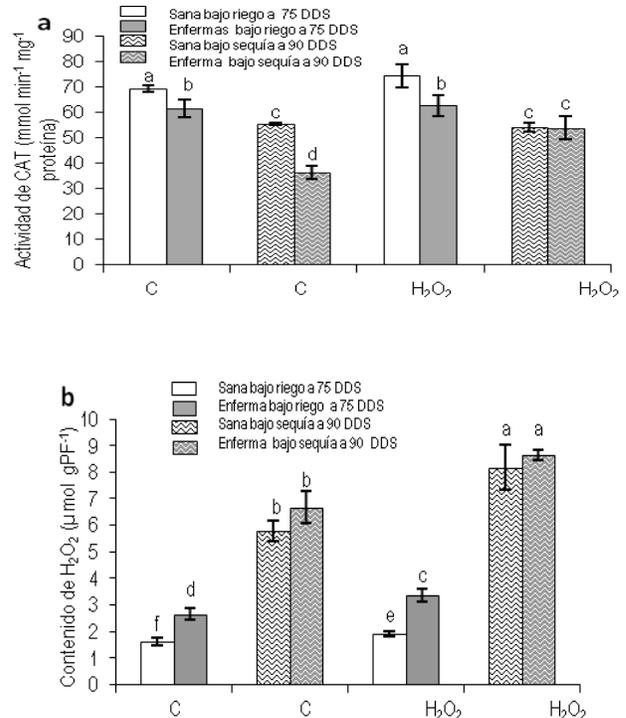


Figura 2. Efecto del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la actividad de CAT (a) y contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (b). Datos fueron tomados a los 90 DDS en plantas +/- a fitoplasma y asperjadas con 1 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

El estrés hídrico fue aplicado a los 75 DDS. Datos son promedios ± ES de 3 experimentos. Barras con diferente letra denota significancia por ANOVA y prueba de Tukey's.



En las microplantas tratadas con ABA 10 μM la actividad de la APX se incrementó; mientras que en el tratamiento AS 0.1 μM disminuyó. El tratamiento con 15 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no cambio la actividad APX con respecto a los testigos (Cuadro 1).

En las microplantas tratadas con ABA 10 μM, AS 0.1 μM y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15 mM, incremento la actividad de la POX pero en el tratamiento de ABA fue

significativamente mayor con respecto a los otros tratamientos (Cuadro 1). En el tratamiento de ABA la actividad POX aumentó un 132.5% en la variedad Alpha y en la variedad Atlantic un 114.2% a los 28 días de cultivo. En las microplantas tratadas con ABA 10 μM y AS 0.1 μM, el contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aumentó con respecto a los testigos. Mientras que en el tratamiento de 15 mM no mostró cambios (Cuadro 1)

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 3. Efecto del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en la actividad de POX. Datos fueron tomados a los 90 DDS en plantas +/- a fitoplasma y asperjadas con 1 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. El estrés hídrico fue aplicado a los 75 DDS. Datos son promedios ± ES de 3 experimentos. Barras con diferente letra denota significancia por ANOVA y prueba de Tukey's.

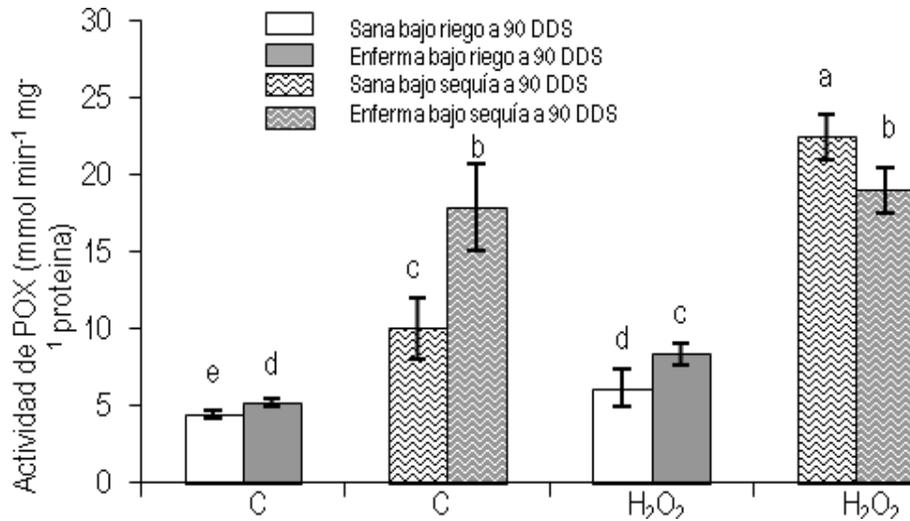
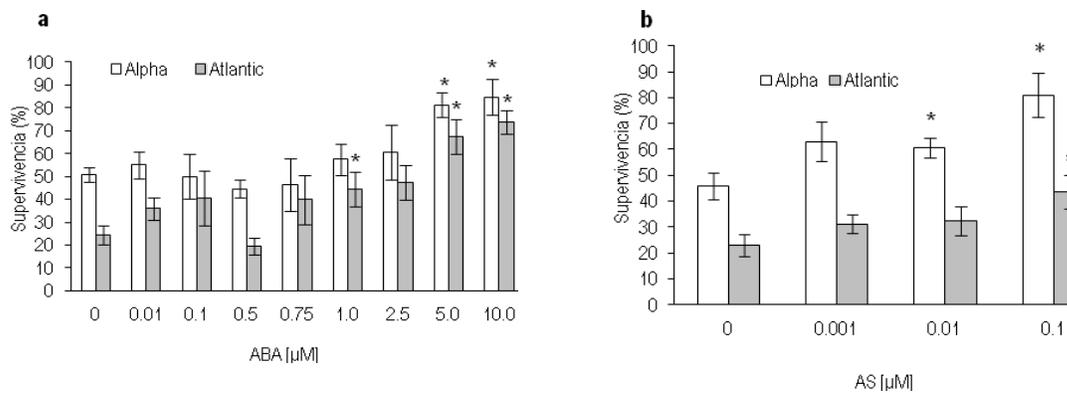
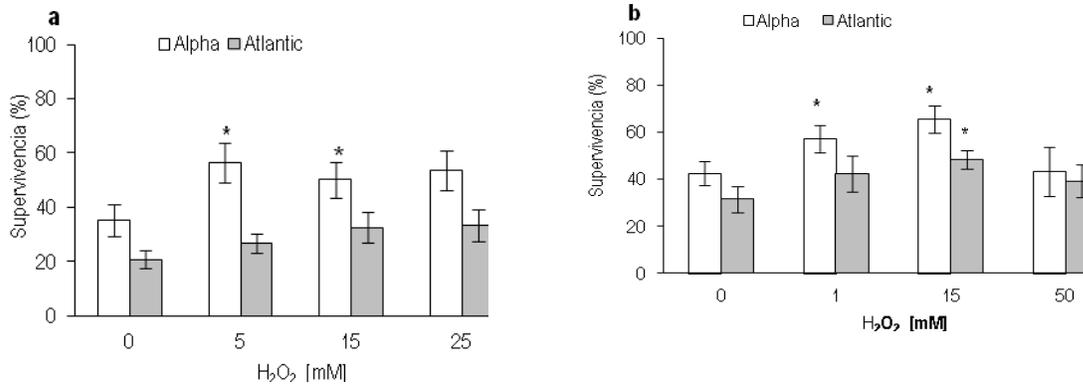


Figura 4. Supervivencia de microplantas de *S. tuberosum* variedades Alpha y Atlantic de 4 semanas de cultivo incubadas con diferentes concentraciones de ABA (a), AS (b), trasplantadas al suelo y expuestas al frío (-6 ± 1°C) por 4 horas. Después de 15 días se evaluó la supervivencia. Los resultados son el promedio de 4-10 repeticiones ± e.s. (\*) Diferencia estadística (t Student, P < 0.05)



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 5. Supervivencia de microplantas de *S. tuberosum* variedades Alpha y Atlantic cultivadas 28 días en medio MS, provenientes de esquejes preincubados en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (a) y plantas completas incubadas (b) durante 1 hora, trasplantadas al suelo y expuestas al frío (-6 ± 1°C) por 4 horas. Después de 15 días se evaluó la supervivencia. Los resultados son el promedio de 4-10 experimentos ± e.s. (\*) Diferencia estadística (t Student, P < 0.05).



**Discusión**

La acumulación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> podría ser un factor endógeno que impide la diseminación y replicación del fitoplasma en las hojas, inhibiendo al patógeno o bien mediante la generación de ROS, moléculas que podrían tener un efecto antimicrobiano como ha sido demostrado en el dosel de árboles de manzana infectados por fitoplasma (Musetti *et al.*, 2004). El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ha demostrado efectos positivos contra el estrés abiótico mediante la regulación de enzimas antioxidantes como ocurre en el estrés por sal (Larkindale y Huang, 2004), estrés por calor (Gao *et al.*, 2010), así como por estrés hídrico, sugiriendo que el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> incrementa el sistema antioxidante siendo el primer mecanismo de protección contra el estrés ambiental (Bian y Jian, 2009).

El peso y el contenido de almidón de los minitubérculos se incrementa por efecto del tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en plantas bien regadas tanto en plantas enfermas como en sanas, sin embargo

durante sequía solo en plantas enfermas se observó este fenómeno (Figura 1a,b). El fitoplasma produce una reducción del almidón y un incremento de minitubérculos de mala calidad, así mismo como ocurre con la sequía, esta reducción podría estar asociada a una obstrucción de los elementos del tubo criboso (Romero-Romero y López-Delgado 2009).

Se ha demostrado que el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> incrementa el contenido de clorofila en plantas infectadas por fitoplasma resultando en un aumento en el peso y el contenido de almidón de los minitubérculos (López-Delgado *et al.*, 2005; Romero-Romero y López-Delgado, 2009). En este trabajo se hace mención a la importancia del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en el metabolismo del almidón y la resistencia a sequía en plantas infectadas por fitoplasma, sugiriendo un efecto de resistencia cruzada entre un estrés biótico y un abiótico como lo sugiere AbuQamar *et al.*, (2009).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 1. Actividad enzimática de catalasa (CAT), ascorbato peroxidasa (APX), peroxidasa (POX) y contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de plantas de *S. tuberosum* de las variedades Alpha y Atlantic cultivadas *in vitro* 28 días en medio MS, conteniendo ABA, AS o de plantas de 28 días incubadas 1 hora en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15 mM. Los resultados son promedios de 3-6 experimentos ± e.s. (\*) Diferencia estadística (t Student, P < 0.05).

		CAT	APX	POX	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Variedad	Tratamiento	nmol min <sup>-1</sup> mg <sup>-1</sup> de proteína			μmol <sup>-1</sup> g PF
Alpha	AS 0 μM	16.66 ± 0.36	5.52 ± 0.67	12.90 ± 1.8	1.009 ± 0.08
	AS 100 μM	10.6 ± 0.71*	3.26 ± 0.29*	17.87 ± 1.5*	1.2 ± 0.005*
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0 mM	0.99 ± 0.02	9.2 ± 2.47	13.11 ± 2.39	0.99 ± 0.26
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 15 mM	1.15 ± 0.05	8.1 ± 1.54	10.54 ± 0.78	1.15 ± 0.057
	ABA 0 μM	231.0 ± 9.13	9.46 ± 1.39	11.4 ± 0.75	0.96 ± 0.056
	ABA 10 μM	161.4 ± 10.53*	24.4 ± 1.64*	26.56 ± 1.6*	1.21 ± 0.04*
Atlantic	AS 0 μM	13.95 ± 0.12	4.22 ± 0.18	10.1 ± 1.9	0.9 ± 0.07
	AS 100 μM	9.2 ± 0.40*	2.96 ± 0.16*	15.6 ± 2.2*	1.2 ± 0.031*
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0 mM	0.89 ± 0.02	7.2 ± 2.02	9.72 ± 1.3	0.89 ± 0.028
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 15 mM	1.13 ± 0.086	5.06 ± 0.85	8.12 ± 0.78	1.13 ± 0.086
	ABA 0 μM	205.2 ± 10.56	8.61 ± 1.67	9.28 ± 0.59	0.84 ± 0.065
	ABA 10 μM	152.6 ± 5.19*	18.8 ± 2.07*	19.88 ± 2.3*	1.13 ± 0.064*

El tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> promovió un incremento de la actividad de CAT en plantas en condiciones de sequia, pero solo en plantas infectadas con fitoplasma a los 90 DDS (Figura 2a), este incremento pudo favorecer efectos positivos sobre los minitubérculos infectados. Al final de la sequia, la actividad de CAT y el contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fueron similares los de las plantas sanas (Figura 2 a,b). Interesantemente al inicio del estrés hídrico

(75DDS), el tratamiento con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> incremento significativamente el contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en plantas infectadas con respecto al control. Tales diferencias en el contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sugieren el papel del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como molécula señal que induce efectos positivos en los minitubérculos infectados por fitoplasma y en condiciones de estrés hídrico, tales efectos son el incremento del peso y reducción del número de tubérculos, incremento del contenido de almidón y

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

brotación. Las respuestas en la inducción de tolerancia a estrés encontradas en esta investigación son muy importantes en los programas de manejo integrado de cultivos y en el sistema de producción de semilla “*in vitro*-invernadero-campo” ya que son potencialmente aplicables a todos los cultivos para favorecer a variedades sensibles a estrés que tienen características agronómicas importantes.

Los salicilatos también han mostrado incrementar la tolerancia a bajas temperaturas; recientemente en plántulas jóvenes de maíz la aplicación exógena de AS y ácido acetil salicílico (AAS) incrementaron la protección a estrés por baja temperatura (Janda *et al.*, 2000). Asimismo, Senaratna *et al.* (2000), encontraron que estos mismos compuestos incrementan la tolerancia a estrés por calor, frío y sequía en plantas de tomate y frijol, por la función de estas moléculas en la señalización para inducir tolerancia y resistencia, más que un efecto directo. Se tienen evidencias que la inducción de tolerancia a diferentes tipos de estrés inducida por ABA AS o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> esta asociada al estrés oxidativo y a la respuesta antioxidante, (Zhou *et al.*, 2005). Inclusive, la aclimatación a frío está asociada al incremento de enzimas antioxidantes y contenido de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como se reportó en la aclimatación a frío de plantas de maíz (Kingston-Smith *et al.*, 1999).

### Conclusión

El conocimiento y manipulación de señales de estrés, permitirá incrementar la tolerancia y resistencia a estrés biótico y abiótico en cultivos de interés por efecto del cambio climático, reduciendo así el empleo de agroquímicos, los costos y riesgos al medio ambiente, al utilizar compuestos ecológicamente inocuos.

### Fuentes de consulta

AbuQamar, S., H. Luo, K. Laluk, M.V. Mickelbart, T. Mengiste. 2009. Crosstalk between biotic and abiotic stress responses in tomato is mediated by the *AIM1* transcription factor. *Plant Journal* 58: 347-360.

Almeyda, L.I., M.A. Rocha, J. Piña, J.P. Soriano. 2001. The use of polymerase chain reaction and molecular hybridization for detection of phytoplasmas in different plant species in México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19: 1-9.

Bian, S., Y. Jiang. 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae* 120: 264-270.

Deblonde, P., A. Haverkort, J.F. Ledent. 1999. Responses of early and late potato cultivars to moderate drought conditions: agronomic parameters and carbon isotope discrimination. *European Journal of Agronomy* 14: 31-41.

Foyer, C.H., G. Noctor. 2005. Oxidant and antioxidant signaling in plants: a reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. *Plant, Cell and Environment*. 28: 1056-1071.

Gao, Y., Y-K. Guo, S-H. Lin, Y-Y. Fang, J-G. Bai. 2010. Hydrogen peroxide pretreatment alters the activity of antioxidant enzymes and protects chloroplast ultrastructure in heat-stressed cucumber leaves. *Scientia Horticulturae* 126: 20-26.

Hansen, A.K., J.T. Trumble, R. Stouthamer, T.D. Paine. 2008. A New Huanglongbing Species, “*Candidatus Liberibacter psyllauros*,” Found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and Environmental Microbiology* 74: 5862-5865.

Janda, T., G. Szalai, Z. Antunovics, E. Horváth, E. Páldi. 2000. Effect of benzoic acid and aspirin on chilling tolerance and photosynthesis in young maize plants. *Maydica*. 45: 29-33.

Jiang, M., J. Zhang. 2002. Role of abscisic acid in water stress-induced antioxidant defense in leaves of maize seedlings. *Free Radicals Research*. 36: 1001-1011

Kingston-Smith, A.H., J. Harbinson, C.H. Foyer. 1999. Acclimation of photosynthesis, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> contents and antioxidants in maize (*Zea mays*) grown at sub-optimal temperatures. *Plant, Cell and Environment*. 22: 1071-1083.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Larkindale, J., B. Huang. 2004. Thermotolerance and antioxidant systems in *Agrostis stolonifera*: involvement of salicylic acid, abscisic acid, calcium, hydrogen peroxide, and ethylene. *Journal of Plant Physiology*. 161: 405-413.

López-Delgado, H., H.A. Zavaleta-Mancera, M.E. Mora-Herrera, M. Vázquez-Rivera, F.X. Flores-Gutiérrez, I. Scott. 2005. Hydrogen peroxide increases potato tuber and stem starch content, stem diameter and stem lignin content. *American Journal of Potato Research*. 82: 279-285.

Maramorosch, K. 1998. Current status of potato purple top wilt. *International Journal of Tropical Plant Diseases*. 16: 61-72.

Martínez-Gutiérrez, R., M.E. Mora-Herrera, H.A. López-Delgado. 2011. Exogenous H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in phytoplasma-infected potato plants promotes antioxidant activity and tuber production under drought conditions. *American Journal of Potato Research*. (In Press).

Mora-Herrera, M.E., H.A. López-Delgado. 2007. Freezing tolerance and antioxidant activity in potato microplants induced by abscisic acid treatment. *American Journal of Potato Research*. 84: 487-495.

Musetti, R., L. Sanita di Toppi, P. Ermacora, M.A. Favali. 2004. Recovery in apple trees infected with the apple proliferation phytoplasma: an ultra structural and biochemical study. *Phytopathology*. 94: 203-208.

Romero-Romero, M.T., H. A. López-Delgado. 2009. Ameliorative effects of hydrogen peroxide, ascorbate and dehydroascorbate in *Solanum Tuberosum* infected by phytoplasma. *American Journal of Potato Research*. 86: 218-226.

Santos-Cervantes, M.E., J.A. Chávez-Medina, J. Acosta-Pardini, G.L. Flores-Zamora, J. Méndez-Lozano, N.E. Leyva-López. 2010. Genetic diversity and geographical distribution of phytoplasmas associated with potato purple top disease in Mexico. *Plant Disease*. 94: 388-395.

Scandalios, J.G. 2005. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 38: 995-1014.

Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulator*. 30: 157-161.

Zhou, B., Z.Guo, Z. Liu. 2005a. Effects of abscisic acid on antioxidant systems of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. under chilling stress. *Crop Science*. 45: 599-605.



## Determinación del contenido de carbono en diferentes coberturas vegetales y uso de suelo, en el suelo de conservación del Distrito Federal.

Ordóñez Díaz José Antonio Benjamín <sup>1</sup> Espinosa Moreno Martha Alicia, Jiménez Álvarez Itsel Fernanda, Carmona Hernández Jhoana Verenise, Galicia Naranjo Adolfo, Calvo Hernández Fidel Balam de la Vega María Lucila y Rojas Briseño Rocío Grisel.

### Introducción

El Suelo de Conservación del Distrito Federal, comprende el área rural que se localiza al sur y al sur poniente del Distrito Federal. Proporciona refugio a más de 2,500 especies de flora y fauna, inmersas en una extensa gama de ecosistemas y hábitat únicos, dados por su inclusión en el Eje Transmexicano, que es el hábitat de aproximadamente el 2% de la biodiversidad mundial, y del 12% de especies de flora y fauna de México (SMA 2007).

El funcionamiento natural de los ecosistemas del Suelo de Conservación, además de fortalecer su capacidad como almacén y sumidero de carbono, es fundamental para el mantenimiento de ciclos bio-geo-químicos como el hidrológico de la Cuenca del Valle de México, ya que abarca las zonas más importantes para la recarga del acuífero. Se estima que el Suelo de Conservación provee un importante porcentaje del agua que consume la Ciudad de México (GDF, 2008). A pesar del amplio reconocimiento de los beneficios y servicios ambientales que el suelo de conservación aporta a la Ciudad de México, en este espacio convergen actores que generan condiciones que dan lugar a diferentes procesos de transformación del paisaje como: el cambio de cobertura vegetal hacia un uso de suelo y, por tanto, para la pérdida de superficies y con el subsecuente deterioro de recursos y ciclos naturales (GDF, 2008).

### 1 PRONATURA

Sin duda, la problemática que enfrenta el suelo de conservación responde a una diversidad de factores, el más importante de ellos es la acelerada urbanización de la Ciudad de México, que en los últimos 60 años ha avanzado a razón de cerca de una hectárea por día. Esta urbanización está determinada, entre otros factores, por la escasez de suelo accesible para vivienda de interés social, y por el alto costo que significa acceder a la compra de una vivienda (GDF, 2008).

Al deterioro de los ecosistemas del Suelo de Conservación contribuye, también, la ausencia del manejo e inadecuado mantenimiento de los bosques, que se traduce en la propagación de plagas y enfermedades, incendios, tala ilegal y sobre pastoreo, entre los principales (GDF, 2008).

De continuar con la dinámica actual de crecimiento urbano y cambio de uso de suelo, se verán disminuidos los bienes y servicios ambientales que brinda el Suelo de Conservación, de los cuales depende la Ciudad de México, y en este caso, también se reducirá su contribución a la mitigación del cambio climático (GDF, 2008).

El área de estudio se localiza al sur y al sur poniente del Distrito Federal. Incluye la Sierra del Chichinautzin, la Sierra de las Cruces y la Sierra del Ajusco al sur y al poniente; al oriente el Cerro de la Estrella y la Sierra de Santa Catarina, así como las planicies lacustres de Xochimilco, Tláhuac y Chalco; y al norte, la Sierra de Guadalupe y el Cerro del Chiquihuite. En total abarca una superficie aproximada de 87,310 hectáreas y proporciona

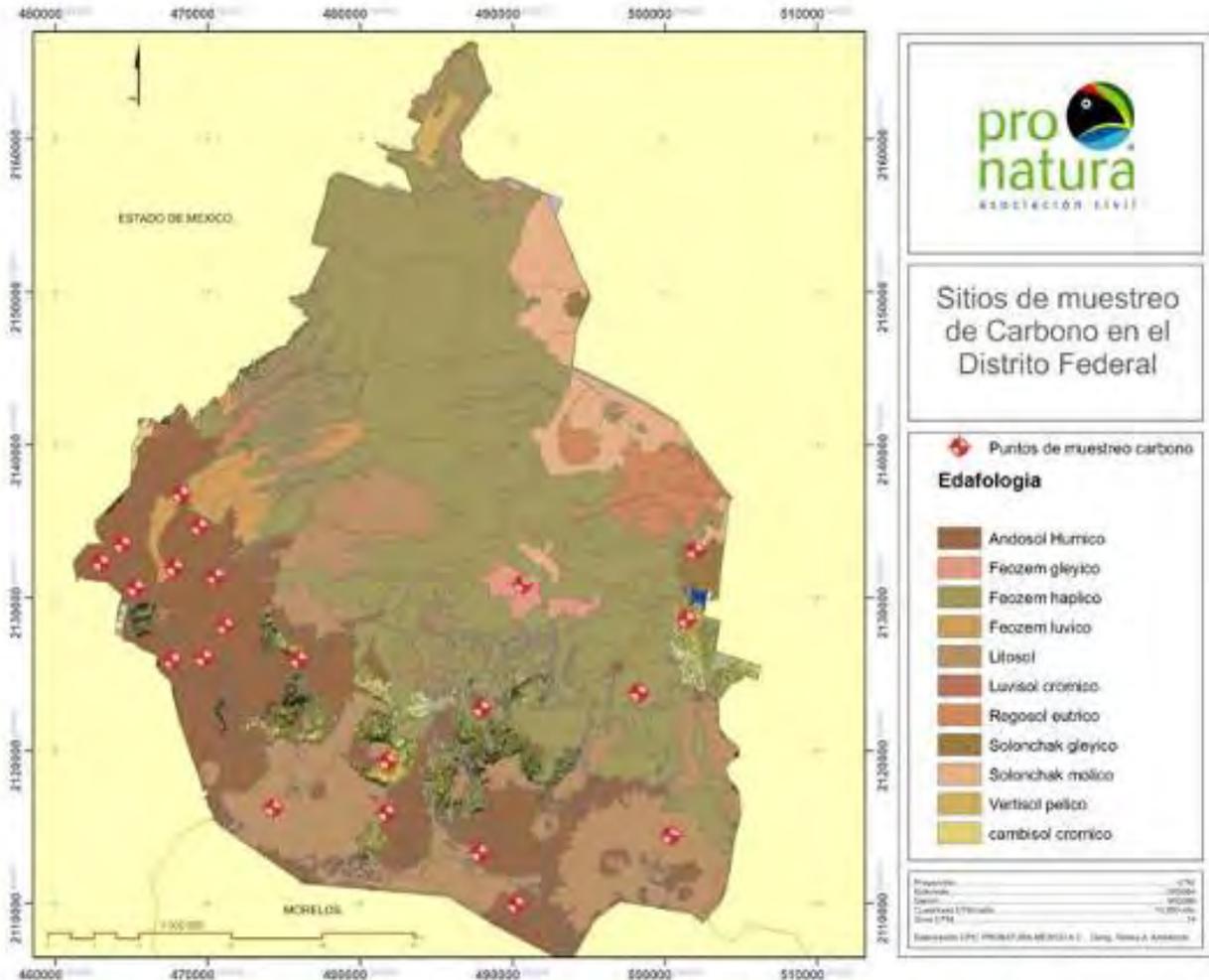
Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

refugio a más de 2,500 especies de flora y fauna, inmersas en una extensa gama de ecosistemas y hábitat únicos, dada por su inclusión en el Eje Neovolcánico, que es el hábitat del 2% de la biodiversidad mundial, y del 12% de especies de flora y fauna de México (SMA 2007).

Las comunidades rurales del Distrito Federal, se ubican dentro del denominado Suelo de Conservación, un territorio esencial por los servicios

ambientales que se prestan a la ciudad de México y áreas conurbadas, por lo tanto, con usos de suelo sometidos a restricciones legales. Entre los bienes y servicios que proporciona el Suelo de Conservación se encuentran la infiltración de agua para la recarga de los acuíferos; la captura de CO<sub>2</sub>; la fijación de partículas producto de la contaminación y de las tolvaneras; y la estabilidad de suelos al evitar la erosión (GDF, 2008).

Figura 1. Localización de sitios de muestreo por tipo de suelo en el Suelo de conservación del D.F.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Método**

Se identificaron las diferentes clases de cobertura vegetal y uso del suelo (CVyUS) en el área. En base a criterios predefinidos por la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, se seleccionaron 21 sitios de muestreo establecidos en dichas clases de CVyUS, donde se colectaron 3 muestras a diferentes profundidades con dos replicas distribuidas de forma sistemática en un círculo de 100 m<sup>2</sup>.

Se colectaron muestras de suelo inalteradas en campo para la determinación de las densidades aparente y real, las muestras se obtuvieron con barrenos de dimensiones conocidas introducidos en el suelo a partir del horizonte 00, en los primeros 30 cm y se tomaron muestras de 0 a 5 cm, de 5 a 15 cm y de 15 a 30 cm, y se tomaron dos replicas más en cada uno de los sitios.

Para los análisis físico-químicos se utilizaron las muestras colectadas y empacadas en bolsas debidamente etiquetadas, se almacenaron en hieleras a 4°C para su traslado al laboratorio y así garantizar la integridad de la muestra, evitando alteraciones por procesos de degradación natural (p.ej. respiración bacteriana o actividad enzimática), evitar pérdida de humedad, pérdida de muestra y/o contaminaciones.

Las muestras se secaron a temperatura ambiente, se pasaron por un tamiz de malla 10 (< 2mm). Se tomó una alícuota para ser molida finamente en un mortero con envase de ágata (FRITSCH/Pulverisette 2) para el análisis del carbón orgánico total.

Determinación de carbón orgánico total.- La medición del carbón orgánico total se realizó en muestras de 100 mg de sedimento (previamente seco y molido finamente) por el método de oxidación

en un analizador: Perkin Elmer, mod. PE 2400 Series II, con una sensibilidad de 0.001 - 3.6 mg C y 0.001 – 6.0 mg N. En presencia de un exceso de oxígeno y la combustión de reactivos, las muestras se queman por completo a 1,000°C y se reducen a gases elementales (CO<sub>2</sub>) que son medidos por conductividad térmica por un detector de infrarrojo (Perkin Elmer, 2002). Como control de calidad se analizó un estándar certificado de suelo de 2.5 a 3.5 % C ó 10.0 a 14.0 %C marca LECO dependiendo de la cantidad de carbón orgánico presente en las muestras.

**Resultados y Discusión**

Se trabajaron 21 sitios de muestreo de suelos de conservación en el Distrito Federal con diferentes usos de suelo y diferentes coberturas vegetales (Cuadro 1), Se encuentran divididos en las siguientes delegaciones, cuatro sitios en la delegación Cuajimalpa de Morelos, tres en la delegación Milpa Alta, cuatro en Tlalpan, dos en Xochimilco, cuatro en Magdalena Contreras, dos en Tláhuac y dos en la delegación Álvaro Obregón.

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene que el mayor contenido de carbono se da en el sitio 17, en la delegación Álvaro Obregón con una concentración 138.6 tC/ha, siendo el tipo de suelo Andisol húmico donde se encuentra el Bosque de *Abies religiosa*, siendo esta la cobertura vegetal que mas carbono almacena. Mientras que la cobertura vegetal que menos almacena es el suelo agrícola, siendo este el sitio tres, en la delegación Milpa Alta con el tipo de suelo Friezem haplico (Cuadro 2).

Los tipos de suelo donde se encuentran los sitios de muestreo fueron andisol lumínico almacenando 2408403.12 tC, el tipo de suelo Foezem háplico almacena 2875689.36 tC, el tipo de suelo Solonchak gelyco almacena 96440.9585 tC, Solonchak molico almacena 27773.4562 tC y el tipo de suelo Foezem gelyco almacena 42064.9712 tC (Cuadro 3).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 1. Sitios de muestreo, por delegación, clase de cobertura vegetal o uso de suelo y tipo de suelo

Sitio	Delegación	Tipo de suelo	Clase de cobertura vegetal o uso del suelo
1	Tláhuac	Solonchak gelyco	Bosque de Pinus hartweggi
2	Tláhuac	Solonchak gelyco	Bosque de coníferas
3	Milpa Alta	Foezem haplico	Suelo agrícola
4	Milpa Alta	Solonchak molico	Bosque de abies
5	Milpa Alta	Andasol Huminico	Suelo agrícola
6	Xochimilco	Foezem haplico	Bosque de abies
7	Xochimilco	Foezem gleyico	Bosque de abies
8	Tlalpan	Foezem haplico	Bosque de abies
9	Tlalpan	Andasol Huminico	Suelo agrícola
10	Tlalpan	Solonchak molico	Chinampa agrícola
11	Tlalpan	Andasol Huminico	Área agrícola abandonada
12	Magdalena Contreras	Andasol Huminico	Suelo agrícola
13	Magdalena Contreras	Andasol Huminico	Suelo agrícola
14	Magdalena Contreras	Andasol Huminico	Suelo agrícola
15	Magdalena Contreras	Andasol Huminico	Suelo agrícola
16	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Huminico	Pastizal
17	Álvaro Obregón	Andasol Huminico	Suelo agrícola
18	Álvaro Obregón	Andasol Huminico	Bosque de Pinus hartweggi
19	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Huminico	Terreno abandonado
20	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Huminico	Bosque de abies
21	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Huminico	Bosque de Pinus hartweggi

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 2. Contenidos de carbono por profundidad y por sitio

Sitio	0-5 tC/ha	5-15 tC/ha	15-30 tC/ha	0-30 tC/ha
1	10.8	23.9	36.6	71.4
2	16.3	34.3	56	106.6
3	2.6	3.1	0	5.7
4	6.2	10.6	15.2	32.1
5	19.2	35.8	12.2	67.2
6	12.4	14.9	8.9	36.2
7	10.3	14.2	9.8	34.2
8	17.7	28.6	47.7	94
9	10.3	39.7	50.1	100.1
10	17.1	11.8	17.6	46.5
11	2	4.3	5.8	12.1
12	21.2	39.4	51.4	112
13	16.8	19.4	26.2	62.4
14	23.6	25.5	16	65.1
15	12.6	24.2	28.3	65.2
16	22.9	39.6	49.1	111.5
17	40	51.2	47.4	138.6
18	22.7	47.9	37.8	108.4
19	28.7	36.5	43.5	108.7
20	18.4	10.6	6.3	35.2
21	19.7	39.6	49.3	108.6

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 3. Almacén de carbono por tipo de suelo

Sitio	Delegación	Tipo de Suelo	Superficie en ha	Carbono almacenado
5	Milpa Alta	Andasol Húmico	28587.6923	2408403.12
9	Tlalpan	Andasol Húmico		
11	Tlalpan	Andasol Húmico		
12	Magdalena Contreras	Andasol Húmico		
13	Magdalena Contreras	Andasol Húmico		
14	Magdalena Contreras	Andasol Húmico		
15	Magdalena Contreras	Andasol Húmico		
16	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Húmico		
17	Álvaro Obregón	Andasol Húmico		
18	Álvaro Obregón	Andasol Húmico		
19	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Húmico		
20	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Húmico		
21	Cuajimalpa de Morelos	Andasol Húmico		
7	Xochimilco	Foezem gleyico	1226.384	42064.9712
3	Milpa Alta	Foezem háplico	63481.0014	2875689.39
6	Xochimilco	Foezem háplico		
8	Tlalpan	Foezem háplico		
1	Tlahuac	Solonchak gelyco		
2	Tlahuac	Solonchak gelyco		
4	Milpa Alta	Solonchak molico	707.60398	27773.4562
10	Tlalpan	Solonchak molico		
	Totales	Superficie	95086.89707	5408306.925

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

La superficie en hectáreas estudiadas fueron 95086.8976 y el contenido total de carbono almacenado en el suelo de conservación del Distrito Federal fueron 5450371.87 tC. Mientras que los suelos agrícolas se caracterizan por un contenido menor de materia Los bosque de *Abies religiosa* y *Pinus hartweggi* presenta el nivel más alto de contenido de carbono en el suelo debido a que sus bosques se encuentran en buen estado de conservación y sus hojas y acículas aportan materia orgánica en los suelos de esta región (Salomón *et al.*, 2007). Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos -que contienen cerca del 40 por ciento del total del carbono- son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (FAO, 2002)

La agricultura que se realiza en el Suelo de Conservación del Distrito Federal es predominantemente de temporal con cultivos anuales como el maíz y la avena forrajera (Vela *et al.*, 2009). Se observa que los suelos agrícolas son los valores más bajos debido a la falta de cobertura de suelos, esto se debe a las labores culturales realizadas durante el procesos de siembra y cosecha ya que dejan al suelo desprotegido durante la mitad del año y no existe una cobertura vegetal permanente como el los suelos forestales. El carbono en el suelo tiende a incrementarse con las practicas de labranza de conservación, porque menos materia orgánica es oxidada desde el suelo, y la temperatura del suelo tiende a bajar por efecto de la menor descomposición (Tate, 1987)

En el área de estudio se encuentra el pastizal ésta forma una cobertura permanente en el suelo aportando materia orgánica y cubriendo permanentemente el suelo, esto contribuye a la acumulación de carbono orgánico en el suelo.

**Conclusiones**

El mayor contenido de carbono se presenta en los sitios con vegetación de *Abies religiosa* y *Pinus hartweggi*, por lo que es importante recalcar la necesidad de controlar y restringir las causas de la deforestación a nivel regional y en función de los

distintos tipos de vegetación que se afectan mayormente en el Distrito Federal.

También, es necesario frenar el cambio en el uso del suelo por expansión de las fronteras urbanas (principalmente), agrícolas y pecuarias ya que las áreas agrícolas tienen una menor capacidad para la captura de carbono.

Se requiere empezar a evaluar financieramente los servicios ambientales que ofrece la permanencia y manutención de los ecosistemas naturales para los asentamientos poblacionales y las regiones aledañas a donde aún se ubican fragmentos de vegetación natural para sensibilizar a la población de lo que se pierde en cuanto a calidad y salud del ambiente con dichos procesos.

El Distrito Federal podría contribuir al secuestro de carbono, ayudando a mantener un balance a favor de una menor liberación de CO<sub>2</sub> ,mediante la reforestación de áreas agrícolas o cubriéndolo de pastizales, para que estos aporten materia orgánica.

**Fuentes de consulta**

FAO. 2002. Captura de carbono en suelos para un mejor manejo de la Tierra. World soils resources. Report Rome, Italy 73 p.

Gobierno del Distrito Federal, Secretaria del Medio Ambiente. 2008. Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012. Disponible en [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm\\_documento.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/paccm_documento.pdf). Ultima revisión Octubre 2010

Salomón, L., Gómez, G., Etchevers, B. 2007. Acumulación de Carbono Orgánico en el suelo en reforestaciones de *Pinus michoacana* Agrociencia 41(7): 711-721.

Sandoval, E. M., Stolpe, L. N., Zagal, V. E., Mardones, F. M., y Junod, M. J. 2003. El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. Theoria. Vol. 12: 65-71.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Secretaría del Medio Ambiente. 2008. Agenda Ambiental de la Ciudad de México 2007-2012. Disponible en [www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/agendambiental2008/03suelo.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/agendambiental2008/03suelo.pdf). Última revisión Octubre 2010.

Tate, R. L. 1987. Soil organic matter: Biological and ecological effects. John Wiley & Sons, New York.

Vela Correa Gilberto y López Blanco Jorge. 2009. Vulnerabilidad Del Suelo De Conservación Del Distrito Federal Ante El Cambio Climático Y Posibles Medidas De Adaptación. Estimación de carbono orgánico total en los edafosistemas del Suelo de Conservación del Distrito Federal. México.

## Consecuencias del cambio climático sobre la intensidad reproductiva de roedores en la Sierra del Ajusco, México.

Stephanie Ortega-García <sup>1</sup> y Víctor Sánchez-Cordero <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica,  
Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM

### Introducción

Los mamíferos tienen la capacidad de mantener una homeostasis fisiológica ante los cambios ambientales, pero los costos metabólicos de estos procesos son muy altos (Kalcounis-Rueppell, et al., 2002). Los mamíferos pequeños poseen reservas somáticas de energía que permiten mantener los costos que están fuertemente influenciados por las temperaturas ambientales (Speakman, 2000). Bajo estas circunstancias, no es sorprendente que la reproducción pueda disminuir durante eventos climáticos extremos (Reid & Krebs, 1996; Van Horne et al., 1997). En norte América algunas especies de mamíferos han mostrado recientemente cambios dramáticos en el inicio de la época reproductiva durante la primavera, por ejemplo la ardilla *Tamiasciurus hudsonicus*, inició su reproducción 18 días antes de lo normal (Réale et al., 2003) y las marmotas *Marmota flaviventris* emergieron de su hibernación 38 días antes de lo esperado (Inouye et al., 2000). Estas tendencias han sido relacionadas con el cambio climático. Los cambios en la duración o la intensidad reproductiva tienen una potencial influencia en la dinámica poblacional de muchas maneras, en los casos de los estudios en mamíferos que se encuentran en la zona norte, las consecuencias de una reproducción temprana han provocado un mayor número de camadas antes de la época invernal y la maduración más rápida de individuos en el mismo año en el que nacieron, por lo cual hay tiempos generacionales más cortos, lo que nos lleva a un incremento en las tasas reproductivas y en el crecimiento poblacional (Kalcounis-Rueppell, et al., 2002). Sin embargo, hay escasa información acerca de cómo podrían estar variando los periodos reproductivos ante el cambio climático en especies que se distribuyen en zonas que se encuentran en los trópicos.

Para el caso particular de México, se realizó un estudio para la Faja Volcánica Transmexicana (Domínguez, 2007), que mostró tendencias a la alza de la temperatura y a la baja en la cantidad de lluvia. En base a estos antecedentes estimamos las tendencias en algunas variables meteorológicas para la Sierra del Ajusco y realizamos un muestreo poblacional de cuatro especies de roedores para el sitio: *Neotomodon alstoni*, *Reithrodontomys megalotis*, *Peromyscus sp.* y *Microtus mexicanus*, con el fin de identificar posibles respuestas en características reproductivas por parte de los roedores ante estos cambios.

### Material y Método

Área de estudio- El Parque Nacional Cumbres del Ajusco se encuentra ubicado en la delegación Tlalpan, Distrito Federal. El Ajusco es un cerro aislado de casi 4000 m.s.n.m. Presenta un clima C (W2) semifrío, subhúmedo con temperaturas máximas de abril a septiembre ( $T^{\circ}$  media =  $15 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) y mínimas de noviembre a febrero ( $T^{\circ}$  media =  $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ); las lluvias ocurren de mayo a octubre (precipitación anual= 840.7 mm). La vegetación corresponde a un bosque templado de coníferas (Vargas, 1997; Castro-Campillo et al., 2008). El sitio de colecta en la Sierra del Ajusco se estableció en las siguientes coordenadas 14Q 0475463, 2126070, 3000 msnm.

Datos climáticos de la zona de estudio- Para detectar anomalías climáticas en la zona de estudio se analizaron las siguientes variables meteorológicas: \_\_\_\_\_ Temperatura promedio, temperatura mínima promedio, temperatura máxima promedio y lluvia total.

Esta información se obtuvo de dos estaciones climatológicas 1) Ecoguardas, DF ( $19^{\circ} 16' 17''$  N,  $99^{\circ} 12' 14''$  W, 2 200 msnm) y 2) Amecameca de Juárez

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

(19° 8' 26" N, 98° 46' 20" W, 2 470 msnm). La información fue solicitada al Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Fue necesario solicitar datos de la estación climatológica de Amecameca de Juárez porque los datos de la estación de Ecoguardas se encontraban incompletos del periodo de 1988 al 2007. Se realizó un análisis de correlación para poder asumir que las variables registradas en Amecameca eran equiparables a las de Ecoguardas. El análisis de correlación se realizó para todas las variables a analizar y se obtuvo más de un 90% de correlaciones significativas ( $P < 0.05$ ) entre las estaciones climatológicas. Teniendo al final un total de 32 años de datos meteorológicos, este periodo se dividió a su vez en dos periodos cada uno de 16 años. El primer periodo abarco del año 1970 a 1985 y el segundo periodo de 1986-1990, 1997-1998 y 2000 a 2008. Se graficaron los promedios anuales para describir la tendencia de estos parámetros. La diferencia entre la media de cada periodo de 16 años proporcionó las variaciones en temperatura y lluvia.

Colecta de Individuos- El estudio se llevó a cabo a lo largo de un año a partir de mayo de 2010 a marzo de 2011, cubriendo seis periodos de muestreo: 1) 3-21 mayo 2010, 2) 26 julio al 4 de agosto, 3) 1-12 de septiembre, 4) 11- 22 de noviembre, 5) 10-20 de enero 2011 y 6) 21- 31 de marzo.

Se colocaron un total de 400 trampas tipo Sherman en un cuadrante, las cuales se colocaron en 40 filas con 10 estaciones cada una, entre cada trampa hubo un espacio de 10 m. Las trampas fueron cebadas con avena y vainilla, una vez cebadas se activaron al atardecer y se revisaron a la mañana siguiente durante cinco días consecutivos.

Los ratones capturados se identificaron en campo siguiendo a Ceballos & Oliva (2005). Para las especies que es complicada su identificación con base en su morfología se sacrificaron algunos individuos y se aseguró su correcta identificación por medio de los huesos del cráneo siguiendo a Hall (1981). En base a esto se pudo identificar que *Peromyscus melanotis* y *P. maniculatus* estaban presentes en ambos sitios de colecta y debido a que

su identificación requiere de la medición del nasal del cráneo se decidió dejar a los individuos de estas especies en la categoría de género y tomarlos dentro de un mismo grupo. Cada ratón capturado se midió convencionalmente (Romero-Almaraz *et al.*, 2007) y se marcó con una clave por medio de muescas en la oreja para su posible recaptura.

Periodo reproductivo- la actividad reproductiva en las hembras se evaluó tomando en cuenta dos criterios complementarios. Por un lado, se tomó a las hembras que iniciaban un ciclo reproductivo observando la perforación vaginal como evidencia de receptividad y a las hembras que terminaron exitosamente un ciclo reproductivo tomando al desarrollo mamario conspicuo como evidencia de lactancia. Los machos reproductivos fueron aquellos individuos con testículos escrotados (Sánchez-Cordero y Canela-Rojo, 1991).

Para observar posibles cambios en los patrones reproductivos, nuestros resultados fueron comparados con fuentes bibliográficas. Se tomó como base la información publicada por Sánchez-Cordero y Canela-Rojo (1991) quienes realizaron un estudio poblacional de estas cuatro especies en el mismo sitio durante los años 1978 y 79. Y el trabajo de Chávez (1988) quien analizó los patrones reproductivos de *N. alstoni* para el periodo de 1979 a 1984, este estudio se realizó a unos metros nuestro sitio de trabajo.

## Resultados

### Datos climáticos de la zona de estudio

El análisis temporal de los datos de las estaciones climáticas durante 32 años, mostró que el promedio de la temperatura mínima presentó un aumento de 1.8 °C. En el análisis de la temperatura máxima de igual forma hubo un aumento en la temperatura aunque éste es menor, de 0.3°C. Mientras que la temperatura promedio tuvo una tendencia hacia un incremento de 1°C (Figura 1).

La tendencia en el incremento de la temperatura fue acompañada por una disminución en la cantidad total de lluvia de 22 mm (Figura 2).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 1. Temperatura mínima promedio, máxima promedio y promedio. La comuna izquierda abarca el periodo de 1970 a 1985 y la columna derecha el segundo periodo de 1986-1990, 1997-98 y 2000-08

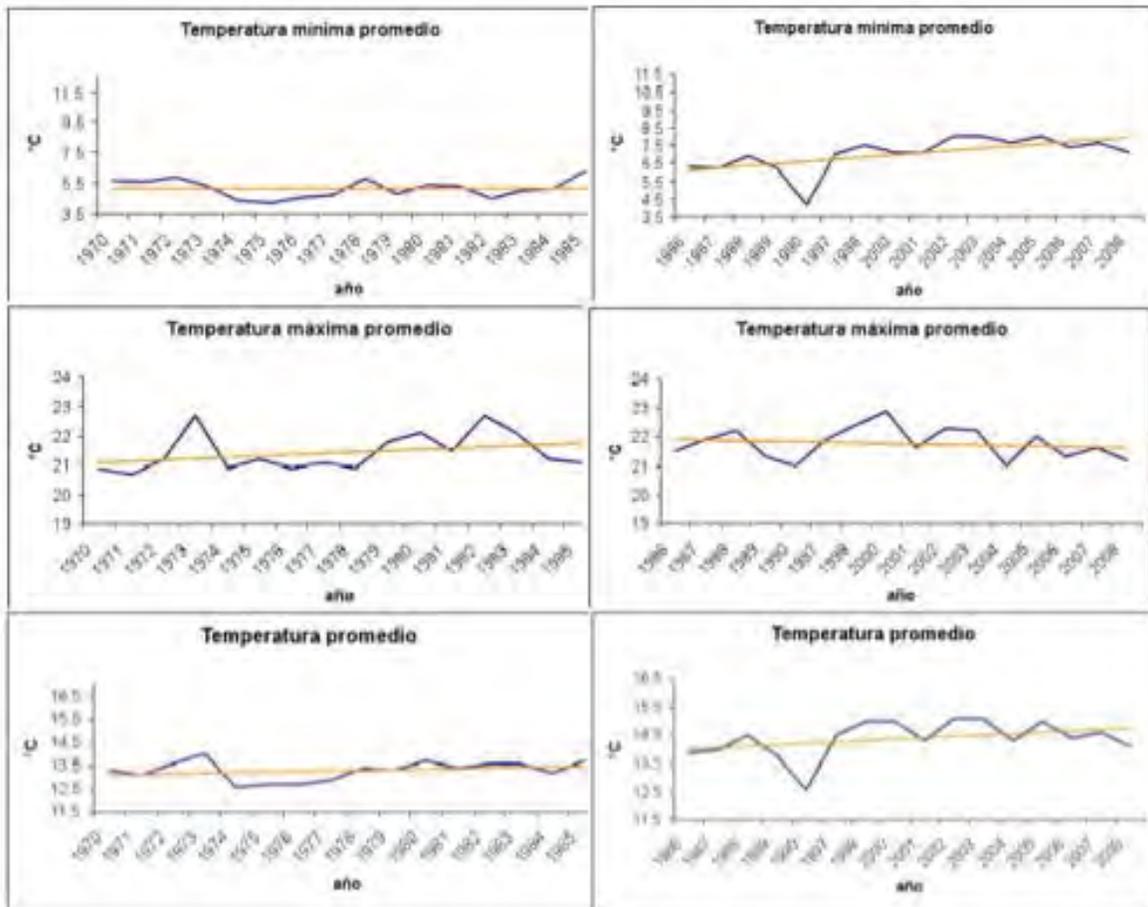
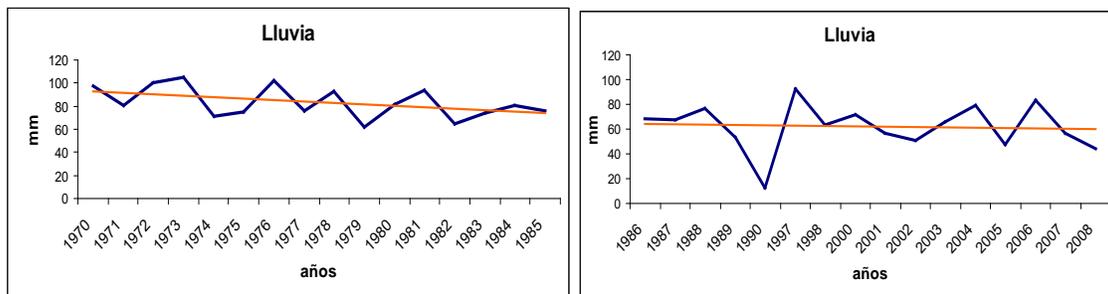


Fig. 2 Tendencia en la cantidad de lluvia total. Izquierda periodo de 1970-1985, derecha periodo de 1986-1990, 1997-98 y 2000-08



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Patrones reproductivos de la comunidad de roedores**

Esfuerzo de muestreo- Se realizó un esfuerzo de 10, 850 noches/trampa, obteniéndose un total de 413 capturas y 369 recapturas correspondientes a seis especies de roedores (*Neotomodon alstoni* N=113, *Peromyscus difficilis* N=6, *Peromyscus sp.* N=5, *Reithrodontomys megalotis* N=287, *Microtus mexicanus* N=1 y *Mus musculus* N=1, Fig 3). Como se puede observar la especie dominante en este estudio fue *R. megalotis*, mientras que *Peromyscus sp.* y *M. mexicanus* se encontraron en muy bajas densidades.

Machos- *N. alstoni* y *R. megalotis* mostraron picos reproductivos durante los meses de lluvia. Las otras especies de roedores que se capturaron no pudieron ser analizadas debido a su bajo índice de recaptura (Fig. 4).

Hembras- *N. alstoni* y *R. megalotis* mostraron una época reproductiva no estacional. Los picos de

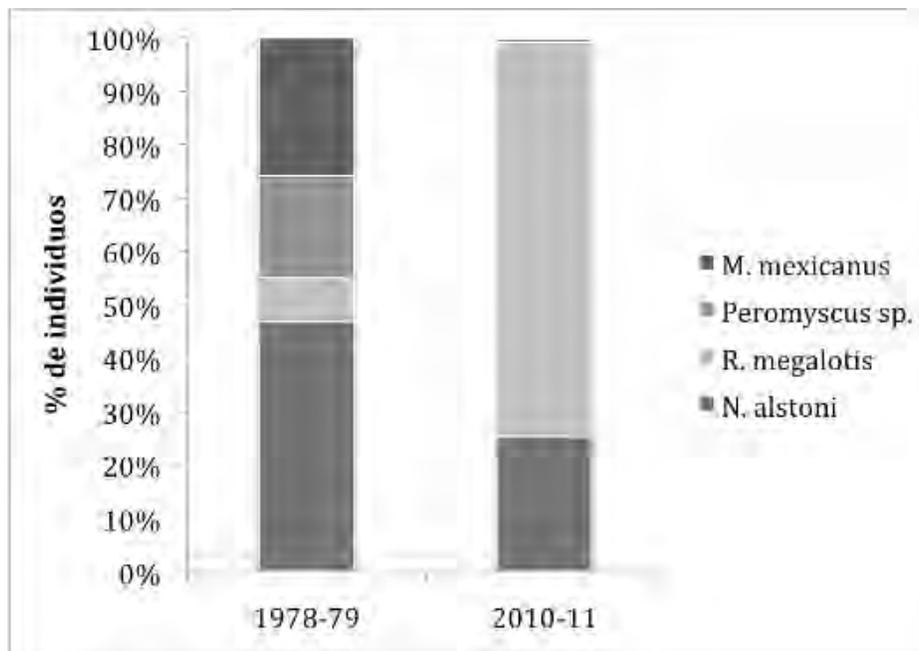
actividad reproductiva se presentaron durante la época de lluvias. Las otras especies de roedores que se capturaron no pudieron ser analizadas debido a su bajo índice de recaptura. En estos análisis no se pudo incluir a los datos de Sánchez-Cordero & Canela-Rojo (1991) por no ser directamente comparables.

**Discusión**

Datos climáticos de la zona de estudio

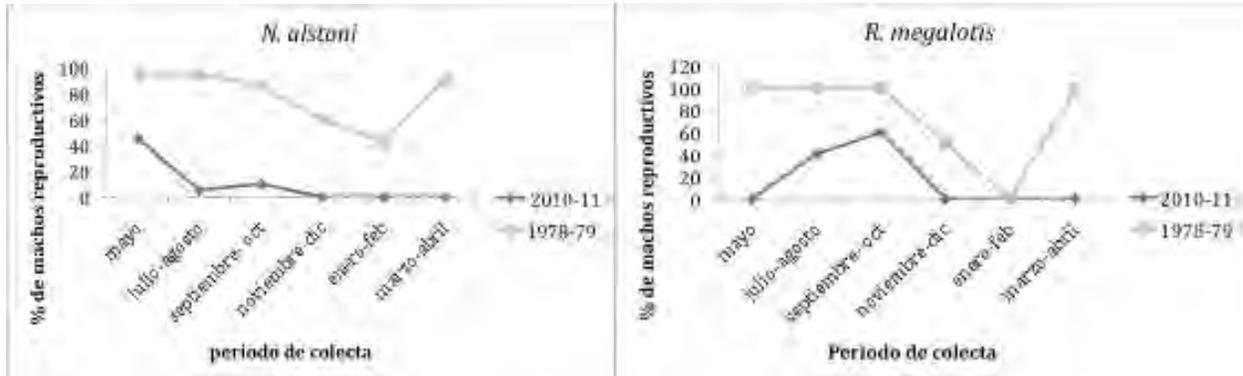
Las variables meteorológicas de temperatura máxima, mínima y promedio y la cantidad de lluvia total en el periodo de 32 años analizado, proporcionaron una perspectiva de la variación climática que existe en la Sierra del Ajusco. Los resultados constataron que hay una tendencia hacia un incremento en la temperatura máxima, mínima y promedio, teniendo la temperatura mínima el cambio más drástico (1.8°C). La tendencia hacia un aumento más marcado puede apreciarse a partir del año de 1997.

Fig. 3 Porcentaje de la cantidad de individuos por especie de roedor. A la izquierda datos tomados de Sánchez-Cordero & Canela-Rojo (1991), a la derecha datos del presente estudio



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 4. Porcentaje de machos reproductivos (*N. alstoni*, izquierda, *R. megalotis*, derecha). En gris claro datos con base a Sánchez-Cordero & Canela-Rojo (1991), en gris oscuro los resultados de este estudio.



Además también se detectó una tendencia hacia un decremento en la cantidad de lluvia. Esta tendencia a la disminución fue constante a lo largo del periodo de análisis. Puesto que la precipitación anual para la Sierra del Ajusco es de 840.7 mm, es posible que la disminución detectada en este trabajo (22 mm) no tenga consecuencias notorias sobre la fauna en este momento.

Los resultados de las tendencias en las variables meteorológicas coinciden con lo reportado por Domínguez (2007) quien realizó un análisis de temperatura máxima, mínima y precipitación para la Faja Volcánica Transmexicana dentro de un periodo de 50 años. Encontrando que la temperatura máxima tuvo un aumento de 0.8-1.7°C; la temperatura mínima un aumento de 0.7-2.3°C y en la precipitación una disminución de 2.5 mm para el mes de junio.

Algunas investigaciones han demostrado que el calentamiento global está afectando fuertemente las zonas montañosas tanto en México (Villers-Ruiz & Trejo, 2004; Domínguez, 2007) como en el mundo (Díaz, 1997). Cambios pequeños en la temperatura podrían tener efectos negativos mayores en las especies presentes en estas zonas, ya que los sistemas montañosos se caracterizan por ser ecosistemas sensibles y mostrar una tendencia similar al calentamiento observado globalmente (Beniston & Haeberli 2001; Peterson, 2003).

Un ejemplo de esto se reportó para la región montañosa de Monteverde en Costa Rica, donde el calentamiento global propició la extinción de la rana

arlequín (*Atelopus sp.*) y el sapo de oro (*Bufo periglenes*) y la disminución de otras especies de anfibios (Pounds et al., 2006). Así mismo, para México con la ayuda de modelos predictivos, se estimó que 17 especies de mamíferos con afinidades hacia bosques de coníferas serán de las especies más afectadas, reduciendo su distribución de un 80 a un 100% para el año 2050 como consecuencia del cambio climático (Trejo et al., 2011).

La comparación de las tendencias en las variables climáticas fue difícil porque hay pocos trabajos que aborden este tema para México, es necesario comenzar a analizar si estas tendencias se están presentando en el resto del país con el fin de tomar las mejores decisiones a futuro no sólo en el contexto de la conservación de especies sino también en uno social y económico.

Patrones reproductivos de la comunidad de roedores

El periodo reproductivo en machos de las especies *N. alstoni* y *R. megalotis* se da en la época de lluvias en este estudio y en los dos trabajos publicados para la misma zona. Sin embargo, la intensidad reproductiva de los roedores es mucho menor actualmente. Para *R. megalotis* hay un máximo de 60% de individuos con testículos escrotados y para *N. alstoni* 45%, mientras que Sánchez-Cordero & Canela-Rojo (1991) reportan de un 70 a un 100% de machos reproductivos en estas especies. Así mismo, Chávez (1988) reporta un 100% de machos reproductivos excepto para la época de invierno de la especie *N. alstoni*.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

En el caso de las hembras, Chávez (1988), reporta para *N. alstoni* un mínimo de 20% y un máximo de 100% de hembras reproductivas. En el presente estudio para la misma especie se obtuvo un mínimo de 0% y un máximo de 80%.

Los estudios que analizan los efectos del cambio climático en los periodos reproductivos de los roedores y otros mamíferos pequeños han encontrado que el periodo reproductivo es más largo, ya que éste comienza días antes del promedio normal (Millar & Herdman, 2004; Kneip et al., 2011). Pero estos estudios se han llevado a cabo en zonas neárticas donde la productividad primaria está fuertemente ligada a la cantidad de nieve y hielo que se haya acumulado en la época de invierno, y donde a consecuencia de un aumento general de la temperatura el deshielo se ha hecho prematuro. La productividad primaria en la Sierra del Ajusco depende, entre otros factores, de la cantidad de lluvia, la disminución en esta variable no parece estar afectando la duración de la época reproductiva pero si la intensidad en la que se lleva a cabo.

Se ha observado que un aumento en la temperatura afecta negativamente los periodos reproductivos en ratones. Bronson & Pryor (1983) encontraron que *P. maniculatus* presenta infertilidad en ambos sexos bajo temperaturas extremas (-6 °C y 34 °C). En el caso de los machos el calor induce la depresión de los testículos y el peso del vesículo seminal, lo que incrementa la proporción de machos sin esperma y en el caso de las hembras también aumenta la frecuencia de la ausencia del estro.

### Conclusiones

Los resultados encontrados en este estudio podrían indicar que en las zonas tropicales, la respuesta de los roedores ante un aumento en la temperatura y una disminución en la precipitación afecta la intensidad con la que se pueden estar reproduciendo los individuos, lo cual no se ve reflejado en la duración de la época reproductiva. Para asegurar que este es un patrón es necesario realizar más estudios para estas zonas.

Actualmente estamos realizando un análisis de cómo estas nuevas tendencias en las variables meteorológicas probablemente sean la causa del recambio de las especies dominantes para el sitio y del cambio en sus densidades poblacionales.

### Fuentes de consulta

Bronson F. H. & S. Pryor. 1983. Ambient temperature and reproductive success in rodents living at different latitudes. *Biology of Reproduction* 29: 72-80 pp.

Castro-Campillo A., Salame-Méndez A., Vergara-Huerta J, Castillo A. & Ramírez-Pulido J. 2008. Fluctuaciones de micromamíferos terrestres en bosques templados aledaños a al Ciudad de México. Distrito Federal. En: Avances en el estudio de los Mamíferos de México. Lorenzo C., E. Espinoza & J. Ortega (eds.). Publicaciones Especiales. Vol. II, Asociación Mexicana de Mastozoología A.C., México D.F. 391-407 pp.

Ceballos G. & G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica. 983 pp.

Chávez T. C B. 1988. Diversidad y comportamiento poblacional de una comunidad de roedores de la Sierra del Ajusco, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. 98 pp.

Díaz H. F. & R. S. Bradley. 1997. Temperature variations Turing the last Century at high elevation sites. *Climatic change* 36: 253-297 pp.

Domínguez P. A. 2007. Efecto del Cambio climático en la distribución del conejo endémico de México *Romerolagus diazi* (Lagomorpha:Leporidae). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 65 pp

Inouye D. W., B. Barr, K. B. Armitage & B. D. Inouye. 2000. Climate change is affecting actitudinal migrants and hibernating species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 97: 1630-1633 pp.

Hall E. R. 1981. The mammals of North America. Segunda Edición. Wiley Interscience Publication. 1177 pp.

Kalcounis-Rueppell M., J. S. Millar & E. J. Herdman. 2002. Beating the odds: effects of weather on a short-season population of deer mice. *Can. J. Zool.* 80: 1594-1601 pp.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Kneip E., D. H. Van Vuren, J. A. Hostetler & M. K. Oli. 2011. Influence of population density and climate on the demography of subalpine Golden-mantled ground squirrels. *J. Mamm.* 92 (2): 367-377 pp.

Millar S. J. & E. J. Herdman. 2004. Climate change and the initiation of spring breeding by deer mice in the Kananaskis Valley, 1985-2003. *Can J. Zoology* 82:1444-1450 pp.

Pounds J. A., M. R. Bustamante, L. A. Coloma, J.A. Consuegra, M.P.L. Fogden, P.N. Foster, E. La Marca, K.L. Masters, A. Merino-Viteri, R. Puschendorf, S.R. Ron, G.A. Sánchez-Azofeifa, C.J. Still y B.E. Young. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 161-167 pp.

Réale D. A. G. McAdam, S. Boutin & D. Berteaux. 2003. Genetic and plastic responses of a northern mammal to climate change. *Proc. R. Soc. Lond. B. boil. Sci.* 270: 591-596 pp.

Reid D.G. & C. J. Krebs. 1996. Limitation to collared lemming population growth in winter. *Can. J. Zool.* 74: 1284-1291 pp.

Romero-Almaráz M. de L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada & R. D. Owen. 2007. Mamíferos pequeños: manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Segunda edición. Las prensas de Ciencias. UNAM. 195 pp.

Sánchez-Cordero V. & Canela R. M. 1991. Estudio poblacional de roedores en un bosque de pino del eje volcánico transversal mexicano. *Anales. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México. Ser. Zoología* 62(2): 319-340 pp.

Speakman J. R. 2000. The cost of living: field metabolic rates of small mammals. *Adv. Ecol. Res.* 30: 177-297 pp.

Trejo I., E. Martínez-Meyer, E. Calixto-Pérez, S. Sánchez-Colón, R. Vázquez de la Torre y L. Villers-Ruiz. 2011. Analysis of effects of climate change on plant communities and mammals in Mexico. *Atmósfera* 24(1): 1-14 pp.

Vargas Márquez F. 1997. Parques Nacionales de México. INE SEMARNAP. Vol I.286 pp.

Villers R. L. e I. Trejo. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. En: Martínez J. y A. Fernández (comp.) Cambio Climático: Una Visión desde México. SEMARNAT-INE. México. 239-254 pp.



## Mecanismo de interacción climática entre la actividad solar y la biota terrestre

Osorio, J. <sup>1</sup> y B. Mendoza <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geofísica UNAM

### Introducción

La actividad solar ha sido propuesta como un factor externo del cambio climático en la Tierra. Los fenómenos solares como la irradiancia solar espectral y total podrían cambiar el balance de radiación terrestre y por lo tanto el clima (*Solanski, 2002*). Sin embargo, los procesos biológicos también han sido propuestos como otro factor del cambio climático a través de su impacto en el albedo nuboso. Una de las cuestiones más importantes en la sistema de funcionamiento terrestre es si la biota en el océano responde a cambios en el clima (*Charlson et al. 1987, Miller et al. 2003, Sarmiento et al. 2004*). De acuerdo a diferentes autores, la mayor fuente de núcleos de condensación nubosa (NCN) es el dimetilsulfuro (DMS) (*Andreae y Crutzen 1997, Vallina et al, 2007*).

El dimetilsulfuropropionato (DMSP) en las células del fitoplancton está relacionado con la columna de agua donde es transformado en DMS. El DMS se difunde a través de la superficie del océano a la atmósfera, donde se oxida para formar diferentes productos entre ellos  $\text{SO}_2$ . Este compuesto oxidado forma partículas sulfatadas que actúan como NCN. Las concentraciones de DMS son controladas por la biomasa del fitoplancton y por una red de procesos bioquímicos y ecológicos dirigidos por el contexto geofísico (*Simó, 2001*).

La radiación solar es el mecanismo primario del contexto geofísico y es responsable del crecimiento de las comunidades de fitoplancton. Las nubes tienen un mayor impacto en las cantidades de calor y esparcimiento de radiación de la atmósfera. Las nubes modifican tanto el albedo (Onda corta) como la radiación de onda larga. Para formar una nube se requiere vapor de agua, una superficie apropiada en la cual se condensan los llamados núcleos de condensación NC. Estos núcleos de condensación pueden crecer dentro de partículas suficientemente

grandes (480 nm) para llegar a ser núcleos de condensación nubosa (NCN). Los NCN producen nubes que esparcen la radiación. Una región con una alta concentración de NC deberá producir un gran número de pequeñas nubes en una región con aire limpio. Las pequeñas gotas son más efectivas para esparcir la radiación, ya que producen nubes en la atmósfera con más NC teniendo un alto albedo. En particular, para nubes bajas sobre el océano el efecto albedo es el más importante resultado de la interacción de la radiación en nubes y su efecto neto de enfriamiento en el clima (*Chen et al. 1999, Rossow, 1999*).

El DMS, la radiación solar y el albedo nuboso hipotéticamente tienen una interacción de retroalimentación (*Charlson et al. 1987*). Esta retroalimentación puede ser negativa o positiva. Un proceso de retroalimentación negativo requiere una correlación positiva entre la irradiancia solar y el DMS: Cambios en la irradiancia solar alcanzan a incrementar la temperatura superficial oceánica y por ende el DMS, aumentando los NCN y el albedo. Un incremento global en el albedo produce un decremento en la irradiancia al alcanzar la superficie oceánica y esto produce un enfriamiento. Una retroalimentación positiva requiere una anti correlación entre la irradiancia solar y el DMS: Incrementos en la irradiancia solar producen un decremento en el DMS, NCN y albedo; una reducción neta del albedo permitiría más radiación para ser absorbida, produciendo calor. Por lo tanto un paso básico de este proceso de retroalimentación es el tipo de interacción entre la radiación solar y el DMS. Usando escalas de tiempo anuales y estacionales, un primer intento para encontrar correlaciones entre una base de datos global de concentraciones de DMS, a lo largo de 1972-1997 y varios parámetros geofísicos como velocidad del viento y temperatura superficial oceánica no tuvo éxito (*Kettle et al. 1999*).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

El propósito de este estudio es examinar la relación entre el DMS, clima y fenómenos solares.

**Región de Estudio y Datos**

El análisis de datos fue desarrollado para el hemisferio sur entre 40 - 60 S de latitud para toda la longitud considerando la abundancia de clorofila para las regiones, esta área incluye las provincias biogeoquímicas SSTC, FKLD, SANT, ANTA, NEWS, CHIL y TASM (Longhurst 1995). Nuestro interés en esta área es debido a que es la menos contaminada en el mundo, la llamada zona pristina, los efectos solares en la biota y el clima podrían ser más evidentes. Más del 90% de esta área es océano, lo restante corresponde a la parte sur de Chile, Argentina, Tazmania y Nueva Zelanda (South Island). El periodo de estudio es de 1983 a 2008, conteniendo casi 25 años de datos.

Los datos de DMS fueron obtenidos desde el sitio <http://saga.pmel.noaa.gov/dms>. La serie de datos originales en esta dirección contienen las mediciones del DMS obtenidas en los océanos globales durante 1972-2010 y se presentan los datos crudos (Fig. 1a). La secuencia de los datos presenta huecos importantes en espacio y tiempo, se dan más detalles en Kettle et al. (1999). También se usó la serie de tiempo de la Temperatura Superficial Oceánica (SST) (Fig. 1b), obtenida desde The Climatic Research Unit [http://www.sru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/hads\\_st2sh.txt](http://www.sru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/hads_st2sh.txt). Otra serie de tiempo que se usó son las anomalías de la cubierta nubosa baja, los datos se obtuvieron desde el International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) <http://isccp.giss.nasa.gov>. dos series de anomalías de cubierta nubosa baja fueron obtenidas: Visible-Infrarojo (VI-IR) e Infrarojo (IR) (Fig. 1c y 1d). Finalmente, se trabajó con datos de radiación ultravioleta A (UVA) que comprende desde 320 a 400 nm, debido a que el 95% de las longitudes de onda menores a 310 nm no alcanzan la superficie (Lean et al. 1997) y tienen un gran impacto en los ecosistemas marinos (Häder et al. 2003; Toole et al. 2006; Hefu et al 1997; Slezak et al. 1003; Kniventon et al. 2003; Häder et al. 2011). Se usó una serie compuesta de UVA desde Nimbus7 (1978-1985), NOAA-9 (1985-1989), NOAA-11 (1989-1992) y SUSIM (1992-2008) (De Land et al. 2008). La serie de UVA atenuada en la atmosfera fue calculada a nivel de superficie usando el programa Santa

Barbara Distorted Atmospheric Radiative Transfer (SBDART); el cual fue obtenido del sitio <http://www.ices.ucsb.edu/esrg/SBDART.html> (Ricchiuzzi et al. 1998). La atenuación promedio fue estimada en aproximadamente 5% menor que la serie en el tope de la atmosfera (Fig. 1e).

**Método**

Esfuerzos previos en aclarar una contribución plausible del DMS en el clima de la Tierra se han basado generalmente en modelos de análisis de correlación. Los modelos sugieren cierta relación entre las series de tiempo sin embargo, estos son de naturaleza global y no proveen una información precisa acerca de cómo ocurre esta relación. Además, el hecho de que dos series tienen periodicidades similares no necesariamente implica que una es la causa y otra es el efecto. Además si el coeficiente de correlación es bajo, hay la posibilidad de que exista una relación que podría ser de una naturaleza no-lineal, o que exista una fuerte fase cambiante entre ambos fenómenos.

Se desarrollaron tres análisis diferentes no-lineales para estudiar las series de tiempo: el método de wavelet, el análisis fractal y el análisis de vectores autorregresivos. Se describen brevemente más abajo.

**Análisis Wavelet**

Para analizar variaciones locales de potencia en series de tiempo no estacionarias en periodicidades múltiples, aplicamos el método wavelet usando la función de Morlet (Torrence et al. 1998; Grinsted et al. 2004). Las periodicidades principales (Nivel de confianza mayor a 95%) deberán estar dentro del cono de influencia (COI), que es la región del espectro del wavelet donde los efectos de borde son considerados importantes (Torrence et al. 1998). Un antecedente apropiado del espectro es el ruido blanco (con una potencia espectral plana) o el ruido rojo (incrementos de potencia con decremento de la frecuencia). Se pudieron establecer niveles de significancia en el espectro del wavelet global con un modelo sencillo de ruido rojo que representa un proceso de Markov lineal autoregresivo (Gilman et al. 1963). Nosotros solo tomamos en cuenta aquellas periodicidades por encima del nivel del ruido rojo.

Nosotros encontramos que el espectro de coherencia del wavelet (Torrence et al. 1998;

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

*Grinsted et al. 2004*) es especialmente útil resaltando los intervalos de tiempo y frecuencia cuando dos fenómenos tienen una fuerte interacción. Si la coherencia de dos series es alta, las flechas en el espectro de coherencia muestran la fase entre los fenómenos. Las flechas a  $0^\circ$  (horizontal derecha) indican que ambos fenómenos están en fase; y flechas a  $180^\circ$  (horizontal izquierda) indican que hay una anti-fase. Es muy importante señalar que estos dos casos implican una relación lineal entre los fenómenos considerados. Flechas en  $90^\circ$  y  $270^\circ$  (vertical arriba y abajo, respectivamente) indican una situación fuera de fase, que significa que los dos fenómenos tienen una relación no lineal. Nosotros también incluimos el espectro global en las gráficas de wavelet, que es la potencia promedio en cada periodo considerando un tiempo promedio (*Velasco and Mendoza, 2008*). Las incertidumbres de los picos tanto del wavelet global como del espectro de coherencia, son obtenidas desde el ancho total del pico hasta la mitad máxima del pico.

**Análisis Fractal**

Las series de tiempo pueden ser caracterizadas por una dimensión no entera (dimensión fractal) cuando es tratada como una caminata aleatoria o un perfil auto-afín. Los sistemas auto-afines son caracterizados por su rugosidad, que es definida como la fluctuación de la altura sobre la longitud de la escala. Los sistemas auto-afines son a menudo caracterizados por la rugosidad, que es definida como la fluctuación de la altura a lo largo de la escala. Para perfiles auto-afines la rugosidad de la escala con el tamaño lineal de la superficie se mide con un exponente llamado la rugosidad o exponente de Hurst (H). Los fractales auto-afines son tratados generalmente de manera cuantitativa usando técnicas espectrales. (*Turcotte, 1992*).

En el análisis fractal, H se conoce como el índice de dependencia, y es la tendencia relativa de una serie de tiempo ya sea a retroceder con fuerza a la media o al grupo en una dirección (*Kleinow, 2002*). La mayoría de los sistemas auto-regresivos siguen una caminata con tendencias aleatorias o con tendencia estadística al ruido, Gaussiana u otra. La fuerza de la tendencia y del nivel del ruido puede medirse analizando R/S (Cuando R indica el rango y S la desviación estándar observada para los valores) en una escala de tiempo, cuando H está por arriba de 0.50 (*Hurst, 1951*). Un valor de  $1 < H \leq 1.50$  resulta en una dimensión fractal ( $D_s$ ) cercano a la

línea, Una serie de tiempo persistente resulta en una línea suave, con muchos picos en una caminata aleatoria. Series anti-persistentes con  $0 < H < 0.50$  tienen una  $D_s$  mayor que es un cambio en el sistema. La dimensión fractal de relaciona con el exponente de Hurts como  $D=2-H$  (*Peters, 1997, Voss, 1988*).

**Análisis de Vectores Autoregresivos (VAR)**

El VAR es una herramienta usada en series de tiempo multivariadas. En el VAR todas las variables con consideradas endógenas, como se expresan en una función lineal de sus propios intervalos de valores e intervalos de valores de otras variables del modelo. Una auto regresión univariable es una ecuación sola, es decir una variable en un modelo lineal en el cual el valor actual de la variable es explicado por sus propios intervalos de valores. Un VAR es una ecuación- $n$ , variable- $n$  en un modelo lineal en el cuál cada variable es de vuelta explicada por sus propios intervalos de valores, más los valores presentes y pasados de las restantes  $n-1$  variables. Esta estructura simple provee una forma de rica y dinámica de capturar múltiples series de tiempo, y el juego de herramientas estadísticas que vienen con el VAR es fácil de usar e interpretar. Como Sims (1980) y otros argumentaron en series de multinfluencia publicados anteriormente, el modelo VAR ha tendido la promesa de proveer un aproximamiento coherente y creíble a la descripción de datos, pronóstico, interferencia estructural y análisis. (*Sims, 1980*).

El VAR es también una técnica ponderosa para generar pronósticos creíbles en corto tiempo. Tiene ciertas limitaciones como cualquier método como omitir la posibilidad de considerar relaciones no lineales entre variables, no tomar en cuenta problemas de heterocedasticidad (que es el error en las variancias de muestras observacionales de una a otra) o cambios estructurales en los parámetros estimados. Los modelos VAR representan las correlaciones entre un conjunto de variables, son a menudo usadas para analizar ciertos aspectos de las relaciones entre las variables de interés. La metodología es muy buena en prevenir variables en sistemas de series de tiempo relacionadas, donde cada variable ayuda a predecir las otras variables. El método VAR es usado también frecuentemente para analizar el impacto dinámico en diferentes tipos de disturbios en sistemas de variables (*Lütkepohl, 2005*).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

El modelo VAR estimado es simple porque es posible usar el método de mínimos cuadrados. En la metodología de modelos autoregresivos el modelado depende del comportamiento de una variable ( $y_t$ ) de acuerdo a sus valores pasados. La expresión general de un modelo VAR es dada por:

$$y_t = A_1 y_{t+1} + \dots + A_p y_{t-p} + Bx_t + \epsilon_t$$

Donde  $y_t$  es el vector de las variables endógenas. Para estimar el modelo de VAR se debe de seleccionar un número de variables que es dado por el número de variables que conforman al modelo (Lütkepohl, 2005).

La función de impulso-respuesta muestra la respuesta de valores actual y futura de cada una de las variables, un incremento equivalente a una desviación estándar en el valor actual. La función traza la respuesta de las variables endógenas en un modelo con un impulso (Lin, 2006).

**Resultados y discusión**

Los resultados obtenidos con los análisis previos serán presentados y discutidos en esta sección.

**Frecuencias principales**

Los resultados del método wavelet se muestran en la figura 1 y en la columna de la izquierda de la tabla 1 aparece un resumen de las periodicidades principales encontradas para todas las series de tiempo. La figura 1e para el UVA muestra que la periodicidad de 11 años es la más significativa, aunque esta parcialmente fuera del COI dado el corto intervalo de tiempo. El LCCIR y LCCVI-IR coinciden en dos de las tres periodicidades (0.9 y 5 años). Para corroborar las frecuencias obtenidas con el análisis de wavelet nosotros aplicamos el análisis fractal. Los resultados de este método se encuentran en la figura 2 un resumen aparece en la columna derecha de la tabla 1. Con pocas excepciones, nos dimos cuenta que la mayoría de las periodicidades en los wavelets considerando las incertidumbres coinciden con las periodicidades fractales. También de acuerdo al coeficiente H todas las series de tiempo son predecibles. La excepción es el UVA, consideramos que es por el corto intervalo de tiempo de las series comparadas con la periodicidad dominante de 11 años.

**Espectro de Coherencia Wavelet**

El espectro de coherencia del wavelet en la figura 3 presenta el análisis de coherencia entre el DMS vs

SST, DMS vs LCCIR, DMS vs LCCVI-IR y DMS vs UVA respectivamente a lo largo de 1992-2008. Nosotros escogimos este intervalo de tiempo porque estas series de tiempo del DMS tienen la mayor cantidad de datos. Para cada panel las series tiempo aparecen en la parte superior, el espectro de coherencia del wavelet aparece a la mitad y el espectro de coherencia global del wavelet esta a la derecha. En la tabla 2 se resumen los resultados. La figura 3a muestra que las series de tiempo del DMS y SST tiene la coherencia más persistente y prominente con una tendencia de ~4 años en fase. Las series de tiempo del DMS y LCCVI-IR muestran coherencias persistentes de ~3 años y 5 años que tienden a estar en fase y anti-fase respectivamente. Las series de tiempo del DMS y UVA muestran una coherencia persistente en ~3 años pero esta no es muy prominente, de hecho las coherencias prominentes están entre ~0.4 y 1.2 años, están muy localizadas en el tiempo y tienden a estar en antifase. Hay una prominencia en la periodicidad entre los 3 y 5 años. Los picos menores de un año quizá se deban a fenómenos climáticos estacionales. La periodos de ~2 se pueden asociar con la Oscilación Cuasi Bienal (QBO) en la Estratosfera (Holton et al., 1972; Dunkerton, 1997; Baldwin et al., 2001; Naujokat, 1986; Holton et al., 1980) y con la actividad solar (Kane, 2005). Las periodicidades ~3 y ~4 años se pueden relacionar con El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) (Nuzhdina, 2002; Njau, 2006; Enfield, 1992; Trenberth et al., 1997; Philander, 1990) que es un fenómeno climático de larga escala. Las periodicidades ~5 años también se pueden asociar con la actividad solar (Djurović and Páquet, 1996). En la figura 3 y tabla 2 notamos una correlación consistente entre el DMS y SST y una anticorrelación entre DMS y UVA, la relación entre DMS y nubes es principalmente no lineal.

**Función Impulso-Respuesta**

La función impulso respuesta muestra la respuesta de calores actuales y futuros de cada una de las variables, esto es las huellas de la función de la respuesta en las variables endógenas en el sistema a un impulso. La función impulso respuesta aparece en la figura 5. En todos los casos nosotros observamos un impulso-respuesta de  $10 \pm 2$  meses. En el presente estudio la función impulso-respuesta muestra como el clima de la Tierra tiene un periodo de recuperación de aproximadamente 10 meses. La figura muestra que la respuesta positiva más alta

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

corresponde al DMS dado el impulso del SST. En el caso de la respuesta de las nubes es más alta para LCCVIIR y LCCIR. En la mayoría de los casos los valores regresan a las condiciones iniciales en 10 meses. El caso más especial ocurre entre el DMS y SST donde el sistema tiene una respuesta muy fuerte al impulso.

**Conclusiones**

Nosotros estudiamos la relación entre DMS y SST, LCCIR, LCCVI-IR y UVA usando diferentes métodos de análisis. Las series de DMS, SST, LCCIR y LCCVI-IR muestran persistencia y por lo tanto hay una posibilidad para una estimación futura. Para el UVA los resultados no son realistas y esto se debe a lo corto de las series que tienen una periodicidad prominente de 11 años. El análisis fractal se corrobora con las periodicidades del wavelet. Usando el wavelet método espectral de análisis, encontramos predominancia de una periodicidad entre 3 y 5 años. Las periodicidades entre ~ 3 y 4 años pueden ser relacionadas al ENSO. Las periodicidades ~5 años están asociadas con la actividad solar. Nosotros encontramos una correlación consistente entre DMS y SST y una anticorrelación entre DMS y UVA, la relación entre DMS y nubes es principalmente no lineal. Entonces nuestros resultados sugieren una interacción de retroalimentación negativa entre DMS, radiación solar y nubes. En el modelo de la función impulso-respuesta se observó que el clima de la tierra se recupera en un periodo aproximado de 10 meses y que el caso más especial ocurre entre el DMS y SST.

**Fuentes de consulta**

Andreae, M.O., Crutzen, P.J. Atmospheric aerosols: biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science* 276, 1052–1058, 1997.

Baldwin, M. P., Gray, L. J., Dunkerton, T. J., Hamilton, K., Haynes, P. H., Randel, W. J., Holton, J. R., Alexander, M. J., Hirota, I., Horinouchi, T., Jones, D. B., Kinnerson, J. S., Marquardt, C., Sato, K., Takahashi, M., The Quasi-Biennial Oscillation, *Reviews of Geophysics*, Vol. 39, Num. 2, 179-229, 2001.

Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andreae, M.O., Warren, S.G. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate: a geophysiological feedback. *Nature* 326, 655–661, 1987.

Chen, T., Rossow, B. W., Zhang, Y., Radiative effects of Cloud-Type variations, *Journal of climate* Vol.13, 1999.

DeLand, M. T., Cebula, R. P., Creation of a composite solar ultraviolet irradiance data set. *J. Geophys. Res* 113, A11103, 2008.

Djurovic, D., Páquet, P., The common oscillations of solar activity, the geomagnetic field, and the earth's rotation, *Solar Physics*, Vol. 167, 427-439, 1996.

Dunkerton, T. J., The role of gravity waves in the quasi-biennial oscillation. *J. Geophys. Res.*, 102, 26,053-26,076, 1997.

Enfield, D. B., Historical and prehistorical overview of El Niño/Southern Oscillation. Cambridge, Cambridge University Press, 95-117, 1992.

Grinsted, A., Moore, J., Jevrejera, S., Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics* 11, 561-566, 2004.

Gunson, J. R., Spall, S. A., Anderson, T. R., Jones, A., Totterdell, I. J., Woodage, M. J., Climate sensitivity to ocean dimethylsulphide emissions. *Geophys. Res. Lett.* 33, L07701, 2006.

Häder, D. P., Helbling, E. W., Williamson, C. E., Worrest, R. C., Effects of UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 242-260, 2011.

Häder, D. P., Kumar, R. C., Smith, R. C., Worrest, R. C., Aquatic ecosystems: effects of solar ultraviolet radiation and interactions with other climatic change factors, *Journal of the Royal Society of Chemistry*, 39-50, 2003.

Hefu, Y., Kirst, G. O., Effects of UV radiation on DMS content and DMS formation of *Phaeocystis Antarctica*, *Polar Biol.* 18, 402-409, 1997.

Holton, J. R., Lindzen, R. S., An updated theory for the Quasi-Biennial cycle of the tropical stratosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences* Vol. 29, 1076-1080. 1972,

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- Holton, J.R., Tan, H. C., The influence of the equatorial Quasi-Biennial Oscillation on the global atmospheric circulation at 50mb, *Journal of Atmospheric Science.*, Vol. 37, 2200-2208, 1980.
- Hurts, H. E., Long-term storage capacity of reservoirs, *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.*, 116, 770-779, 1951.
- Kettle, A. J., Andreae, M. O., Amouroux, D., et al. A global data base of sea surface Dimethylsulfide (DMS) measurements and a procedure to predict sea surface DMS as a function of latitude, longitude and month, *Global Biogeochemical Cycles* 13, 399–444, 1999.
- Kleinow, T., Testing Continuous Time Models in Financial Markets, Berlin Humboldt-Univ., Diss., 2002.
- Kniventon, D. R., Todd, M. C., Sciare, J., Mihalopoulos, N., Variability of atmospheric dimethylsulphide over the southern Indian Ocean due to changes in ultraviolet radiation, *Global Biogeochem. Cycles* 17, 1096, 2003.
- Lean, J. R., Lee, G. J., Woods, H., Hickey, T. N., Puga, J., Detection and parameterization of variations in solar mid- and near-ultraviolet radiation (200–400 nm). *Geophys. Res. Lett.* 102, 939-956, 1997.
- Lin, J. L., Teaching notes on impulse response function and structural VAR, Institute of Economics National Chengchi University, 2006.
- Longhurst, A., Sathyendranath, S., Platt, T., Caverhill, C., An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data, *J. Plankton Res.*, 17, 1245-1271, 1995.
- Lütkepohl, H., New introduction to multiple time series analysis, Springer-Verlag, 2005.
- Miller, A. J., Alexander, M.A., et al. Potential feedbacks between Pacific Ocean ecosystems and interdecadal climate variations. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 84, 617-633, 2003.
- Naujokat, B., An update of the observed Quasi-Biennial Oscillation of stratospheric winds over the tropics, *Journal of the Atmospheric Sciences*, Vol. 43, 1873-1877, 1986.
- Njau, E. C., Solar activity, El Niño-Southern oscillation and rainfall in India, *Pakistan Journal of Meteorology*, Vol. 3, 2006.
- Nuzhdina, M. A., Connection between ENSO phenomena and solar and geomagnetic activity, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 83–89, 2002.
- Peters, E. E., Chaos and order in the capital markets. John Wiley & sons, 1997.
- Philander, S. G., El Niño, La Niña and the Southern Oscillation, San Diego: Academic Press, 1990.
- Ricchiazzi, P., Yang, S., Gautier, C., Sowle, D., SBDART: A Research and teaching software tool for plane-parallel radiative transfer in the Earth's atmosphere. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 79, 2101-2114, 1998.
- Rossow, W. B., Schiffer, R. A., Advances in understanding clouds from ISCCP, *Bull. Am. Meteor. Soc.* 80, 2261– 2287, 1999.
- Sarmiento, J. L., Gruber, N., Brzezinski, M. A., Dunne, J. P., High-latitude controls of thermocline nutrients and low latitude biological productivity. *Nature*, 427(6969), 56-60, 2004.
- Shaw, G.E., Benner, R.L., Cantrell, W., Veazey, D., The regulation of climate: A sulfate particle feedback loop involving deep convection-An editorial essay. *Climate Change* 39, 23–33, 1998.
- Simó, R., Production of atmospheric sulfur by oceanic plankton: biogeochemical, ecological and evolutionary links, *Trends in Ecology and Evolution*, 16, 287–294, 2001.
- Sims, C. A., Macroeconomics and Reality, *Econometrica* 48, 1-48, 1980.
- Slezak, D., Herndl, G. J., Effects of ultraviolet and visible radiation on the cellular concentration of dimethylsulfoniopropionate (DMSP) in *Emiliania huxleyi* (strain L), *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 246, 61-71, 2003.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Solanki, S. K., Solar variability and climate change: is there a link?, *Astronomy & Geophysics*, Vol. 43, 509–513, 2002.

Toole, D. A., Slezak, D., Kiene, R. P., Kieber, D. J., Effects of solar radiation on dimethylsulfide cycling in the western Atlantic Ocean, *Deep-Sea Res. I*, 53, 136-153, 2006.

Torrence, C., Compo, G. B., A practical guide to wavelet analysis, *Amer. Meteor. Soc.* 79, 61-78, 1998.

Trenberth, K. E., The definition of El Niño, *Bull. Am. Meteor. Soc.* 78 (12): 2771–7, 1997.

Turcotte, D. L., *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*, Cambridge University Press, 1992.

Vallina, S. M., Simó, R., Gassó, S., DeBoyer-Montégut, C. D., Jurado, E., Dachs, J., Analysis of a potential “solar radiation dose-dimethylsulfide-cloud condensation nuclei” link from globally mapped seasonal correlations, *Global Biogeochemical Cycles* 21, GB2004, 2007.

Velasco, V., Mendoza, B., 2008. Assessing the relationship between solar activity and some large scale climatic phenomena, *Advances in Space Research* 42, 866–878, 2008.

Voss, R. J., *Fractals in Nature: from characterization to simulation*, The Science of fractal images, Heinz-Otto Peitgen and Dietmar Saupe, Eds., New York: Springer-Verlag, 21-70, 1988.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tabla 1. Resumen de periodicidades, exponente Hurst y previsibilidad.

Wavelet Analysis		Fractal Analysis				
Periodicity (yr)	TSp	Periodicity (yr)	Hurst Exponent (H)	Prediction		
<b>Dimethylsulfide (DMS)</b>						
1.2 ± 0.8	1994-1995	8.76	H=0.968	Persistent Serie (Possible prediction)		
	2002-2005	5.21				
1.7 ± 0.6	1989-1992	4.36				
		3.75				
3.5 ± 0.9	1987-2005	2.19				
		1.99				
4.7 ± 0.8	1988-1994	1.57				
		1.41				
7.8 ± 0.9	1992-1999	1.57				
		1.41				
		1.27				
		1.13				
<b>Sea Surface Temperature (SST)</b>						
1 ± 0.7	1990-1994	8.77	H=0.634	Persistent Serie (Possible prediction)		
	1995-1997	5.25				
	1998-2007	4.36				
3.9 ± 0.7	1996-2000	3.27				
		2.19				
8 ± 0.8	1993-1998	1.99				
		1.58				
		1.42				
		1.14				
<b>Low Cloud Cover (IR)</b>						
0.9 ± 0.7	1985-1986	8.42	H=0.631	Persistent Serie (Possible prediction)		
	1998-2003	6.31				
1.9 ± 0.7	1996-2006	4.20				
		3.14				
5.1 ± 0.9	1998-2003	3.09				
		2.51				
		1.94				
		1.74				
<b>Low Cloud Cover (VI-IR)</b>						
		1.36				
		0.78				

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

<b>0.9± 0.8</b>	<b>1984-1986</b>	8.42	<b>H=0.637</b>	<b>Persistent Serie</b> (Possible prediction)
	1998-2004	6.31		
<b>3± 0.7</b>	<b>1990-2005</b>	<b>4.20</b>		
		<b>3.61</b>		
5 ± 0.8	1991-2003	<b>3.14</b>		
		<b>2.81</b>		
		2.51		
		1.94		
		<b>1.74</b>		
		<b>1.36</b>		
		<b>0.78</b>		
<b>Ultraviolet Radiation A (UVAT)</b>				
<b>11</b>	<b>1983-2008</b>	<b>8.77</b>	<b>H=0.469</b>	<b>Antipersistent Serie</b> (No possible prediction)
		6.56		
		4.39		
		3.75		
		3.29		
		2.92		
		2.51		
		2.02		
		1.81		
		1.42		

*TSp= Time Span inside the COI. The periodicities on or above the red noise level in the global wavelet plots appear in bold numbers.*

*In Fractal analysis the periodicities that coincide with the Wavelet analysis appear in bold numbers*

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

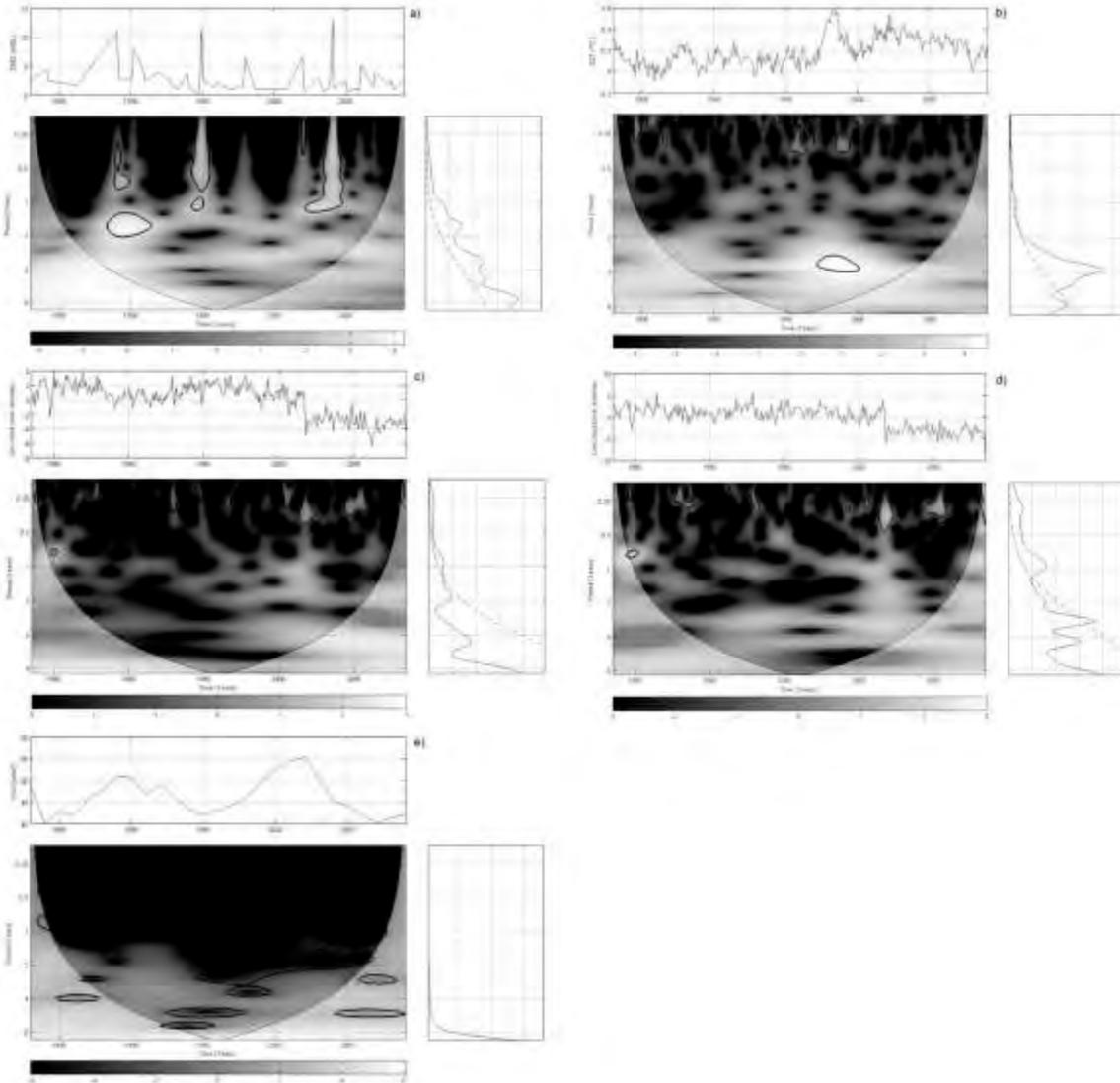
Tabla 2. Resumen de resultados de coherencia de wavelet.

	Periodicity (yr)	TSp	Phase
<b>DMS vs SST</b>	<b>0.5 ± 0.03</b>	<b>2006-2008</b>	IN
	0.8 ± 0.1	2004-2007	OUT
	<b>1.7 ± 0.2</b>	<b>1995-1999</b>	IN
	<b>4 ± 0.8</b>	<b>1995-2003</b>	IN
<b>DMS vs IR</b>	<b>0.5 ± 0.001</b>	<b>1994-1996</b>	ANTI
		<b>1997-1998</b>	OUT
	0.8 ± 0.002	2001-2002	OUT
	<b>1.7 ± 0.2</b>	<b>1997-2002</b>	OUT
	1998-2002	ANTI	
<b>DMS vs VI-IR</b>	<b>0.5 ± 0.03</b>	<b>1994-1996</b>	ANTI
	1 ± 0.3	1993-1995	IN
		1997-1998	OUT
	1.7 ± 0.2	1999-2002	CHP
	<b>3 ± 0.4</b>	<b>1999-2003</b>	OUT
	<b>5 ± 0.5</b>	<b>1998-2003</b>	OUT
<b>DMS vs UVAT</b>	<b>0.4 ± 0.035</b>	<b>1994-1996</b>	OUT
		<b>2003-2004</b>	ANTI
		2003-2005	ANTI
	0.7 ± 0.002	2000-2003	ANTI
	<b>1.2 ± 0.01</b>	1996-1997	ANTI
		<b>2000-2003</b>	ANTI
	3 ± 0.3	1997-2002	OUT

*TSp= time span inside the COI. The strongest periodicities appear in bold numbers  
IN= in phase; ANTI= in anti-phase; OUT= out of phase; CHP= changing phase.*

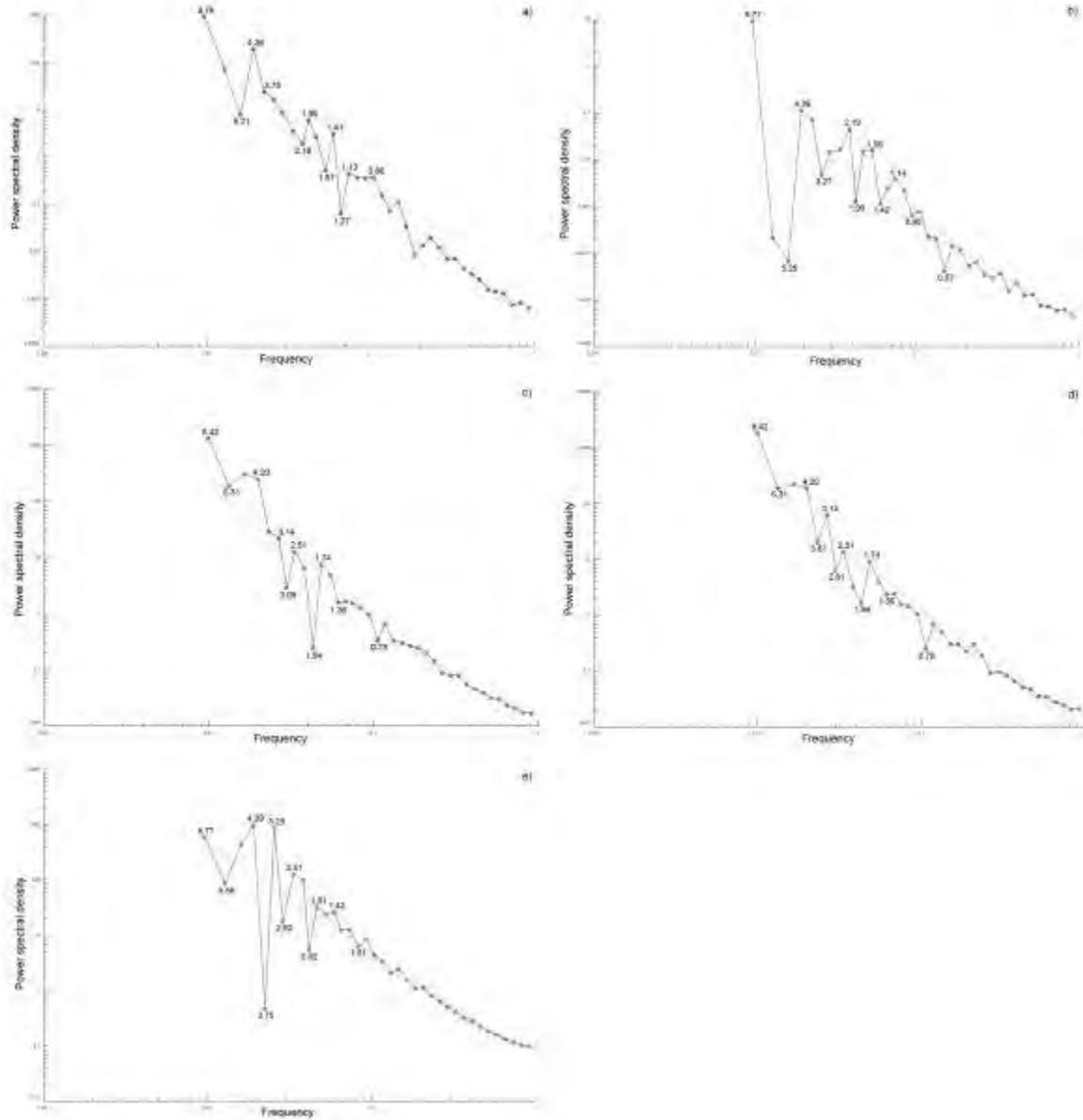
Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 1. Análisis de Wavelet, para cada tabla en la parte superior esta la serie de tiempo, en el medio el espectro del Wavelet y en a la derecha el espectro global del Wavelet. (a) DMS (b) SST c) LCCIR d) LCCVI-IR e) UVA. El código gris indica el nivel de significancia para las gráficas espectrales, en particular todo lo que este dentro del cono tiene un 95% de confiabilidad.



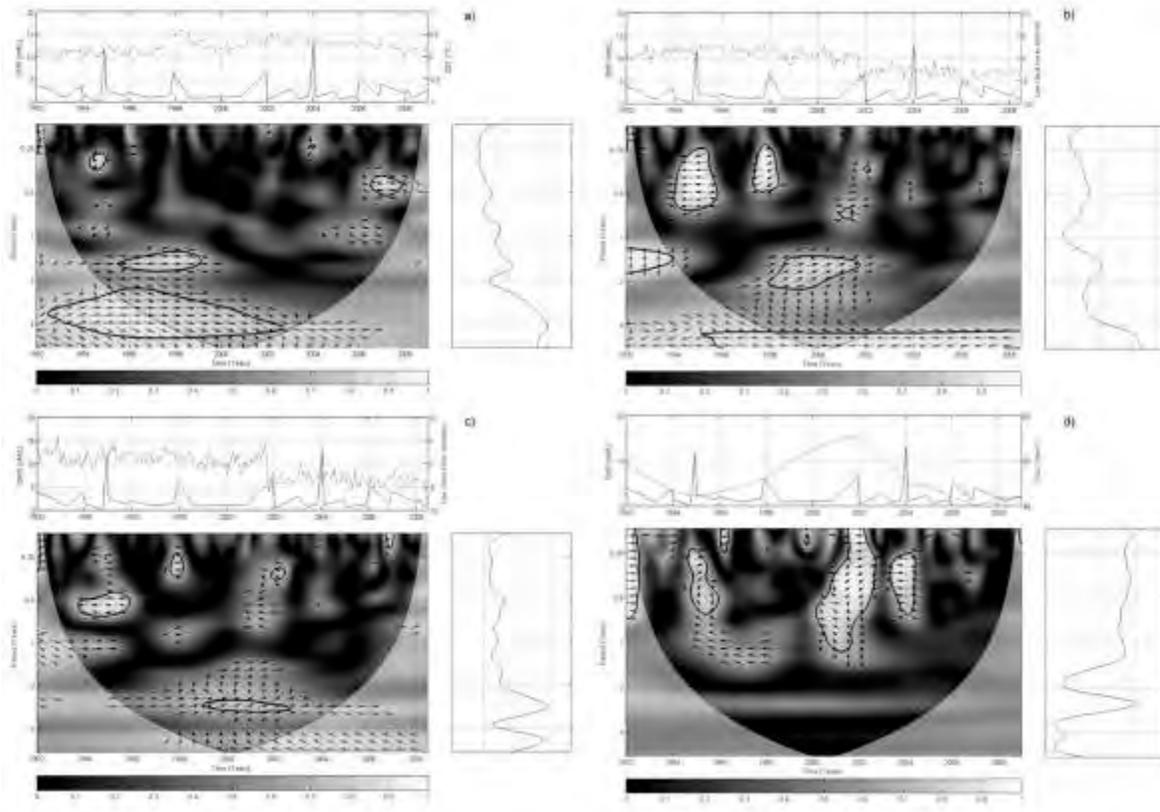
Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 2 Grafica de la potencia espectral para un intervalo de tiempo entre 1983-2008, la tendencia lineal ha sido removida. La densidad de la potencia espectral está dada como una función de la frecuencia en escalas de tiempo de meses. La línea de ajuste es usada para estimar la dimensión fractal. a) DMS, b) SST, c) LCCIR, d) LCCVI-IR, e) UVA.



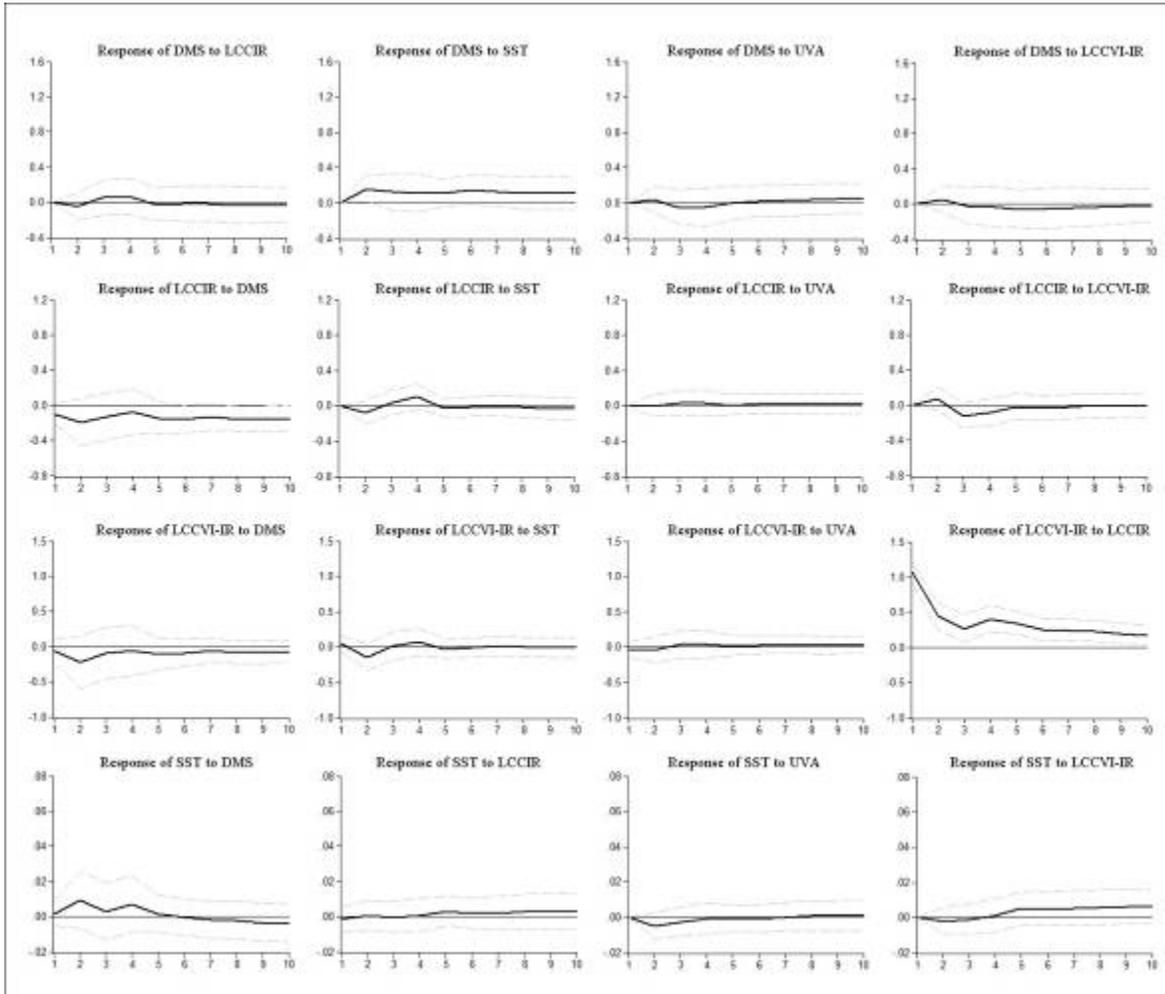
Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 3 Análisis Wavelet de Coherencia: a) DMS, b) SST, c) LCCIR, d) LCCVI-IR, e) UVA.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 4 Estimación de la función impulso-respuesta del DMS para 10 meses en el modelo autoregresivo. La línea punteada es la incertidumbre de la predicción.



## Evidencias de cambio climático en la zona montañosa central de Michoacán.

Luis Mario Tapia Vargas <sup>1</sup> Antonio Larios Guzmán Ignacio Vidales Fernández Anselmo Hernández Pérez y Víctor Barradas Vázquez

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias

### Introducción

El fenómeno del cambio climático global, es problema de orden mundial que afecta el equilibrio ecológico y que es generado por el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De acuerdo a Ordoñez *et al.*, (2001), este fenómeno tendría repercusiones particularmente graves para los ecosistemas naturales, coadyuvando a la pérdida y degradación de la riqueza biótica del planeta, la erosión de suelos, cambios en los patrones de evapotranspiración, contaminación de mantos acuíferos y otros fenómenos.

El cambio climático global puede afectar la fruticultura de exportación de Michoacán ya que la producción depende de temperaturas frescas y regularidad de las precipitaciones (Tapia *et al.*, 2007). Michoacán ha contribuido a este fenómeno mundial, anualmente se pierde 1.8% de superficie forestal (Bocco *et al.*, 2000), que totalizan 1,421,307 hectáreas y que han sido convertidas a uso agrícola y pecuario (Sáenz *et al.*, 2010). El cambio del uso de suelo se ha relacionado como principal factor de cambio climático por alteración de los flujos de energía (Dale, 1997). En la sierra purépecha que incluye 20 municipios del estado con una superficie de 1.1 millones de hectáreas hay 360,000 hectáreas totalmente deforestadas dedicadas a cultivos básicos y pastizales y 110 mil hectáreas con plantaciones de aguacate, sin embargo, aún permanecen en esta región montañosa, medio millón de hectáreas con bosques de coníferas y latifoliadas, sujetas a una alta presión por parte de la tala ilegal, vandalismo, robo de madera, incendios y fruticultores (Tapia *et al.*, 2008). La reducción de esta superficie de vocación forestal, puede afectar la captación de agua y cambios en la fenología y la hidrología en el cultivo del aguacate de Michoacán, principal actividad agrícola del estado, ya que significa el 27.8% del PIB primario estatal (INEGI, 2008). El objetivo de este trabajo fue evaluar las

condiciones de lluvia y temperatura a partir de una línea base de 1963 a 1972 y comparar con las condiciones actuales presentes en el siglo XXI.

### Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Uruapan, Michoacán, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en Av. Latinoamericana 1101 col. Revolución C.P. 60080. El clima predominante en la región de acuerdo a la clasificación de Köpen, es semicálido, de tipo c(A) C (W<sub>2</sub>) (w) b (i), con abundantes lluvias en verano (García y Reyna, 1969).

Los datos de clima se tomaron de la estación climática "Barranca del Cupatitzio", perteneciente al INIFAP ubicada al poniente de la ciudad en las coordenadas 19° 25' 43.19" N y 102° 05' 35.44" W. La serie histórica es del 01 de enero de 1963 al 31 de diciembre de 2010, cuyo promedio general de las variables del clima, son los que se presentan en el Cuadro 1, en los que destaca la estabilidad del clima y la condición óptima para el aguacate. El periodo de análisis podría representar la tendencia presente y futura pues de acuerdo a De Luis *et al.*, (2001), con al menos 30 años de datos pueden obtenerse resultados confiables en aspectos relacionados con el cambio climático.

La línea base de análisis correspondió al período de 01 de enero de 1963 a 31 de diciembre de 1972. El efecto del cambio climático se analizó en la vertiente precipitación, es decir, si realmente ha habido cambios significativos en la distribución y cantidad de lluvias, en la zona aguacatera de Michoacán. Los datos registrados del 01 de enero de 2001 al 31 de diciembre de 2010 y del último periodo de 2001 a 2010, mismos días y meses, fueron utilizados para determinar diferencias

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

estadísticas en cuanto a la precipitación para los 10 años, pero para el ciclo de lluvias de mayo a noviembre, fueron utilizados para evaluar las diferencias de precipitación anual en cuanto al promedio de la sumatoria del máximo número mensual de: días consecutivos con lluvia y su lámina (RMAX), número y lámina de días con registro de lluvia (RMED), días secos consecutivos y número de días secos (MSEC), y por último, número de días y cantidad de lluvia en los rangos de precipitación 0-10, 20-30 y >30 mm (RINT).

El programa estadístico Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas (SICA) versión 2.5 (Medina y Ruiz 2000), fue utilizado para obtener las normales climáticas y las variables mencionadas, excepto MED, RMED, RINT, que fueron obtenidos directamente en hoja de cálculo, con operadores lógicos y macros.

Las comparaciones de precipitación pluvial entre ambos periodos fueron efectuadas mediante una prueba estadística de  $X_i^2$  de acuerdo al modelo:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde:

$f_o$ : frecuencia observada

$f_e$ : frecuencia esperada

Se construyeron las tablas de contingencia para evaluar las variables de lluvia en ambos periodos de estudio

**Resultados y discusión**

Las normales climáticas de ambos periodos de registro de la estación climática del INIFAP son mostradas en el Cuadro 2. Se puede apreciar un ligero incremento en las temperaturas medias mensuales así como en los datos de lluvia mensual. Sin embargo, a este nivel, no hay base para argumentar un cambio en las condiciones del clima.

Respecto al análisis estadístico de la precipitación pluvial, la información indica que los promedios de la sumatoria del máximo número de días consecutivos con lluvia durante el ciclo, así como la lámina registrada en esos días (RMAX), no es significativo ( $X_{ic}^2 = 0.04 < X_{it}^2(1,1,05) = 3.85$ ), a pesar de que hay más días consecutivos con lluvia en el

período 2001-10 con 49.5 que en el periodo 1963-72 con 43.0, mientras que las lluvia también son mayores con 756.9 contra 686.1, respectivamente (Cuadro 3). Esto indica claramente que la afirmación de que antes llovía durante más días consecutivos carece de fundamento, incluso en lo que va del siglo, se tiene mayor cantidad de días consecutivos de lluvia, aunque no es significativa.

Similar efecto se encontró con el promedio de la sumatoria del máximo número consecutivo de días secos y el número de días sin lluvia (MSEC), la diferencia de los valores respectivos para 1963-72 de 61.8 y 109 contra 44.4 y 118.6 para 2001-10, no es significativa ( $X_{ic}^2 = 3.0 < X_{it}^2(1,05) = 3.85$ ), por tanto, la percepción de que en este siglo se tiene más días consecutivos sin lluvia en el temporal, o más días sin lluvia es falsa y es similar a la registrada hace 40 años, no obstante, un promedio de 9.6 días más sin lluvia en este siglo, deberían ser motivo de preocupación sobre el entorno ambiental de deforestación que se está promoviendo. Grandes áreas sin cubierta vegetal por encima de 2,400 m snm dedicadas a cultivos básicos o pastizales pueden significar la diferencia de mayor perturbación climática (Tapia et al., 2008).

La suma promedio de los días efectivos de lluvia, así como la lluvia de esos días fue de 105.2 y 1513.8 mm para 1963-72, la cual tiene diferencia significativa ( $X_{ic}^2 = 4.2 > X_{it}^2(1,05) = 3.85^*$ ), con lo registrado en el mismo sentido para 2001-10 con 96 días y 1858.7 mm (Cuadro 3). Estos valores indican de manera clara que en este siglo los días de lluvia efectiva son menores de casi 10 a los que se tenían hace 40 años, sin embargo, la cantidad de lluvia para el ciclo de temporal ha aumentado, esto que podría interpretarse como benéfico, en realidad es perjudicial por el enorme daño que causa un incremento de la precipitación en un menor tiempo. Esto ha sido documentado por diferentes autores como Marques *et al.*, (2007) que indican que la intensidad de lluvia se correlaciona directamente con la erosión producida, empero, la cobertura vegetal puede actuar como un factor de protección contra una mayor intensidad de lluvia, desafortunadamente, la deforestación creciente y sin control en la región Purépecha es un factor que contribuye a una mayor erosión.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 1. Valores medios de los factores climáticos en la estación INIFAP-Uruapan.

N	T máxima media °C	T mínima media °C	T media °C	Lluvia (mm)	Evaporación (mm)
2,049	25.5	11.0	18.2	1562.3	1202.8

Cuadro 2. Normales climáticas de la estación INIFAP en Uruapan, para los dos periodos de estudio

Mes	Temp. Media		Lluvia		Evaporación	
	1963-72	2001-10	1963-72	2001-10	1963-72	2001-10
E	13.5	14.2	43.6	50.9	76.9	80.3
F	14.4	15.0	8.6	18	92.7	93.5
M	15.6	16.0	5.7	14.4	129.9	144.6
A	17.7	17.8	9.4	3.2	149.9	154
M	18.9	18.8	74.1	30.6	124	156
J	18.9	18.9	258.2	264.4	84.7	95.8
J	18.1	18.2	324.9	360.6	77.1	87.9
A	18.0	18.1	306.2	352.3	79.5	89
S	17.9	17.9	266.9	316.9	71.9	81.4
O	17.2	17.3	117.1	151.5	81.4	83.9
N	15.6	16.0	44	32.1	64.2	72.7
D	14.7	15.1	7.8	17.2	60.1	63.5
Medias	16.7	17.1	1612.1	1730.4	1032.2	1206.2

Cuadro 3. Evaluación estadística de los promedios de 10 años de las variables de la lluvia del ciclo mayo-noviembre para los eventos registrados en la estación climática INIFAP

Variable	1963-1972	2001-2010	Total	$X_{ic}^2$
Sumatoria del máximo número de días con lluvia consecutiva (RMAX)	43.0	49.5	92.5	0.04 n.s.
Lluvia (mm)	686.1	756.9	1443.0	
Total	729.1	806.4	1535.5	
Sumatoria de días de lluvia en el ciclo (RMED)	105.2	96.0	201.2	
Lluvia (mm)	1,513.8	1,858.7	3,372.5	4.2 *
Total	1,618.9	1,954.7	3,573.7	
Sumatoria del máximo número de días secos consecutivos (MSEC)	61.8	44.4	106.2	3.0 n.s.
Días sin lluvia en el ciclo	109.5	118.6	228.1	
Total	171.3	163	334.3	

Nota: n.s.: no diferencia en temperaturas; (\*) si hay diferencia ( $p < 0.05$ ); (\*\*) diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

La intensidad de lluvia en 24 horas también fue analizada, mientras que en 1963-72 se tuvieron en promedio 55.6, 36.7 y 12.3 días con promedios de 268.4, 667.2 y 573.0 mm para las intensidades <10, 10 a 30 y >30 mm (Cuadro 4), respectivamente, en la misma secuencia de días de lluvia para el periodo 2001-10, se tuvo 41.6, 36.2 y 18.2 días, los cuales fueron no significativos ( $X_{ic}^2(2, 05)=2.844 < X_{it}^2(1, 01)=9.21$ ), respecto a 1963-72, aunque esta información carece de efecto, se aprecia un incremento en más días con lluvias superiores a 30 mm y menos días con lluvias inferiores a <10 mm. En contrapartida, las cantidades de lluvia en el periodo 2001-10 de 193.9, 654.9 y 1003.2 mm fueron altamente significativas ( $X_{ic}^2(2, 05)=95.4 > X_{it}^2(1, 01)=9.21$ ), lo cual indica de manera clara que en este siglo llueve con mayor intensidad en 24 horas, lluvias de más de 30 mm día<sup>-1</sup>, han aumentado casi un 100%, mientras que las lluvias de baja intensidad se han reducido claramente en 30%.

Este fenómeno, para las condiciones actuales de deforestación con pérdidas de bosque de más de 10,000 ha año<sup>-1</sup> en la sierra purépecha de Michoacán (COFOM, 2003), es desastroso pues se acentúan los efectos hidrológicos perjudiciales de erosión, escurrimiento y perjuicio a los acuíferos que

bordean al eje neovolcánico de Michoacán. Actualmente solo en la Sierra Purépecha, hay cerca de 350,000 ha deforestadas de uso agrícola de temporal y pastizales (Tapia *et al.*, 2009), que ante un incremento significativo de la intensidad de lluvia, los efectos de erosión y escurrimiento podrían ser incrementados (Tapia *et al.*, 2001).

El incremento de la precipitación encontrada en esta región de 14.4 mm día<sup>-1</sup> (1963-71) a 15.4 mm día<sup>-1</sup> (2001-10), concuerda con lo reportado por otros autores como Costa y Foley (2000), quienes mencionan que el cambio climático produce incremento de la lluvia de 0.28 mm día<sup>-1</sup>. Es claro que la deforestación sostenida de la Sierra Purépecha ha empezado a propiciar un cambio significativo en las características de la precipitación, en este siglo llueve menos días y con mayor intensidad en 24 horas (Cuadro 4). La deforestación de la Sierra Purépecha, ha propiciado el cambio de cobertura forestal a frutícola en 120,000 ha, a cultivos básicos en 350,000 ha y a pastizales en 30,000 ha, sin embargo, el perjuicio ambiental de los cultivos básicos y los pastizales es 10 veces más en erosión y escurrimiento con más de 100 mm de escurrimiento contra sólo 10 mm en frutales como el aguacate (Tapia *et al.*, 2009).

Cuadro 4. Valores promedio de los eventos de lluvia por rango para el ciclo de lluvias mayo-noviembre de la estación climática INIFAP

Magnitud de la lluvia (días)	1963-1972	2001-2010	Total	$X_{ic}^2$
<10 mm	55.6	41.4	97	2.84 n.s.
>10 <30 mm	36.7	36.2	72.9	
> 30 mm	12.3	18.2	30.5	
Total	104.6	95.8	200.4	
Lámina de lluvia (mm)				
<10 mm	268.4	193.962	462.362	95.4 **
>10 <30 mm	667.2	654.96	1322.16	
> 30 mm	573	1003.24	1576.24	
Total	1508.6	1852.162	3360.762	

Nota: n.s.: no diferencia en temperaturas; (\*) si hay diferencia ( $p > 0.95$ );(\*\*) diferencia altamente significativa ( $p > 0.99$ )

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Conclusiones**

El cambio climático en la Sierra Purépecha es un hecho ya demostrable la lluvia de eventos diarios máximos consecutivos en los últimos diez años es igual, no se ha reducido en comparación a lo registrado de 1963 a 1972 y la lámina es estadísticamente igual, sin embargo, el promedio anual de días con lluvia, en este siglo, es de menos días (96) comparados con 105 días que había en promedio de 1963 a 1972, mientras que la lámina de lluvia ha aumentado de 1513.8 mm (1963-72) a 1,858.7 mm ( $p < 0.05$ ).

El efecto más claro detectado es que la intensidad de lluvia en 24 horas se ha incrementado de manera significativa ya que ahora se tienen 18.2 días con lluvia  $> 30$  mm contra 12.3 que había de 1963-72 y la lámina se ha incrementado a 1003.2 mm contra 573.0 en los respectivos periodos ( $p < 0.01$ ).

Mayores destrozos pueden esperarse en la Sierra Purépecha de Michoacán ya que a menor cubierta vegetal y mayor intensidad de lluvia propiciado por el cambio climático, los daños ecológicos, económicos y sociales pueden ser incalculables a corto plazo.

**Agradecimientos**

Los autores expresan su agradecimiento a todos aquellos que con su paciencia y constancia tomaron los datos diarios de la estación Uruapan del INIFAP desde 1963 hasta el año 2010, en especial al Ing. Juan José Alcántar R. y al Sr. Herminio, gracias a ellos este trabajo fue hecho posible.

**Fuentes de consulta**

Bocco G., Mendoza M., Masera O.M. 2000. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas*. 44:18-38

COFOM. 2003. Inventario Forestal del Estado de Michoacán. Memoria General. SEDRU. Morelia, Mich. 74 p.

Costa, H.M., Foley, A.J. 2000. Combined effects of deforestation and double concentration of CO<sub>2</sub> on the climate o Amazonia. *J. Climate* 13:18-34

Dale, H.V. 1997. The relationship between land use change and climatic change. *Ecological Applications*. 7(3):753-769

De Luis, M., García, C.M.F., Cortina J., Raventós J., González H. J.C., Sánchez, J.R. 2001. Climatic trends, disturbances and short term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland. *Forest Ecology and Management* 147(1):25-37

INEGI. 2008. Producto interno bruto por entidad federativa 2003-2008. INEGI. Comunicado 091/10. Aguascalientes, Ags. 9 p.

Marques, M.J., Bienes R., Pérez, R.R., Jiménez, L. 2007. Soil degradation in Central Spain due to sheet wáter erosion by low intensity rainfall events. *Earth Surface Processes and Landforms* 33(3):414-423

Medina, G.G., A. Ruiz C. 2000. Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas v. 2.5. INIFAP. Guadalajara, Jal.

Ordóñez, B.; H.J de Jong y O. Masera. 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus*, Michoacán. *Madera y Bosques* 7(2):27-47.

Sáenz, R. J.T., González, T. J.A., Jiménez, O.J., Larios, G. A., Gallardo, V.M., Villaseñor, R. F., Ibañez, R.C. 2010. Alternativas agroforestales para reconversión de suelos forestales. INIFAP. Folleto Técnico 18. Uruapan, Mich. 52 p.

Tapia V. L.M. A. Larios G., J. Anguiano C., A., J.J. Alcántar R. 2008. Avances en la caracterización hidrológica en el sistema aguacate en Michoacán. *El Aguacatero* 54:15-19

Tapia V.L.M., Larios G. A., J. Anguiano C. 2007. Ambiente y fenología del aguacate. *In: Tecnología para la producción de aguacate en México*. 2ª. Edición. INIFAP. Uruapan, Mich. 36-53 ISBN: 978-607-425-101-2

Tapia V.L.M., I.Vidales F., A. Larios G. 2009. El agua como recurso natural renovable y la cubierta vegetal en la zona aguacatera de Michoacán. *El Aguacatero* 12(58):15-19



## Proyección del cambio climático sobre la distribución de las razas de maíz mexicano.

Carolina Ureta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biología, UNAM

### Introducción

Se espera que el cambio climático (CC) sea una amenaza significativa para la biodiversidad, incluyendo a la agrobiodiversidad ( e.g. Appendini and Liverman 1994; e.g. Conde et al. 1997; Gregory et al. 2005; Easterling et al. 2007; Tubiello and Fischer 2007; Lobell et al. 2008; Walker and Schulze 2008). Para evitar consecuencias negativas en los sistemas de producción de alimento, es necesario empezar a generar información sobre los posibles impactos del CC en la diversidad de los granos más importantes del mundo. Hasta el momento, hay una falta de estudios sobre CC y planta agrícolas en países como México (pero vea Monterroso *et al.*, 2011), que es centro de origen y diversificación de alrededor del 15% de las plantas cultivadas (CONABIO 2008).

El grano más importante a nivel mundial cuyo centro de origen es México, es el maíz (*Zea mays* L. ssp. *mays*) (FAO 2011). El maíz presenta en México alrededor de 59 razas descritas adaptadas a distintas condiciones climáticas que van desde regiones geográficas montañosas hasta climas sumamente áridos. Son utilizadas con fines distintos constituyendo un aspecto clave en la cultura Mesoamericana (Wellhausen et al. 1951; LAMP et al. 1991; Ortega Paczka et al. 1991; Sánchez Gonzáles et al. 2000). Aunque normalmente la raza no se utiliza como unidad de análisis en plantas cultivadas, en el caso del maíz se ha implementado como una manera de organizar y estudiar la enorme diversidad presente en el maíz mexicano (Anderson and Cutler 1942). Una raza de maíz puede definirse como un grupo de poblaciones que se encuentra en una región en particular y cuyos individuos comparten características únicas heredables (Hernández Xolocotzi and Alanís 1970 with modifications of Ortega Paczka 2007).

El 85% de los productores de maíz en México son de pequeña escala utilizando agrotecnología

tradicional de temporal. Dadas las condiciones en las que se crece el maíz, resulta sumamente vulnerable a las condiciones del tiempo, por lo que eventos como sequías, inundaciones y viento (que pueden verse modificadas e intensificadas por condiciones de CC (Solomon et al. 2007)) pueden afectar de manera importante su rendimiento y calidad (Conde et al. 1997; Gay et al. 2007; Luna Flores 2008). Por lo tanto, nosotros postulamos que la diversidad de razas puede ser un asunto crítico en el mantenimiento de la producción de maíz bajo condiciones de CC.

En este trabajo se utilizaron modelos de distribución para evaluar los efectos del CC sobre la distribución y diversidad del maíz. A través de estos análisis pudimos identificar las razas más vulnerables, las áreas más importantes para la conservación bajo el escenario actual y bajo escenarios de CC y encontrar área que pueda ser apta para la siembra del maíz. Los modelos de distribución hasta el momento han sido ampliamente explorados para evaluar impactos del CC sobre especies silvestres (e.g. Pawar et al. 2007; Titeux et al. 2007; Williams et al. 2007) o para encontrar nueva área de distribución potencial (ADP) (Raxworthy et al. 2003). Pero muy poco se ha explorado en organismos domesticados. A pesar de la importancia que factores sociales y económicos puedan tener sobre la distribución de los organismos domesticados, la precipitación y la temperatura son clave (Slingo et al. 2005; Gay et al. 2006). La relación planta agrícola-clima, se vuelve aún más estrecha cuando la siembra está dada bajo condiciones de temporal con agrotecnología tradicional.

### Métodos

#### Bases de datos

La base de datos georreferenciados de las razas de maíz fue obtenida de CONABIO 2010. Esta base tenía información sobre 57 de las 59 razas descritas con 13, 622 registros. Sin embargo, nos enfocamos

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

únicamente en 47 razas por las siguientes razones: 1) La diversidad genética existente dentro de una misma raza y la dificultad en delimitar una raza de otra, nos hizo sugerir que sólo aquéllas con un número mayor a 18 registros podían ser consideradas, 2) Hubieron sinónimos como Chiquito-Nal-tel y Bofo-Elotes occidentales, 3) El Cubano amarillo fue descartado por no ser de origen mexicano.

*Datos ambientales*

Los datos climáticos del escenario actual (1950-2000) y de los escenarios de CC fueron obtenidos del Centro de Ciencias de la Atmósfera (Conde et al. 2008) en [http://www.atmosfera.unam.mx/cclimat/index.php?option=com\\_content&view=article&id=44&Itemid=63](http://www.atmosfera.unam.mx/cclimat/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=63). Los escenarios futuros disponibles están regionalizados para México de los modelos de circulación general: ECHAM5/MPI, UKHADGEM1 y GDFL; para dos series de tiempo 2030 (2010-2039) y 2050 (2040-2069). El escenario de emisiones utilizado fue el A2, por ser el escenario considerado como más pesimista. Con los datos presentados en la página del CCA fue posible calcular las 19 variables bioclimáticas que se refieren a patrones extremos, anuales y de temporal del clima, utilizando la herramienta de ArcInfo aml script proporcionada por WorldClim (<http://www.worldclim.org/bioclim>). Todos los mapas están en formato raster con un tamaño de pixel de 0.09° (10 km<sup>2</sup>).

*Modelos de Distribución*

Los modelos de distribución nos permiten hacer una caracterización de la respuesta geográfica de las especies basado en registros georeferenciados y capas ambientales digitalizadas (Guisan and Thuiller 2005; Pearson and Dawson 2005; Araújo and Rahbek 2006). Una vez que se caracteriza el ambiente en el que una especie puede existir, se puede producir un mapa del ADP bajo distintas condiciones climáticas. En este estudio utilizamos 4 algoritmos implementados por el sistema de modelado Open Modeler v1.0.6. Los algoritmos utilizados fueron BIOCLIM (Nix 1986), Genetic Algorithm for Rule-set Production (GARP) con la selección de "Best subset" (Stockwell and Peters 1999; Anderson et al. 2003), Envelope Score (Nix 1986; Piñeiro et al. 2007) y Support Vector Machine (Schölkopf et al. 2001).

Se crearon un total de 25 proyecciones obtenidos por 4 algoritmos de distribución, 3 modelos de circulación general, 1 escenario de emisiones y dos series de tiempo más el escenario actual. Para integrar los 25 mapas en 3 mapas finales por raza evaluado (1 para condiciones climáticas actuales y 2 para los escenarios futuros) utilizamos un "ensamble de proyecciones" propuesto por Araújo *et al* (2007). Bajo esta propuesta, varios modelos y escenarios son combinados para identificar las áreas en las que la mayoría de los métodos concuerden en cuanto a predicción de presencia. Es una alternativa para lidiar con la incertidumbre proveniente tanto de los modelos de circulación general como de los algoritmos. Este método nos ayuda a hacer proyecciones más conservadoras y a enfocar la atención en aquéllas áreas que presentan mayor fiabilidad. Los mapas fueron ensamblados de la siguiente manera: primero todas las proyecciones obtenidas por cada uno de los algoritmos fueron sumados y el mapa fue convertido en un mapa binario de presencia ausencia utilizando como criterio las áreas en las que la mayoría de los modelos proyectaron de manera individual como presencia (3 de 4 algoritmos). De la misma manera se siguió con el ensamble de los modelos de circulación general, en los que se utilizó como criterio de presencia que coincidieran 2 de 3. Como resultado, se obtuvieron 3 mapas finales: condiciones actuales, 2030 A2, 2050 A2 y el escenario actual. Los mapas de riqueza, también fueron obtenidos a partir de la suma de mapas bajo diferentes tiempos y escenarios.

**Resultados**

Bajo condiciones actuales, 77% del país es apto para sembrar al menos una raza de maíz y se esperan reducciones en el porcentaje de área con aptitud para el maíz en el 2030 (-16%) y 2050 (-30%) bajo diferentes escenarios de emisiones (Fig. 1). A pesar de que hay decrementos generales en las ADP, también se pueden identificar respuestas diferenciales entre las 47 razas evaluadas.

*Proyecciones de vulnerabilidad de las razas de maíz al cambio climático*

Para el 2030 A2, se espera que 43 de 47 razas muestren un decremento en su ADP y sólo 4 muestren incrementos. Sin embargo, 34 razas muestran nuevas ADP para el 2030 y 2050, incluso algunas de las razas que mostraron ser de las más

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

vulnerables como Jala y Coscomatepec (Tabla 1). Las regiones del país con mayor riqueza de razas de maíz mexicano bajo condiciones actuales fueron Oaxaca, Chiapas, Jalisco, Sinaloa y la zona central de la República. En las próximas décadas, estas áreas de alta riqueza lo seguirán siendo, pero habrá importantes reducciones en el número de razas y por lo tanto en el área que estas zonas representan en la actualidad.

La mayoría de las zonas que mostraron ser potencialmente aptas en el futuro para alguna raza

se encontraron en el centro y sur del país. Pero razas como Ancho, Arrocillo, Conejo y Serrano Mixe tuvieron nueva ADP proyectada en el norte. A pesar de que en el norte no hay un área de alta concentración de razas, alrededor de 16 razas se encuentran dispersamente distribuidas y 4 más encontrarán condiciones favorables ahí en el futuro.

Por lo tanto, todo el país representa un papel muy importante para preservar la riqueza de las razas de maíz, tanto en la actualidad como en el futuro

Fig. 1 Áreas de aptitud y riqueza para las razas de maíz mexicano bajo el escenario actual y condiciones de CC.

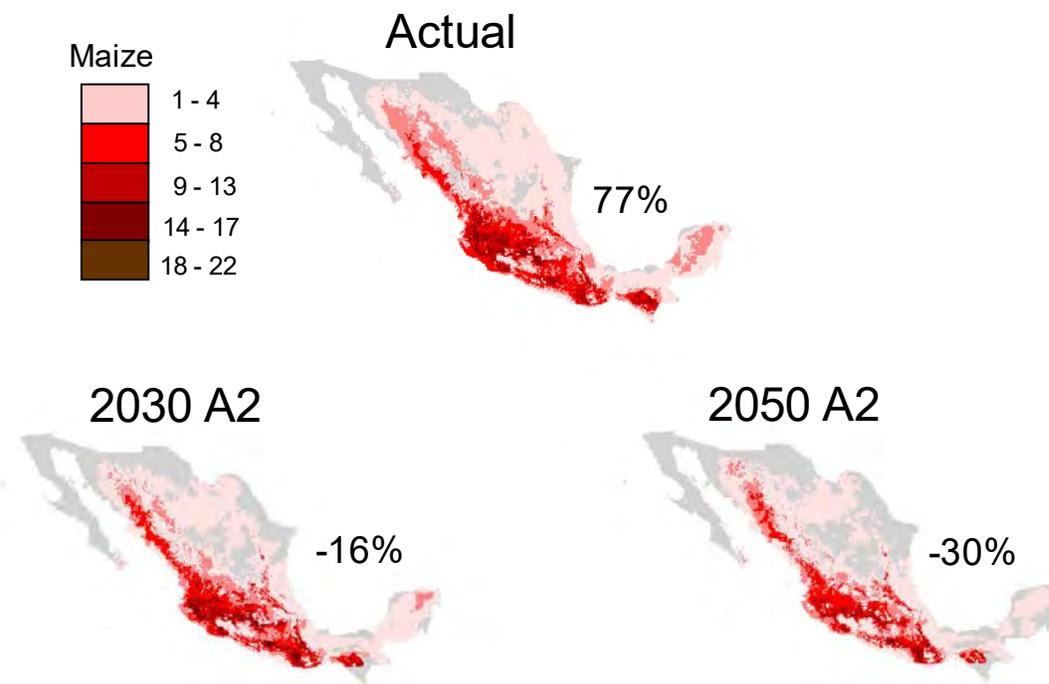


Tabla 1. Razas con mayores decrementos en sus ADP bajo escenarios de CC

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

## A2 2030

Maize	
Palomero Toluqueño	-96.82
Coscomatepec	-51.78
Jala	-50.75
Zapolote Grande	-44.33
Chapolote	-43.72

Maize	
Blando de Sonora	0.61
Conejo	6.18
Vandño	6.20
Tabloncillo Perla	12.95

## A2 2050

Maize	
Palomero Toluqueño	-99.57
Jala	-98.49
Apachito	-92.44
Chapolote	-75.99
Dzit-Bacal	-72.89

Maize	
Conejo	6.41
Vandño	10.71
Tabloncillo Perla	26.45

### Discusión

#### *Áreas prioritarias para la conservación*

El patrón de riqueza que encontramos para el maíz concuerda con los centros de origen y diversificación propuestos por Kato et al. (2009). Estas aéreas se encuentran en los estados de Oaxaca, Chiapas, Jalisco y el centro de la República Mexicana. Kato *et al.* 2009 también propusieron al estado de Chihuahua como centro de diversificación del maíz. Por lo que, a pesar de que nosotros no encontramos zonas de riqueza importantes en estados del norte, los expertos aseguran que puede haber mayor diversidad en estas áreas de la reportada hasta el momento.

Los patrones de riqueza encontrados bajo el escenario actual, se mantuvieron bajo condiciones climáticas del 2030 y del 2050. A pesar de que en el futuro las zonas de mayor riqueza permanecerán en

prácticamente los mismos sitios, presentarán reducciones significativas. Sin embargo, las reducciones en áreas potenciales de distribución fueron más evidentes en las zonas de menor riqueza (<8 razas). Se espera que en zonas de alta riqueza, si algunas razas son impactadas de manera negativa por el CC existe una mayor probabilidad de que las razas que no fueron tan impactadas o que incluso se vieron beneficiadas cubran el déficit.

Con el propósito de conservar la diversidad del maíz, se sugiere como prioridad 1) considerar las áreas de mayor riqueza (que representan el 5% del país) que contienen el 87% de las razas y 2) considerar las áreas en las que se encuentran distribuidas o en las que habrá nuevas áreas de distribución potencial para razas vulnerables. En términos de CC, también sería importante preservar

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

aquéllas razas que crecen bajo condiciones climáticas adversas.

*Vulnerabilidad*

En general, como se menciona en los resultados, se esperan reducciones en el ADP bajo escenarios de CC en el 2030 y 2050. La pérdida de área con aptitud para sembrar maíz a causa del CC ya se ha reportado en Monterroso *et al.* (2011). En este estudio se sugiere que las áreas con mayor aptitud serán las más impactadas por el CC. Nuestros resultados permiten ver que las áreas que presentaron un menor impacto negativo son las de mayor riqueza. Esta diferencia se debe a que las áreas aptas para sembrar maíz no coinciden necesariamente con las áreas en las que más se siembra maíz nativo. El proceso de domesticación ha permitido que varias razas puedan estar distribuidas en áreas que sobrepasan el umbral climático del maíz a un nivel de especie.

Un esfuerzo especial se debe llevar a cabo para preservar a aquéllas razas cuya área de distribución potencial se proyecte severamente disminuida o en peligro de desaparecer. Nuestro análisis sugiere enfocar los esfuerzos de conservación en Palomero Toluqueño, Jala, Apachito, Chapalote, Dzit-Bacal y Zapolote Grande. La colección de datos de la mayoría de estas razas se debe intensificar para poder tener proyecciones más precisas. Además, se deben considerar opciones de conservación *ex situ* en bancos de semillas e *in situ* a través de un mejoramiento participativo.

*Nuevas áreas de distribución potencial*

Se identificaron tres respuestas distintas de las razas evaluadas bajo condiciones de CC: 1) incrementos en el área de distribución potencial, 2) decrementos en el área de distribución potencial con predicciones de nuevas áreas de distribución potencial, 3) decrementos en el área de distribución potencial actual sin nuevas área de distribución potencial.

Las nuevas áreas de distribución potencial representan genuino espacio geográfico que no se ha explorado. En el contexto de este estudio, estas nuevas áreas de distribución ofrecen la posibilidad de detectar las regiones geográficas en las que se encuentran las condiciones bioclimáticas donde las

razas evaluadas pueden ser sembradas experimentalmente.

El significado de estas nuevas áreas de distribución, implica que aún cuando la temperatura y la precipitación juegan un papel fundamental para la distribución de las razas nativas, existen otros factores que pudieran también jugar un papel importante en su distribución (Brush and Perales 2007). Por ejemplo factores agronómicos y culturales como grupo étnico, manejo de plagas, y prácticas agroecológicas. Por lo tanto, este trabajo es un primer intento de acercarnos con mayor detalle a conocer la distribución geográfica presente y futura del maíz mexicano. Sin embargo, es importante la incorporación de otros factores en futuros trabajos para tener una mejor proyección de las consecuencias del CC.

Para finalizar, cabe mencionar, que nuestros resultados y por lo tanto nuestra discusión, está basada en el consenso de varias proyecciones (Araújo and New 2007). Sin embargo, los distintos algoritmos y modelos usados nos proyectan un rango de distribución más amplio del presentado en este trabajo. El ensamble nos permitió enfocarnos en las áreas que consistentemente fueron proyectadas como presencia por varios modelos.

**Conclusión**

En este trabajo encontramos evidencia de que las áreas aptas se verán reducidas bajo condiciones de CC, pero también encontramos una respuesta diferencial entre las 47 razas mexicanas dada su adaptación a diferentes condiciones ambientales (Aragón et al. 2006; Kato et al. 2009).

Se logró identificar a las razas más vulnerables y nuevas áreas de distribución potencial bajo condiciones de CC. Sin embargo, existen todavía diferentes fuentes de incertidumbre que deben ser atacadas en un futuro (datos, algoritmos de distribución y modelos de CC). Hasta el momento, si los resultados son usados e interpretados dentro de los límites del modelo, se puede obtener información valiosa.

A partir de nuestros resultados, podemos hacer un par de recomendaciones básicas para incrementar nuestro conocimiento de los posibles impactos del CC sobre el maíz: 1) verificar la clasificación de las razas existente en la base de datos más amplia del país, 2) establecer sistemas de monitoreo para las

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

razas más vulnerables, 3) acciones de conservación *ex situ* e *in situ* deben garantizarse para las razas más vulnerables, 4) tomar precauciones en las zonas de mayor riqueza y en las zonas en las que se encuentran las razas más vulnerables, 5) a través de mejoramiento participativo, empezar con siembras experimentales basándose en las nuevas áreas de distribución potencial (Aragón-Cuevas et al. 2003; Ramírez-Vega et al. 2003) y 6) identificar otros factores ambientales, biológicos o sociales que puedan estar jugando un papel en la distribución del maíz.

**Fuentes de consulta**

Anderson RP, Lew D, Peterson AT (2003) Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162(3): 211-232.

Appendini K, Liverman D (1994) Agricultural policy, climate change and food security in Mexico. *Food Policy* 19(2): 149-164.

Aragón-Cuevas F, Taba S, Castro-García FH, Hernández-Casillas JM, Cabrera-Toledo M et al. (2003) In situ Conservation and Use of Local Maize Races in Oaxaca, Mexico: A Participatory and Decentralized Approach. Proceedings of a Workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003.

Aragón F, Taba S, Hernández JM, Figueroa J, Serrano V et al. (2006) Catálogo de maíces criollos de Oaxaca; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales AyP, editor. Etna, Oaxaca, México: INIFAP.

Araújo MB, Rahbek C (2006) How does climate change affect biodiversity? *Science* 313: 1396-1397.

Araújo MB, New M (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution* 22(1): 42-27.

Bellon MR, Hodson D, Bergvinson D, Beck D, Martínez-Romero E et al. (2005) Targeting agricultural research to benefit poor farmers: Relating poverty mapping to maize environments in Mexico. *Food Policy* 30(5-6): 476-492.

Brenes-Arguedas T, Coley P, Kursar T (2009) Pests vs. drought as determinants of plant distribution along a tropical rainfall gradient. *Ecology* 90: 1751-1761.

CONABIO (2008) Diversidad biológica agrícola en México. Available: [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx). 21st of January 2011.

Conde C, Martínez B, Sánchez O, Estrada F, Fernández A et al. (2008).

Conde C, Liverman D, Flores M, Ferrer R, Araújo R et al. (1997) Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Climate Research* 9: 17-23.

Easterling WE, Aggarwal P, Batima P, Brander KM, Erda L et al. (2007) Food, fiebre and forest products. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, Van der Linden PJ, Hanson CE, editors. *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, UK: Cambridge University Press. pp. 273-313.

Esteva G, Marielle C (2007) Sin maíz no hay país. Mexico, D.F.: Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes. 346 p.

FAO (2011) Food and Agriculture Organization of the United Nations. [www.fao.org](http://www.fao.org). 25th February.

Gay C, Conde C, Villers L, Trejo I, Hernández J et al. (2007) Tercera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México, D.F. 1-41 p.

Gregory PJ, Ingram JSI, Brklacich M (2005) Climate Change and Food Security. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 360: 2139-2148.

Guisan A, Thuiller W (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8(9): 993-1009.

Hlavinka P, Trnka M, Semerádová D, Dubrovský M, Zalud Z et al. (2009) Effect of drought on yield variability of key crops in Czech Republic.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Agricultural and Forest Meteorology 149(3-4): 431-442.

Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA (2009) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp

LAMP, (Proyecto, Latinoamericano, de, Maíz) (1991): ARS-USDA, CIMMYT, Pioneer Hi-Bred International Inc., Universidad Agraria La Molina (Perú).

Lobell DB, Burke MB, Tebladi C, Mastrandrea MD, Falcon WP et al. (2008) Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. Science 319: 607-610.

Luna Flores M (2008) El cultivo de maíz en Zacatecas. Zacatecas, México: Universidad Autónoma de Zacatecas.

Nix HA (1986) A biographic analysis of Australian elapid snakes; Longmore R, editor: Canberra: Australian Government Publishing Service. 4-15 p.

Ortega Paczka R (2007) La diversidad del maíz en México Sin maíz no hay país. México, D.F.: Consejo Nacional Para la Cultura y las Artes. pp. 123-154.

Ortega Paczka RA, Sánchez Gonzáles JJ, Castillo Gonzáles F, Hernández JM (1991) Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. In: Ortega Paczka

R, Palomino H, Castillo Gonzáles F, Livera M, editors. Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de Fitogenética. pp. 161-185.

Pearson RG, Dawson T (2005) Long-distance plant dispersal and habitat fragmentation: identifying conservation targets for spatial landscape planning under climate change. Biological Conservation 123: 389-401.

Piñeiro R, Aguilar JF, Munt DD, Feliner GN (2007) Ecology matters: Atlantic-Mediterranean disjunction in the sand-dune shrub *Armeria pungens*

(Plumbaginaceae). Molecular Ecology 16: 2155-2171.

Ramírez-Vega S, Taba S, Díaz-Solís E, Díaz J (2003) Conservation and Use of Highland Maize Races in Chihuahua, México. Proceedings of a Workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003.

Randolph L (1970) Variation among tripsacum populations of Mexico and Guatemala. Brittonia 22(4): 305-337.

Ruiz Corral JA, Sánchez Gonzáles JJ, Aguilar M (2001) Potential Geographical Distribution of Teosinte in Mexico: A GIS Approach. Maydica 46: 105-110.

Ruiz Corral JA, Durán Puga N, Sánchez Gonzáles JJ, Ron Parra J, González Euiarte R et al. (2008) Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 Mexican races. Crop Science 48: 1502-1512.

Sánchez Gonzáles JJ, Goodman M (1992) Relationships among Mexican Races of Maize. Economic Botany 46: 72-85.

Sánchez Gonzáles JJ, Goodman M, Stuber CW (2000) Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. Economic Botany 54(1): 43-59.

Schölkopf B, Platt JC, Shawe-Taylor J, Smola AJ, Williamson RC (2001) Estimating the support of a high-dimensional distribution. Neural Computation 13: 1443-1471.

Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M et al. (2007) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, USA.

Stockwell DRB, Peters D (1999) The GARP modelling system: problems and solution to automated spatial prediction. International Journal of Geographical Information Science 13(2): 143-158.

Stockwell DRB, Peterson AT (2002) Effects of sample size on accuracy of species distribution models. Ecological Modelling 148(1): 1-13.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tubiello FN, Fischer G (2007) Reducing climate change impacts on agriculture: Global and regional effects of mitigation, 2000-2080. *Technological Forecasting and Social Change* 74(7): 1030-1056.

Villers –Trejo L, Trejo- Vázquez I (1998) Climate change on Mexican forests and natural protected areas. *Global Environmental Change* 8: 141-157.

Walker NJ, Schulze RE (2008) Climate change impacts on agro-ecosystem sustainability across three climate regions in the maize belt of South Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 124(1-2): 114-124.

Wellhausen EJ, Roberts LM, Hernández X, Mangelsdorf PC (1951) Razas de Maíz en México. Su origen, características y distribución. México, D.F.: Secretaría de Agricultura y Ganadería.

Wisn MS, Hijmans RJ, Peterson AT, Graham CH, Guisan A et al. (2008) Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distribution* 14: 763-773.

# **Vulnerabilidad**



## Un procedimiento de ‘interpolación’ de imágenes de satélite de la temperatura de la superficie del mar de la Laguna de Términos, Campeche.

Artemio Gallegos<sup>1</sup> Ranulfo Rodríguez<sup>1</sup> y Raymundo Lecuanda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

### Introducción.

Las imágenes satelitales de la temperatura de la superficie del mar (TSM) que registran los satélites artificiales estadounidenses que orbitan alrededor de nuestro planeta, específicamente los de la serie NOAA, son en esencia matrices de datos de la radiación electromagnética emitida por la superficie del mar. Esta radiación se mide con instrumentos *ad hoc* (radiómetros) instalados a bordo de tales plataformas aéreas (Gallegos, *et al.*, 2003). Como estos datos están georeferenciados, entonces con ellos se pueden construir series de tiempo de la TSM asociadas a cualquier punto, lugar o región geográfica de la Tierra dentro del escenario global y el intervalo de tiempo cubierto por estos satélites.

Nuestro primer propósito en el presente trabajo es construir series de tiempo de la TSM de la Laguna de Términos con la finalidad de conocer los procesos de interacción océano-atmósfera que ahí se dan, a través de análisis matemáticos específicos de series de tiempo de la huella térmica—la TSM—que estos procesos imprimen en la superficie del mar en esa región geográfica de singular interés. Y segundo, estudiar y entender, a partir de los productos obtenidos, particularidades estadísticas de la señal de la variabilidad climática de la TSM contenida en los registros de datos que se tienen de esta región geográfica.

### Estudio de caso: Laguna de Términos.

Con imágenes satelitales diarias de la TSM correspondientes al periodo de enero de 2005 a diciembre de 2008 —solamente cuatro años—, pero contaminadas con la presencia de nubes, se construyeron, en la *primera etapa de procesamiento*, las 48 ‘medias mensuales’ de estos cuatro años de registro. La forma y dimensión aproximada de esta región corresponde a un rectángulo de 70 píxeles de ancho, con orientación norte-sur, por 80 píxeles de largo, con orientación

este-oeste, cubriendo un área de 5600 kilómetros cuadrados.

Los satélites que vuelan sobre la región geográfica de los mares de México la cubren parcialmente con franjas de 800 km de ancho y 1500 km de largo que, por efecto de la rotación de la Tierra, tienen una orientación nor-noroeste o nor-noreste, según la condición de ascenso o descenso de la trayectoria del satélite con relación al polo norte. Las imágenes satelitales diarias de la TSM, en consecuencia, sólo cubren parcialmente las distintas regiones de los mares de México de manera que el registro de la TSM de un punto geográfico dado, denominado ‘pixel’ y que representa un área de aproximadamente 2 km<sup>2</sup>, no es necesariamente diario. Además está la presencia inevitable y frecuente de las nubes, que impiden el registro o medición de la temperatura de la superficie del mar (TSM) debajo de ellas. Por estas dos condiciones ineludibles es necesario promediar los valores de la TSM en una región específica para garantizar la existencia de por lo menos un valor de la TSM en cada punto (pixel) de ella. Esto se logra con la adecuada superposición de las imágenes diarias de un lapso predeterminado—una semana, una quincena o un mes, según convenga—, y asignar al pixel correspondiente el promedio de los valores que resulten superpuestos.

En este estudio se usan los promedios mensuales de la TSM porque en tal lapso la región de la Laguna de Términos resulta con una densidad razonable de datos. Aún así, es necesario estimar los valores de la TSM en una porción no despreciable de puntos (píxeles) —alrededor del 20%— que carecen de registro, en este caso con el promedio espacial de los valores vecinos de TSM.

Una vez que se tienen las medias mensuales, exentos de píxeles sin registro numérico, éstas se

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

constituyen en la base de valores para la interpolación de las imágenes diarias de la TSM de la Laguna de Términos. A las medias mensuales así construidas se les aplica un procedimiento matemático para tal fin.

**Método.**

El *primer paso* es construir, para cada pixel de la matriz que representa a la extensión geográfica de la Laguna de Términos, la serie de tiempo de 48 medias mensuales consecutivas. El *segundo paso* es la preparación de las matrices que permiten construir el modelo de la interpolación —una serie finita de Fourier— que usa las medias mensuales para obtener las imágenes diarias, interpoladas.

Las imágenes interpoladas se hacen en base a una aproximación de sumas de Fourier. Es decir, usamos los 48 valores de medias mensuales para obtener los coeficientes de la suma de Fourier que mejor se aproxime a estos valores, en el sentido de 'cuadrados mínimos' (aproximación óptima). Así, se obtienen los coeficientes de Fourier para cada pixel.

En esta etapa del procedimiento matemático (Proakis and Manolakis, 1992) emergen varias alternativas en lo que corresponde a la elección de las características transitorias (en la dimensión tiempo) de la aproximación de sumas de Fourier. Específicamente, con 4 años de medias mensuales, el período ' $T_0$ ' del 'armónico fundamental' de la Suma de Fourier es de 4 años (48 meses) y de éste se derivan los demás armónicos: ' $T_0/n$ ', con  $n=2, 3, 4, \dots, 24$ . El período más pequeño a considerar en la suma de Fourier corresponde a dos meses. Como los datos base son 'medias mensuales', el teorema de Nyquist nos señala la inconveniencia de incorporar periodos más pequeños. Es en este punto donde emerge la pregunta: de los 24 armónicos naturales de la suma de Fourier, ¿cuáles de ellos deben incluirse en la suma de Fourier? ¿Todas? Si no todas, entonces ¿cuáles? La elección de los armónicos no es sencilla porque es necesario justificar la incorporación de cada uno de ellos.

El lapso de 4 años establece el periodo fundamental de 48 meses. La suma de Fourier se ajusta automáticamente para que la función de interpolación, es decir, el modelo matemático de la variación diaria de la TSM en la Laguna de Términos, se repita exactamente en los cuatro años siguientes, y en los siguientes cuatro años, etc. De manera análoga, cada periodo armónico derivado

del fundamental que se incorpore en la suma de Fourier (modelo o interpolación) supone que éste representa un fenómeno físico (real) que tiene esa regularidad específica. Por ejemplo, el periodo anual, que en este caso es el 'cuarto armónico', i. e., ' $T_0/n = 48/4 = 12$  meses = 1 año, representa el ciclo anual de calentamiento (primavera-verano) y el de enfriamiento (otoño-invierno). Este ciclo regular pasa, en el lapso de un año exacto, por un máximo y un mínimo de intensidad de radiación solar sobre la Laguna de Términos. Este armónico es real y evidente y no hay duda de que debe incorporarse en la suma de Fourier del modelo. Pero ¿qué sucede con la incorporación de los otros periodos armónicos?

Por ejemplo, el periodo del segundo armónico es de dos años, el del tercero es de 16 meses, el cuarto es el de doce meses, ya discutido. Existen otros periodos de meses exactos: el de ocho meses, el de seis meses, el de cuatro meses y el más pequeño a considerar, de dos meses. ¿Cuáles de éstos sería razonable incorporar y porqué?

En principio, cada periodo incorporado debe representar un proceso o interacción física, y por lo tanto real, cuya característica elemental sea que durante ese periodo específico exacto éste debe pasar por un máximo y un mínimo consecutivos, en magnitud o en algún otro rasgo físico de sus propiedades.

Los procesos de interacción océano-atmósfera que más inciden sobre la TSM son los flujos verticales de calor (radiación), masa (evaporación-precipitación) y momento (esfuerzo del viento). Cada uno de estos procesos físicos tiene su propia variabilidad en tiempo y en espacio, según la situación geográfica y las condiciones climáticas de la región (Curry and Webster, 1999). Ahora bien, las regularidades contenidas en la variabilidad de los procesos antes mencionados no están plenamente documentadas o simplemente se desconocen. ¿Qué se puede hacer entonces? Parece ser inevitable especular un poco.

Se pueden incorporar algunos periodos suponiendo que el viento, tanto en intensidad como en dirección, la nubosidad y la lluvia, que condicionan la cantidad de radiación que recibe la superficie del mar, asumen valores máximos y mínimos en los periodos incorporados en la suma de Fourier, y que con esas regularidades contribuyen a la evolución temporal

## Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

neta de la TSM en cada pixel de la región geográfica bajo estudio.

En la construcción de las sumas de Fourier se eligieron las siguientes alternativas principales:

- La primera alternativa sólo incorpora los cuatro armónicos siguientes: 48, 12, 6 y 3 meses. Esta alternativa es la más simple y corta, pero tal vez sea la más cercana a la realidad.
- La segunda opción corresponde a la incorporación de los periodos con un número entero de meses: 48, 24, 16, 12, 8, 6, 4, 3 y 2; es decir, incorporar exclusivamente estos nueve periodos armónicos en la suma de Fourier.
- La tercera elección incluye los 24 periodos armónicos derivados del 'armónico fundamental' que corresponde a los cuatro años de medias mensuales, de enero de 2005 a diciembre de 2008.
- La cuarta alternativa quita el último armónico de la elección anterior y se hace evidente en el análisis de los resultados lo conveniente que resultó esta acción.

Conviene a los propósitos de este estudio considerar cada una de estas alternativas y analizar los resultados que se obtuvieron a través de cada una de ellas. La tercera y cuarta alternativas, particularmente la última, contribuyen más al análisis espectral de las series de tiempo de la TSM que a la representación física de los procesos de interacción océano-atmósfera que ahí, en la Laguna de Términos, ocurren.

La última fase de la interpolación es la construcción misma de las 1461 imágenes y su presentación secuencial, simulando la evolución diaria de la TSM de la Laguna de Términos en el lapso del 1° de enero de 2005 al 31 de diciembre de 2008.

### Resultados.

Se obtuvieron los coeficientes de Fourier para cada selección de armónicos y para cada pixel de la región de la Laguna de Términos. Con ellos se obtuvieron los valores interpolados de la TSM para cada día entre el 1° de enero de 2005 y el 31 de diciembre de 2008. A cada selección de armónicos corresponde una serie de tiempo de la TSM de 1461 puntos para cada pixel, que llamaremos 'curva

interpolada' y una serie de 1461 imágenes interpoladas.

Las curvas interpoladas se graficaron junto con los valores de las medias mensuales para algunos pixeles elegidos convenientemente. Esto se hizo con el propósito de ver y comparar la *bondad del ajuste* de las distintas alternativas de armónicos que se aplicaron.

En las siguientes cuatro figuras se muestra lo que típicamente ocurrió en cada pixel de la región de la Laguna de Términos. El propósito es que de manera visual se pueda ponderar la *bondad del ajuste* de cada selección de armónicos y así elegir cuál de ellas representa o simula mejor la evolución térmica de la Laguna de Términos durante esos cuatro años.

La figura 1 nos sugiere que, con sólo cuatro armónicos, la regularidad térmica anual es dominante sobre cualquier otra posible variación y también que se subestiman los valores extremos que puede alcanzar la TSM en esta región. Se aprecia en esta interpolación un muy leve enfriamiento de la TSM, de 0.5 °C, durante los veranos de 2005 a 2008.

La figura 2 contiene la interpolación con 9 armónicos. En ésta se puede apreciar un mejor ajuste a los valores de las medias mensuales de la TSM. Claramente la variación anual es dominante pero hay indicios claros de la contribución de otras variaciones térmicas de periodo más corto. Esta interpolación se acerca más a los valores extremos de las medias mensuales de la TSM que se registran en esta región. El enfriamiento de la TSM durante el verano, según esta interpolación, llega a ser de hasta 1.2 °C y sucede de manera distinta en cada uno de los cuatro años, con un repunte término de hasta 2.0 °C.

En la figura 3 se hace evidente que la interpolación con 23 armónicos toma el valor de casi todas las medias mensuales, es decir, la curva de interpolación pasa por casi todos los puntos a los que se debe ajustar. Así, se puede aceptar que esta es la mejor curva de interpolación. La señal anual es muy clara pero la presencia de otros periodos (armónicos) es también innegable. Cada año evoluciona térmicamente de manera diferente y tiene un distinto rango de la TSM. Se alcanzan todos los valores extremos de la TSM pero el enfriamiento de verano resulta muy distinto en cada

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

uno de los cuatro años interpolados. Y también aparecen calentamientos de la TSM durante los inviernos mucho más evidentes en esta interpolación que en las dos anteriores, armadas con menos armónicos.

La interpolación que se muestra en la figura 4 resulta ser muy singular, por increíble. Tiene sólo un

armónico más que la interpolación anterior, el que corresponde al periodo de dos meses, y con éste se rebasa la condición de Nyquist y entonces aparecen en la interpolación realizada periodos cortos dominantes, como claramente se aprecia en esta figura. Claramente esta interpolación es inútil.

Figura 1. Bondad del ajuste de la suma de Fourier con 4 armónicos.

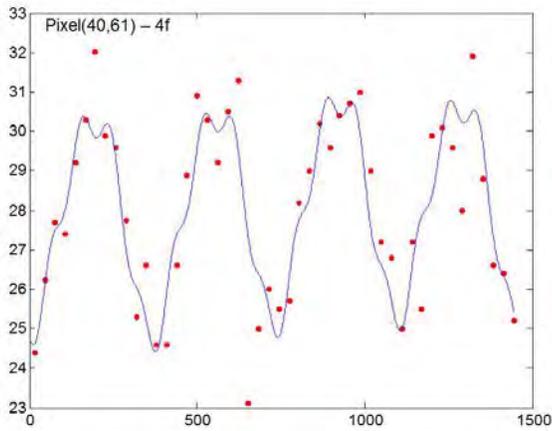


Figura 2. Bondad del ajuste de la suma de Fourier con 9 armónicos

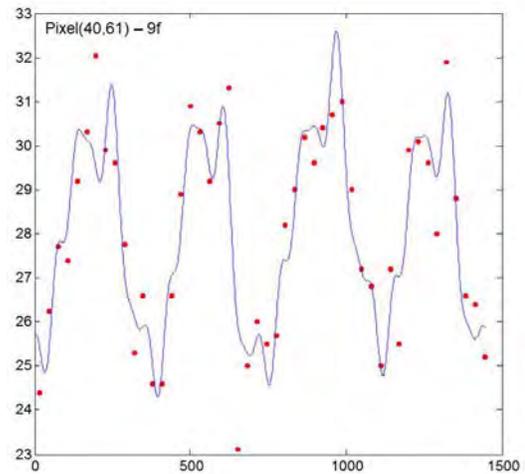


Figura 3. Bondad del ajuste de la suma de Fourier con 23 armónicos.

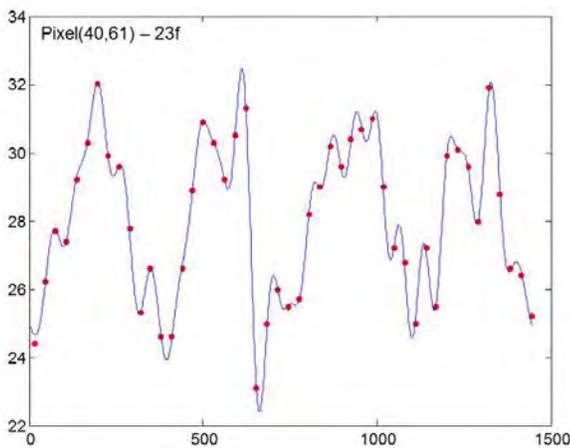
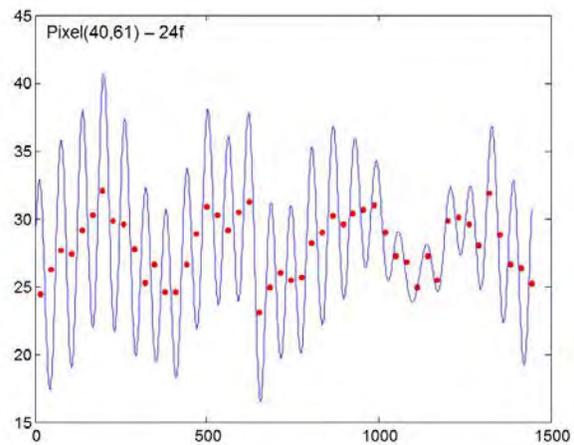


Figura 4. Bondad del ajuste de la suma de Fourier con 24 armónicos.



Discusión.

El análisis visual de la *bondad del ajuste* que se realiza con las curvas de interpolación permite elegir

**Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación**

la mejor Suma de Fourier que pueda simular la evolución térmica de la Laguna de Términos durante el periodo de 2005 a 2008. Sin embargo la elección no es tan fácil pues las imágenes de la interpolación deben tener un mínimo de ficción y apegarse lo más posible a la realidad. En este sentido las interpolaciones con 9 y 23 armónicos parecen ser más adecuadas, menos ilusorias que las otras dos. Sin embargo, la aproximación matemática que más se ajusta a las medias mensuales—la de 23 armónicos—de la TSM de la Laguna de Términos es más difícil de sustentarla en procesos físicos reales que la interpolación que tiene sólo 9 armónicos y esta, a su vez, es más simple en el cálculo de las curvas de interpolación y la construcción de las imágenes correspondientes. En virtud de que se trata de un área geográfica con una extensión geográfica relativamente pequeña se pueden usar ambas interpolaciones con un nivel aceptable de certidumbre en los valores interpolados.

**Fuentes de consulta**

Curry, J. A. and P. J. Webster, 1999: *Thermodynamics of Atmospheres and Oceans*. Academic Press, San Diego, 471 p.

Gallegos García, A., Rodríguez, R., Márquez, E. y Lecuanda, R., 2003: Temperatura de la Superficie de los Mares de México. *El Faro*, sección Asómata a la Ciencia. Boletín informativo de la CIC-UNAM, Año III, No. 30, septiembre, 2003.

Proakis, J. and D. Manolakis, *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*, New York: Macmillan Publishing Company, 1992.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

## Los litorales de la República Mexicana, son vulnerables a las trayectorias de los ciclones tropicales.

Mario Gómez Ramírez<sup>1</sup> Karina Eileen Álvarez Román<sup>2</sup> David Velázquez Torres<sup>3</sup> y Estela Guadalupe Enríquez Fernández<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, UNAM.

<sup>2</sup> Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

<sup>3</sup> Universidad de Quintana Roo.

<sup>4</sup> Universidad Veracruzana.

### Aspectos generales.

La climatología de ciclones tropicales, es una herramienta importante que contribuye a la investigación del cambio climático.

La República Mexicana al encontrarse rodeada por dos cuencas marinas como son al oriente la del Océano Atlántico Norte, que llegan sus aguas a la costa este del país, por el estrecho de la Florida al Golfo de México, por donde además circula la llamada corriente cálida del Golfo (Gulf Stream) y en el sur del mismo, se localiza la Sonda de Campeche que se considera zona ciclogénica. También ingresa el agua salina del Atlántico, a través del Mar de las Antillas, cabe señalar que la división marina entre ambos espacios marinos (Golfo de México y Mar Caribe), está en el estrecho de Yucatán. En esta vertiente son seis las entidades costeras que interactúan con estas aguas cálidas, las cuales corresponden a Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y el norte de Quintana Roo. Las aguas marinas caribeñas color turquesa, únicamente circundan la parte costera quintanarroense en el levante.

En la costa poniente, se localiza el Océano Pacífico Nororiental, que cubre la zona ciclogénica del Golfo de Tehuantepec e incursiona en el alargado Golfo de California. En esta llanura costera se localizan 11 entidades.

La extensión de litorales de la República Mexicana, es de 11,122 km y 5 127 km<sup>2</sup> corresponden a superficie insular.

Cuando estos espacios marinos reúnen las condiciones propicias de aguas cálidas, desde finales de la primavera el 15 de mayo en el Océano Pacífico Nororiental, así como el 1° de junio en el Océano Atlántico Norte y la finalización de la

temporada ya avanzado el otoño, es decir, el 30 de noviembre en ambas cuencas en combinación con la interacción de las condiciones atmosféricas, existen las posibilidades para que se formen los fenómenos marinos nombrados como ciclones tropicales.

Un ciclón tropical es un núcleo caliente de escala sinóptica no frontal, que se origina sobre aguas tropicales a partir de 5° de latitud norte o subtropicales, además presenta una convección organizada y profunda, así como una circulación cerrada de los vientos de superficie sobre un centro bien definido que gira en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio septentrional. Una vez formado, un ciclón tropical se mantiene por la extracción de energía térmica del océano de una temperatura alta de por lo menos 27 °C y la exportación de calor latente a la troposfera superior. En esto se diferencian de los ciclones extratropicales, que derivan su energía de la temperatura horizontal contrastes en la atmósfera (efectos baroclínicos). (National Hurricane Center, NOAA)

En la ciclogénesis el fenómeno marino desarrolla vientos sostenidos de fuerza extraordinaria que con la medición de dichos vientos, es la forma que se emplea para clasificarlos. Los ciclones tropicales de alcanzar una evolución, llegan a desarrollar tres etapas. La primera es la que se denomina como depresión tropical, en la cual el sistema reúne vientos máximos sostenidos menores a 62 km/h; si el ciclón tropical continúa fortaleciéndose e incrementa la fuerza eólica y es mayor a los 63 km/h, pero no supera los 118 km/h, se le denomina tormenta tropical. Cuando alcanza esta etapa, se le asigna un nombre con base a la lista previamente establecida para la cuenca y a la temporada correspondiente, el cual ya no perderá hasta su

## Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

disipación. El fenómeno entra en la tercera etapa, si adquiere un incremento en la velocidad de los vientos y rebasa los 118 km/h, evoluciona a huracán. A partir de esta etapa, se tienen consideradas cinco categorías para clasificar a los huracanes al contar como referente la escala Saffir-Simpson, como se muestra en el cuadro 1.

El 53% de las entidades localizadas en las llanuras costeras del país, así como los espacios insulares, son vulnerables a los embates de las trayectorias que desarrollan los ciclones tropicales cada temporada.

Los estados con litoral constituyen la puerta de entrada de los ciclones tropicales y también lo son, en buena parte, para las entidades interiores del territorio nacional que tampoco escapan a este riesgo.

Los ciclones tropicales en cualquiera de sus etapas, representan un peligro en principio para las zonas costeras, pero no debe descartarse que cuando el fenómeno marino tiene la suficiente energía, también puede avanzar por la parte continental y rebasar las imponentes barreras montañosas paralelas a los litorales del país y causar daños, así como pasar de una vertiente a otra. La climatología de ciclones tropicales, es una herramienta que sirve de apoyo para señalar que los litorales de la República Mexicana, son vulnerables a los ciclones tropicales.

Entre la variabilidad climática, se encuentra el fenómeno de El Niño y la Niña, los cuales se forman en el Pacífico tropical ecuatorial y son una anomalía positiva de la temperatura superficial del agua marina en el caso del episodio cálido y una ATSM negativa en el caso del enfriamiento. Cuando ocurre El Niño, existen las condiciones de que en el Pacífico Nororiental, se formen un mayor número de ciclones tropicales y el Océano Atlántico disminuye la formación de estos fenómenos marinos. Pero es de *facto*, que los ciclones tropicales se formen cada temporada a pesar de que no se tenga la presencia de El Niño.

### Metodología.

En este trabajo se analizaron las bases de datos y cada una de las trayectorias de los ciclones tropicales del Océano Atlántico y Océano Pacífico disponibles en Internet del Weather Unisys. También se consultaron algunas fuentes bibliográficas y finalmente se eligieron algunas

trayectorias de los ciclones tropicales que impactaron a la República Mexicana y se elaboró la cartografía correspondiente.

### Resultados.

Las trayectorias probables de arribo de los ciclones tropicales a las costas de la República Mexicana son heterogéneas, pero entre las principales se encuentra las siguientes:

En la parte oriental del Atlántico Norte, se forman los peculiares ciclones tropicales tipo “Cabo Verde” en las cercanías de islas volcánicas del mismo nombre y que pueden alcanzar trayectorias sumamente largas y adquirir una intensidad considerable, pero no son frecuentes los impactos de estos en la línea litoral este del país. En cualquier sitio del golfo de México, pueden formarse los ciclones tropicales y en el sur de este espacio marino, se localiza una zona ciclo genética denominada sonda de Campeche. También tienen su origen estos fenómenos de fuerza considerable, en la vertiente del mar Caribe, los cuales pueden pasar por la península plana calcárea yucateca, así como por el estrecho de Yucatán, entrar a la llanura costera este o continuar por las aguas cálidas del Golfo de México. Las trayectorias ciclónicas que se originan en ambos ambientes, por lo regular impactan en la costa oriental del territorio nacional. Esporádicamente, algunos ciclones tropicales penetran por el sur de los Estados Unidos de América y causan daños a los estados del norte del país. Asimismo, otros pueden atravesar la parte continental de la República Mexicana de este a oeste y llegar a la vertiente opuesta.

Los ciclones tropicales en la cuenca de Pacífico Nororiental por lo común, se forman en latitudes bajas, propiamente en el golfo de Tehuantepec considerado como una “alberca caliente” en la estación cálida del año. Se localiza frente al litoral de Oaxaca y Chiapas, comúnmente adquiere condiciones suficientes en cuanto a la temperatura superficial del mar y forma otra importante zona ciclo genética.

A medida que se asciende en latitud, las posibilidades de formarse los ciclones tropicales van reduciéndose, aunque el transporte de calor por parte de la corriente norecuatorial contribuye a mantener aguas cálidas, pero la influencia de la corriente fría de California que circula de latitudes altas, se contrapone al debilitar las posibilidades en el Pacífico Norte mexicano.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Los ciclones tropicales llegan a seguir trayectorias distintas en el Pacífico mexicano, entre otras, que se formen en el Golfo de Tehuantepec, asciendan

en latitud e ingresen a la parte continental de la costa poniente de la República Mexicana, tanto en el Pacífico Sur y central mexicano, al rebasar las Sierras Madres de Chiapas y del Sur.

Cuadro 1. Entidades por vertiente.

	<i>Pacífico Golfo de California</i>	<i>Golfo de México y Mar Caribe</i>	Longitud de la línea de costa en km
1	Baja California		1,555
2	Baja California Sur		2,705
3	Sonora		1,208
4	Sinaloa		640
5	Nayarit		300
6	Jalisco		342
7	Colima		139
8	Michoacán		247
9	Guerrero		485
10	Oaxaca		598
11	Chiapas		256
12		Tamaulipas	458
13		Veracruz	745
14		Tabasco	184
15		Campeche	523
16		Yucatán	342
17		Quintana Roo	865

Fuente: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/default.aspx?tema=me>

Cuadro 2. Etapas y categorías de los ciclones tropicales.

Tipo	Etapas y/o Categoría	Presión en milibares mb	Vientos máximos en nudos	Vientos máximos en km/h	Marea de tormenta en m
Depresión Tropical	Depresión Tropical (D.T)		< 34	62	
Tormenta Tropical	Tormenta Tropical (T.T)		34 – 63	63 – 117	
Huracán	H. 1	> 980	64 – 82	118 – 152	1.2192 – 1.524
Huracán	H. 2	965 - 980	83 – 95	153 – 176	1.8288 – 2.4384
Huracán	H. 3	945 - 965	96 – 112	177 – 208	2.7432 – 3.6576
Huracán	H. 4	920 - 945	113 - 135	209 – 250	3.9624 – 5.4864
Huracán	H. 5	< 920	> 135	> 250	> 5.4864

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 3. Cuenca de origen de la formación de ciclones tropicales y litorales que llegan a impactar.

Cuenca	Lugar de formación	Litorales que llegan a impactar
Océano Atlántico Norte	Cabo Verde	Mar Caribe y Golfo de México
	Centro	Mar Caribe, Golfo de México, frontera con Belice y Guatemala. Pacífico Nororiental
	Occidente	Mar Caribe, Golfo de México, frontera con Belice y Guatemala. Pacífico Nororiental
	Estrecho de la Florida	Golfo de México
Golfo de México	Norte	Norte, centro y frontera con Estados Unidos de América
	Centro	Norte, centro, sur y frontera con Estados Unidos de América
	Sur (Sonda de Campeche)	Norte, centro, sur y frontera con Estados Unidos de América
		Pacífico Nororiental
Mar Caribe	Mar de las Antillas	Mar Caribe, Golfo de México y frontera con Belice y Guatemala.
		Pacífico Nororiental
		Golfo de California
	Pacífico norte	Pacífico norte
		Pacífico central
		Golfo de California
		Archipiélago de las Revillagigedo
Pacífico Nororiental	Pacífico central mexicano	Golfo de Tehuantepec
		Pacífico norte
		Golfo de México
		Archipiélago de las Revillagigedo
	Golfo de Tehuantepec	Pacífico norte mexicano
		Pacífico central mexicano
		Pacífico sur
		Golfo de California
		Archipiélago de las Revillagigedo
		Golfo de México

En ocasiones se desplazan paralelos a la planicie costera del Pacífico central mexicano y curvan al este hasta superar el relieve montañoso de la Sierra Madre Occidental e inclusive logran penetrar a la zona árida septentrional del país. Cuando continúan bordeando la línea litoral, incursionan por el sur del alargado Golfo de California e impactan en los estados que lo bordean; otras veces, siguen una trayectoria distante de llanura costera y cambian de dirección por la parte occidental de la península de Baja California, en algunos casos logran atravesarla, siguen por el Mar de Cortés y entran al litoral de Sonora o norte de Sinaloa.

En menor medida, algunos ciclones tropicales arriban con suficiente intensidad, avanzan por las aguas frías de la costa oeste de la península bajacaliforniana y llegan a tierra en las entidades que la conforman. También se presentan

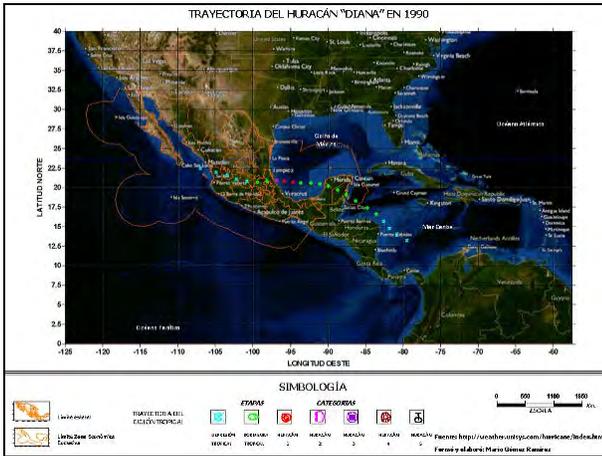
trayectorias paralelas a la línea costanera del Pacífico mexicano que sin entrar a tierra, causan daños. En la parte central del Pacífico mexicano, es común que los ciclones tropicales también se formen o que cambien de rumbo al occidente, alejándose el peligro de la parte continental, pero que ponen en riesgo al espacio insular.

En ambas vertientes las islas mexicanas, tienen riesgo de ser impactadas, por las trayectorias que siguen los ciclones tropicales. En forma resumida, se muestra la cartografía de las trayectorias de los ciclones tropicales que han impactado los litorales del territorio nacional. (Mapas 1-20 y cuadro 3).

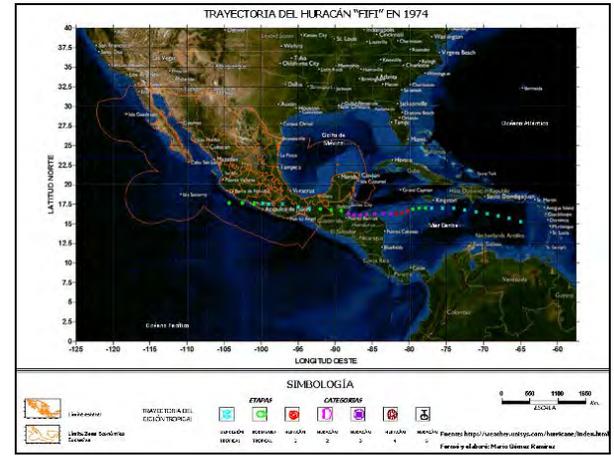


Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

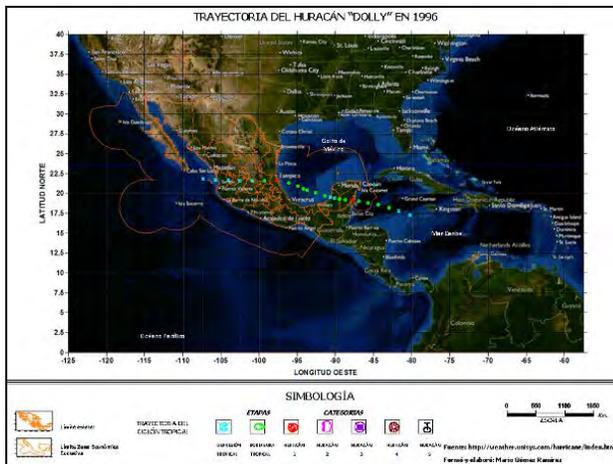
Mapa 5. Trayectoria del huracán “Diana”, se formó en el Mar Caribe en 1990.



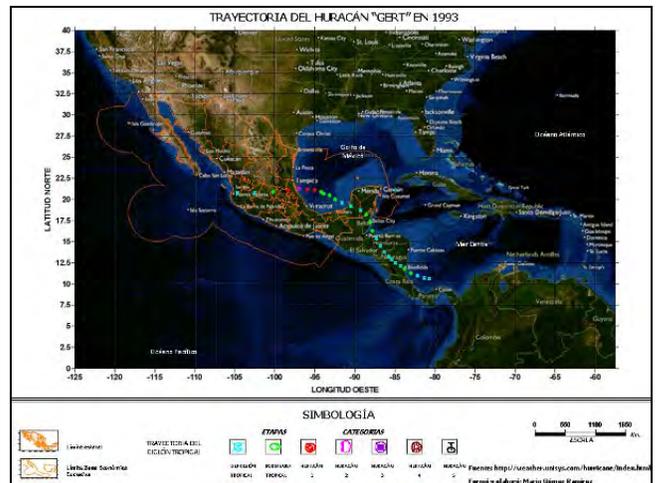
Mapa 7. Trayectoria del huracán “Fifi”, se formó en el Mar Caribe en 1974.



Mapa 6. Trayectoria del huracán “Dolly”, se formó en el Mar Caribe en 1996.

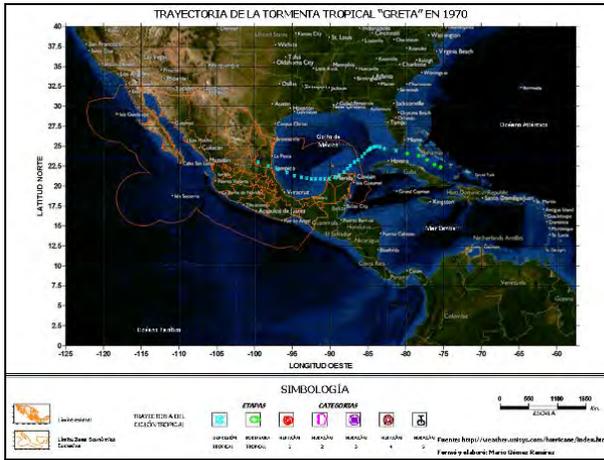


Mapa 8. Trayectoria del huracán “Gert”, se formó en el Mar Caribe en 1993.

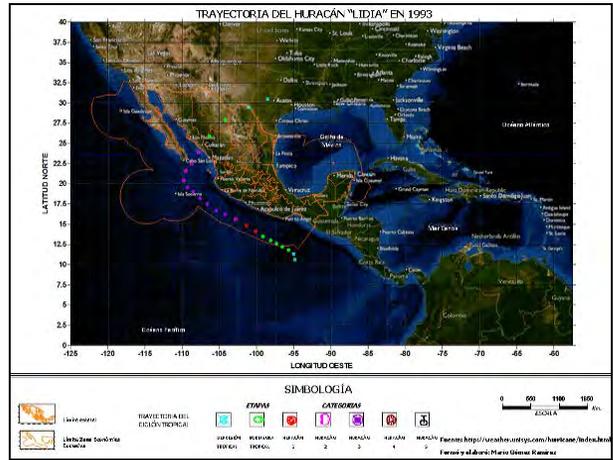


Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

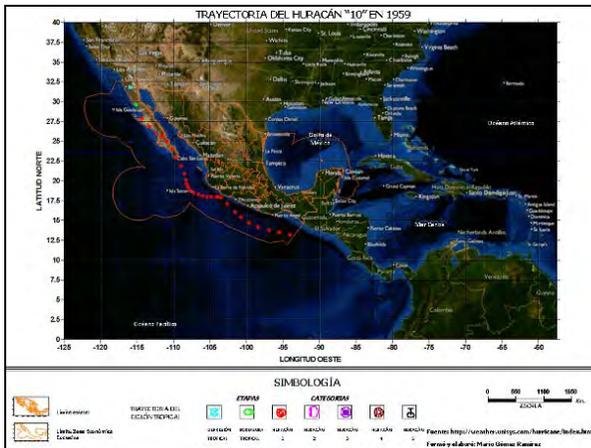
Mapa 9. Trayectoria de la tormenta tropical “Greta”, se formó en el Océano Atlántico Norte en 1970.



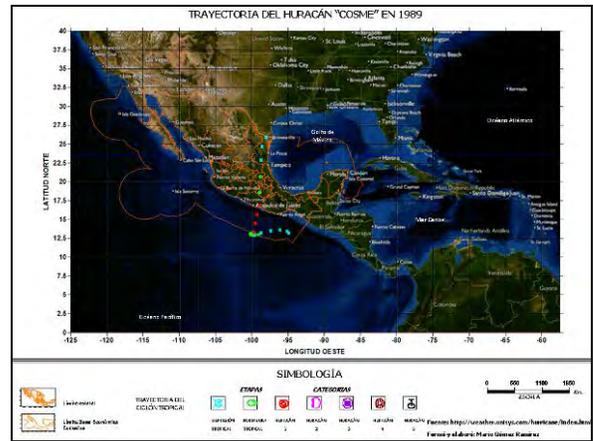
Mapa 11. Trayectoria del huracán “Lidia”, se formó en el Océano Pacífico Noroccidental en 1993.



Mapa 10. Trayectoria del huracán “10”, se formó en el Golfo de Tehuantepec en 1959.

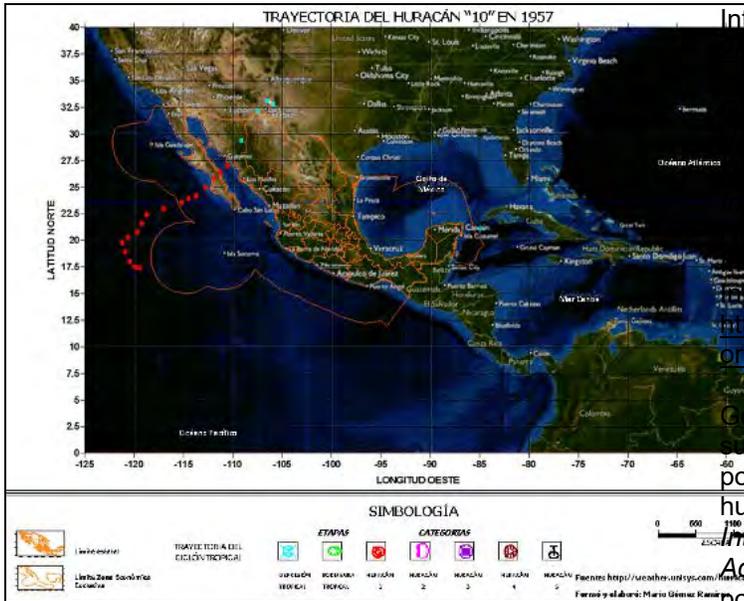


Mapa 12. Trayectoria del huracán “Cosme”, se formó en el Golfo de Tehuantepec en 1989.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Mapa 13. Trayectoria del huracán "10", se formó en el Océano Pacífico Norte en 1957.



**Fuentes de consulta**

Gómez, R.M. "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, 1999, 798 p.

Gómez, R.M. "Ciclones tropicales que entraron a la península de Yucatán de 1970 a 1995", *Revista Geográfica*, No. 124, 1999, pp. 153-172.

Gómez, R.M. "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), 2006, consultada por Internet el 29 de julio del 2011. Dirección de Internet: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-15.htm>.

Gómez, R.M. "Los ciclones tropicales un riesgo para el turismo en Quintana Roo", *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, No. 8, 2007, consultada por Internet el 30 de agosto del 2011. Dirección de Internet: [http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/mgr\\_ciclones.htm](http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2007/mgr_ciclones.htm).

Gómez, R.M. "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, 2008, 91, consultada por Internet el 29 de agosto del 2011. Dirección de Internet: [http://www.ugm.org.mx/pdf/geos08-sesiones\\_regulares/CCA.pdf](http://www.ugm.org.mx/pdf/geos08-sesiones_regulares/CCA.pdf).

Gómez, R.M. "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 Comunicaciones*, 2009, 658-668, consultada por Internet el 18 de mayo del 2011. Dirección de Internet: <http://www.uv.mx/congresoamcath/documents/MemoriasProceedings02Jun09.pdf>.

Gómez, R.M. "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. pp. 2-8, consultada por Internet el 26 de agosto del 2011. Dirección de Internet <http://congreso.academijournals.com/downloads/Vol%20VII%20Ciencias%20y%20Matematicas.pdf>.

Gómez, R.M. "Distribución de la anomalía de la temperatura del mar en la costa veracruzana durante la evolución de "El Niño" 2009", *Memorias. Congreso Internacional de Investigación de Academia Journals.com* 2009. pp. 9-14, consultada por Internet el 27 de agosto del 2011. Dirección de Internet <http://congreso.academijournals.com/downloads/Vol%20VII%20Ciencias%20y%20Matematicas.pdf>.

Gómez, R.M y Álvarez, K.E. "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, 2005, 57-80.

Gómez, R.M y Álvarez, K.E. "Variación de la temperatura del mar que propició el ciclón tropical "Marco" durante la trayectoria que siguió por el sur del Golfo de México en el 2008", *GEOS* (en línea), Vol. 29, No. 1, 2009, 4, consultada por Internet el 26 de agosto del 2011. Dirección de Internet: <http://www.ugm.org.mx/ugm/geos/2009/vol29-1/geos29-1.pdf>.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, consultada por Internet el 11 de agosto

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

del 2011. Dirección en Internet [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/chis/ubic\\_geo.cfm?c=1203&e=07&CFID=2601618&CFTOKEN=35064130](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/chis/ubic_geo.cfm?c=1203&e=07&CFID=2601618&CFTOKEN=35064130).

Gómez, R.M., Gómez, A.Y., Gómez, A. E., y Enríquez, F. E. "Seguimiento de los remanentes del huracán "Dolly" en el estado de Chihuahua, mediante imágenes de satélite entre el 25 al 26 de julio de 2008", *Memorias. Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com Cd. Juárez* 211. pp. 190-195, consultada por Internet el 18 de agosto del 2011. Dirección de Internet <http://juarez.academiajournals.com/downloads/AJ%20Congreso%20Juarez%20G-L.pdf>.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, consultada por Internet el 2 de septiembre del 2011. Dirección en Internet <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datos/geogra/extterri/frontera.cfm?c=154>.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, consultada por Internet el 24 de agosto del 2011. Dirección en Internet <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/default.aspx?tema=T>.

National Oceanic and Atmospheric Administration. National Hurricane Center, consultada por Internet el 30 de agosto del 2011. Dirección en Internet <http://www.nhc.noaa.gov/pastall.shtml>.

National Oceanic and Atmospheric Administration. National Hurricane Center, consultada por Internet el 30 de agosto del 2011. Dirección en Internet <http://www.nhc.noaa.gov/pastall.shtml>.

Unisys Weather Hurricane, consultada por Internet el 8 de agosto del 2011. Dirección en Internet <http://weather.unisys.com/hurricane/index.php>.



## Metodología para valorar índices de vulnerabilidad ante el cambio climático y acciones de compensación en las costas de Tamaulipas

M. A. González Turrubiates<sup>1</sup> Haces Zorrilla<sup>1</sup> y L. Rangel Blanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Estudios de Posgrado e Investigación.  
Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller”.  
Centro Universitario Tampico-Madero, Tamaulipas.

### Introducción.

A pesar de las incertidumbres acerca del cambio climático futuro, el calentamiento global es ya innegable. 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 constata lo que ya muchos investigadores a nivel mundial habían indicado sobre el impacto que el cambio climático tendría sobre los recursos hídricos.

En este documento, 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. Indican, además, que 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, 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 este sentido, y en lo que respecta a México, buena parte de su territorio se ubica dentro de esas regiones secas, en donde ya se está observando una disminución del escurrimiento medio anual y de la disponibilidad de agua (Mendoza et al, 1997; Gay, 2000).

En consecuencia a las tendencias predichas y observadas 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 aumento en el riesgo de inundaciones, y por otra, el

incremento del riesgo de sequías; y en consecuencia, la disponibilidad de agua afectada por la disminución de su cantidad y calidad a causa precisamente de escorrentías intensas o falta de agua para dilución.

Estos efectos y otros más que se están observando empiezan a crear conflictos entre los usuarios de agua, que impactan en los sectores de desarrollo socioeconómico de los países.

En consecuencia es necesario evaluar la “vulnerabilidad” de los países ante este cambio y, diseñar estrategias de adaptación. Y es precisamente en este sentido que esta investigación se aboca a la búsqueda y valoración de índices de vulnerabilidad a partir de los cuales se establezcan criterios que establezcan las implicaciones potenciales del cambio climático con respecto a la disponibilidad del agua en las cuencas hidrológicas costeras y en los sectores de desarrollo socioeconómicos que en ellas se tienen.

### Marco Conceptual.

Para la International Strategy for Disaster Reduction (ISDR, 2001), la vulnerabilidad “es el conjunto de condiciones y procesos resultantes de factores físicos, sociales, económicos y ambientales que incrementan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de riesgos potenciales”. Bajo este contexto la vulnerabilidad ante el cambio climático global está referida al riesgo de un evento fenomenológico del clima y a la fragilidad de los elementos expuestos.

Por otra parte, y, en términos de vulnerabilidad hídrica, el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos está asociado al peligro del fenómeno climático que depende de cuatro elementos. El primero elemento corresponde al propio fenómeno climático y que tiene que ver con su intensidad, frecuencia y duración (aumento o disminución de la precipitación). El segundo

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

elemento corresponde a la capacidad de atenuación natural de la cuenca, es decir su hidrodinámica natural. El tercero, y como consecuencia de los dos anteriores, tiene que ver con los cambios en el volumen y calidad de los flujos de agua superficial y subterránea, de las descargas de agua de dichas corrientes. Y, finalmente el cuarto elementos que tiene que ver con las actividades antropogénicas: los usos del suelo, la demanda y el nivel de extracción del recurso (doméstico, agrícola, ganadero, industrial, etc.).

En México, la disponibilidad media de agua por habitante se ha reducido en un 66% en 50 años, de 11 500 m<sup>3</sup> anuales en 1955 a 3 822 m<sup>3</sup> en 2005. Y en tan sólo en 5 años, su reducción ha sido del 22 %, 4 900 m<sup>3</sup> en el 2000 y 3 822 m<sup>3</sup> en el 2005. Por otra parte, si el régimen de precipitación pluvial no se modifica sustancialmente, y considerando exclusivamente el crecimiento poblacional se espera que las disponibilidades medias sean de 3 610 m<sup>3</sup> en el 2012, de 3 285 m<sup>3</sup> en el 2030 y de 3 260 m<sup>3</sup> en 2050 (SEMARNAT, 2009). No obstante, las proyecciones del clima indican que conforme evolucione el calentamiento global, las precipitaciones sean menores y con mayor concentración, por tanto la disponibilidad media anual de agua por habitante se verá disminuida en forma más acelerada, especialmente en las regiones áridas y semiáridas del país.

Además, la sobreexplotación de acuíferos, la falta o el inadecuado tratamiento del agua urbana e industrial, la falta o poca práctica de tecnologías eficientes en el sector agrícola, entre otros factores que deterioran la cantidad y calidad de agua, aumentan el grado de vulnerabilidad futura del recurso hídrico. Por lo que la preservación del recurso hídrico dependerá en gran medida de la forma en que se aplique su gestión y manejo, así como de los programas de mitigación y adaptación al cambio climático en cada sector de desarrollo socioeconómico que se genera en la cuenca.

A nivel global se han desarrollado una gran variedad de indicadores e índices para valorar la vulnerabilidad ante el cambio climático, los cuales han sido desarrollados para aplicarse en diferentes contextos. Sin embargo, la mayoría de estos índices se han desarrollado para valorar la vulnerabilidad a nivel nacional con el fin de poder comparar diferentes países (Brenkert y Malone, 2005; Yohe et al, 2006).

Tres índices claves de vulnerabilidad subyacente ó “social” y de especial pertinencia hacia los recursos hídricos, son el Índice de Pobreza de Agua (Water Poverty Index ó WPI; Lawrence et al, 2002), el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (Climate Vulnerability Index, ó CVI; Sullivan y Meigh, 2005), y el Índice de Vulnerabilidad Social (Social Vulnerability Index ó SVI; Vincent, 2004). Estos índices están enfocados en la selección subjetiva de indicadores basados en estudios y datos empíricos de los factores que generan vulnerabilidad frente a la escasez del agua, sin embargo, no incluyen ninguna información acerca de cambios proyectados en el clima, y se construyen a partir de datos relacionados con las actuales condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales.

En lo que respecta a México, recientemente la SEMARNAT ha publicado el “Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático”. En este documento Rivas et al (2010), precisan sobre el estudio y caracterización de la vulnerabilidad hídrica global para aguas superficiales en el territorio nacional con base en la generación de escenarios climáticos. Su evaluación consiste en la estimación del escurrimiento superficial considerando la variación en la precipitación futura a causa del cambio climático y a partir del cambio en los escurrimientos aplican la definición de vulnerabilidad definida por el IPCC para identificar las regiones más vulnerables.

**Área de estudio.**

El área de estudio de este proyecto corresponde a las subcuencas hidrológicas que riegan el territorio costero del Estado de Tamaulipas y que se ubican dentro de las Regiones Hidrológicas RH 24: Río Bravo-Conchos, RH 25: Río San Fernando-Soto La Marina, y RH 26: Río Pánuco (Figura 1).

La Tabla 1, muestra la relación de las cuencas y subcuencas consideradas para este estudio, indicando además su superficie, el número de localidades y población que albergan. La superficie total de estudio corresponde a 42 191.64 Km<sup>2</sup>, con un total de 1 637 657 habitantes en 3 890 localidades.

**Propuesta metodológica.**

Partiendo de la metodología desarrollada por Rivas et al (2010) se formula la presente propuesta, que busca ayudar a la valoración de la vulnerabilidad en

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

las cuencas hidrológicas costeras ante el cambio climático en materia de disponibilidad de agua.

Previo a la valoración de la vulnerabilidad, se evaluará la disponibilidad de agua considerando la variación futura de la precipitación bajo los escenarios de cambio climático A1B y A2 del IPCC, y considerando un horizonte a cada 10 años para el periodo 2010-2060.

La vulnerabilidad y la capacidad de respuesta de un ecosistema natural como las cuencas hidrológicas dependen del estado de sensibilidad y/o fragilidad del propio ecosistema, toda vez que su capacidad de defensa reside en la organización espacial de su estructura geomorfológica y sus elementos expuestos. Por estos motivos, y además teniendo en cuenta el carácter multifacético de la vulnerabilidad y el riesgo asociado con el cambio climático, esta debe ser dimensionada de acuerdo con la escala espacial y social considerada. Asimismo, las variables que describan la vulnerabilidad deberán mostrar ser una clara descripción de las características del estado y la capacidad de respuesta de contexto particular en estudio; considerando la exposición y fragilidad física, social, económica, financiera, ambiental y la falta de resiliencia.

Figura 1. Área de estudio: subcuencas costeras de Tamaulipas y localidades que albergan

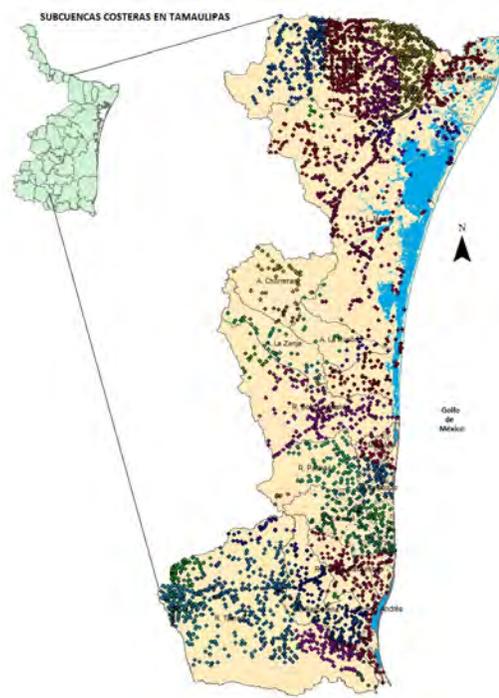


Tabla 1. Cuencas y Subcuencas Costeras del Estado de Tamaulipas.

Cuenca/Subcuenca	Superficie(km <sup>2</sup> )	Localidades	Población
<b>Cuenca: Río Bravo-Matamoros-Reynosa</b>			
RH24Aa: Río Bravo-Reynosa	1 689.72	206	456 005
RH24Ab: Río Bravo-Matamoros	5 788.51	1 135	218 287
<b>Cuenca: Laguna de San Andrés-Laguna Morales</b>			
RH25Aa: Laguna San Andrés	785.38	114	127 747
RH25Ac: Río Tigre	1 040.33	4	348
RH25Ab: Río Barberena	1 879.58	213	19 091
RH25Ad: Río Carrizal	1 615.02	185	6 677
RH25Ae: Arroyo Calabozo	690.57	110	1 804
RH25Af: Laguna Morales	429.3	41	363
<b>Cuenca: Río Soto La Marina</b>			
RH25Ba: Río Soto La Marina	3 508.74	200	16 991
RH25Bc: Arroyo La Zanja	1 228.12	51	10 034
RH25Bk: Río Palmas	1 704.66	103	2 590
<b>Cuenca: Laguna Madre</b>			
RH25Ca: Laguna Madre	11 280.52	591	39 930
RH25Cb: Arroyo La Misión	961.53	27	822
<b>Cuenca: Río San Fernando</b>			
RH25Dg: Arroyo Chorreras	1 862.25	51	2 569
<b>Cuenca: Río Tamesí</b>			
RH26Ba: Río Tamesí	7 727.41	859	734 399

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

A continuación se enlistan y se describen las variables seleccionadas para valorar la vulnerabilidad hídrica en las cuencas hidrológicas, las cuales se agruparán en tres categorías o clases: el grado de exposición, el grado de susceptibilidad o sensibilidad y la capacidad de adaptación.

*Grado de Exposición.* El grado de exposición representa la magnitud y escala de variación del clima al cual se esté expuesto. En términos generales implica el grado de exposición al riesgo de sufrir cambios en la disponibilidad de agua debido a la variación de las precipitaciones. Para el análisis de esta categoría se identificaron tres índices: 1) Índice de Precipitación ante el Cambio Climático ó IPCC, busca identificar las cuencas amenazadas por la variación o el cambio en las precipitaciones; 2) Índice de Escurrimiento Superficial y Subterráneo ante el Cambio Climático ó IESSCC, representa la fracción en la cual disminuirá el escurrimiento medio anual en relación al volumen histórico de escurrimiento; y 3) Índice de Disponibilidad de Agua ante el Cambio Climático ó IDACC, que determina la fracción en la cual disminuirá la disponibilidad de agua media anual que podrá ser aprovechada.

*El grado de susceptibilidad o sensibilidad* captura el contexto sobre el cual habrá impacto directo 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 que cumplen mejor esa función son los que reflejan los segmentos más susceptibles como la población, sectores de producción, cultivos frágiles, patrimonios esenciales (reservas ecológicas) y actividades humanas. También se pueden considerar indicadores de tasas de crecimiento y densificación urbana, agrícola, ganadera e industrial. Para efecto de esta categoría se han identificado dos indicadores: 1) Población Expuesta, representada por el número de habitantes susceptibles de verse afectados por la falta de disponibilidad de agua y 2) Índice de Consumo de Agua ó ICA, representado por el tipo de aplicación o uso del agua (urbano, agrícola, industrial, energía, etc.), identifica y evalúa la escasez de agua priorizando las necesidades del recurso hídrico, permite monitorear la situación de la sociedad que enfrenta la escasez de agua con el objetivo de

diseñar políticas públicas para la gestión y manejo del recurso.

*Capacidad de Adaptación.* Esta categoría busca representar la capacidad de adaptación de los elementos expuestos a las alteraciones en la disponibilidad de agua. Esta capacidad en su conjunto debe buscar representar el grado de resiliencia de la cuenca ante un decremento en la disponibilidad de agua debido al cambio climático. Para efectos de análisis de esta categoría se han considerado tres indicadores: 1) Índice de Explotación de los Acuíferos ó IEA, representado por el grado de explotación de los acuíferos: sub-explotados (recarga natural por precipitación mayor a la extracción) y sobre-explotados (donde sucede lo contrario); 2) Índice de Marginación Social ó IMS, representa el grado de infraestructura urbana que permite enfrentar de mejor manera los efectos adversos del cambio climático; y 3) Índice de Reutilización de Agua, representa el esfuerzo de sustentabilidad e indica el porcentaje de reutilización del agua.

Finalmente, y para la aplicación de la metodología, esta se realizará en cuatro pasos secuenciales: 1) se identifican las variables previamente descritas, 2) se calculan los índices respectivos y se normalizan, 3) se asignan pesos específicos y finalmente 4) se calcula la vulnerabilidad global.

La asignación de pesos específicos o prioridades se realizará con base en un Analytic Hierarchy Process (AHP) desarrollado por Saaty (2001), el cual es un procedimiento matemático general utilizado en la toma de decisiones que discretiza un problema en elementos de decisión. Por tanto, el Índice de Vulnerabilidad Global queda definido como:

$$IVG = \sum_{i=1}^p w_i \times I_i$$

Dónde:  $I_i$  son los indicadores de vulnerabilidad y  $w_i$  el peso para cada indicador y  $p$ , es el número total de indicadores. La Tabla 2 describe el grupo de indicadores que se han identificado como variables de la vulnerabilidad ante el cambio en la disponibilidad del agua.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tabla 2. Guía de indicadores para la valoración de la vulnerabilidad ante cambio climático debido a la disponibilidad de agua en las costas de Tamaulipas.

Categoría/Indicador	Elaboración/Fuente
<b>Grado de Exposición</b>	
1. $IP_{CC}$ : Índice de Precipitación ante el Cambio Climático	de $P_{AE}$ : Precipitación Anual Estimada (mm). $P_{AH}$ : Precipitación Anual Histórica (mm).
$IP_{CC} = 1 - \frac{P_{AE}}{P_{AH}}$	Si $IP_{CC} = 0$ Indica que no hay cambio en la precipitación. Si $IP_{CC} > 0$ Indica una reducción en la precipitación.
	Rivas <i>et al</i> (2010)
2. $IESS_{CC}$ : Índice de Ecurrimiento Superficial y Subterráneo ante el Cambio Climático	de $VES_{CC}$ : Volumen de Ecurrimiento Superficial Anual Estimado (Mm <sup>3</sup> ). $VES_H$ : Volumen de Ecurrimiento Superficial Anual Histórico (Mm <sup>3</sup> ).
$IESS_{CC} = 1 - \frac{VES_{AE}}{VES_{AH}}$	Si $IP_{CC} = 0$ Indica que no hay cambio en el escurrimiento. Si $IP_{CC} > 0$ Indica una reducción en el escurrimiento.
	Rivas <i>et al</i> (2010)
3. $IDA_{CC}$ : Índice de Disponibilidad de Agua ante el Cambio Climático	de $D_{AE}$ : Disponibilidad Anual Estimada (Mm <sup>3</sup> ). $D_{AH}$ : Disponibilidad Anual Histórica (Mm <sup>3</sup> ).
$IDA_{CC} = 1 - \frac{D_{AE}}{D_{AH}}$	Si $ID_{CC} = 0$ Indica que no hay cambio en la disponibilidad. Si $ID_{CC} > 0$ Indica una reducción en la disponibilidad.
<b>Grado de Susceptibilidad o Sensibilidad</b>	
1. Población Expuesta	Cantidad de habitantes en los centros poblacionales localizados dentro de la cuenca, entre mayor sea el tamaño poblacional de una localidad mayor será la vulnerabilidad ante el cambio climático. Para tal efecto se considera el número de habitantes por localidad durante el censo poblacional más reciente (este indicador se normaliza).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

2.	<b>IDA<sub>CC</sub></b> : Índice de Consumo de Agua	<b>C</b> : Consumo Anual Histórico (Mm <sup>3</sup> ). <b>i</b> : Tipo de aplicación del recurso (doméstico, industrial, agrícola, etc.).
	$IDA_{CC} = \frac{\sum_i^n C_i}{D}$	<b>D</b> : Disponibilidad Anual Histórica (Mm <sup>3</sup> ). Representa el porcentaje del recurso consumido.
<b>Capacidad de Adaptación</b>		
1.	<b>IEA</b> : Índice de Explotación de los Acuíferos	Este índice es elaborado por la CONAGUA y puede consultarse en el Atlas de Agua en México (SEMARNAT, 2009).
2.	<b>IMS</b> : Índice de Marginación Social	Este índice es elaborado por la CONAPO, observa la integración de nueve indicadores socioeconómicos (CONAPO, 2005).
3.	<b>IRA</b> : Índice de Reutilización de Agua	<b>C</b> : Volumen Anual Reutilizado (Mm <sup>3</sup> ). <b>i</b> : Tipo de aplicación del recurso (doméstico, industrial, agrícola, etc.).
	$IDA_{CC} = \frac{\sum_i^n VAR_i}{VA}$	<b>VA</b> : Volumen Anual Consumido (Mm <sup>3</sup> ). Representa el porcentaje del recurso reutilizado.

Fuente: Elaboración propia.

**Comentarios Finales.**

La anterior propuesta es una primera aproximación a una metodología para la valoración de la vulnerabilidad ante el cambio climático debido a la disponibilidad del agua, es un producto de múltiples observaciones realizadas por un grupo de investigadores relacionados con las temáticas a fines al estudio. Sin embargo, aún se trabaja en la búsqueda de otros indicadores y los valores de ponderación de los mismos, tanto por variable y por cada grupo de variables propuesto. Actualmente, se trabaja en la modelación de la disponibilidad del agua y la identificación de territorios ocupados (urbanos, agrícolas, ganaderos, industriales, etc.) con el objeto de iniciar una valoración al nivel de elementos expuestos.

**Fuentes de consulta**

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.

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.

Brenkert, A. L. and E. L. Malone (2005) "Modelling vulnerability and resilience to climate change: A case of India and Indian States". Climatic Change 72, 57-102.

CONAPO (2005). Índices de marginación, 2005. Primera edición noviembre de 2006, D.F. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx> (Septiembre 09, 2011).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

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.

INEGI (2010). II Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&ent=28>. (Septiembre 09, 2011).

IPCC (2007). Summary for Policymakers. The Physical Science Basis of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S. D.; M. Manning, Z. Chen; M. Marquis; K. B. Averyt; M. Tignor and H. L. Miller (editors). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ISDR (2001). Frame for action: For the Implementation of the International Strategy for Disaster Reduction. ISDR. Disponible en: [http://www.eird.org/fulltext/marco\\_accion/framework-english.pdf](http://www.eird.org/fulltext/marco_accion/framework-english.pdf). (Septiembre 09, 2011).

Lawrence, Peter, Jeremy Meigh and Caroline Sullivan (2002). The Water Poverty Index: International Comparisons. Keele University and Centre for Ecology & Hydrology. Disponible en: <http://www.nwl.ac.uk/research/WPI>. (Septiembre 09, 2011).

Mendoza, V., Villanueva E., Adem, J. (1997). "Vulnerability of basins and watersheds in Mexico to global climate change". In *Climate Research*, Vol. 9: 139-145.

Rivas, I.; Güitron, A. y Ballinas H. (2010): Vulnerabilidad hídrica global: aguas superficiales. En *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Atlas de Vulnerabilidad hídrica en México ante el Cambio Climático. Volumen III*. Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Martínez, P. y Patiño C. (Editores). Disponible en: <http://www.atl.org.mx/atlas-vulnerabilidad-hidrica-cc/>. (Septiembre 09, 2011).

Saaty, T. (2001) *The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback*. RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburg, PA 15213.

SEMARNAT (2009). Atlas del Agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <http://futurocostaensenada.files.wordpress.com/2010/02/sgp-25a-atlas.pdf>. (Septiembre 09, 2011).

Sullivan, C. A. and J. R. Meigh (2005). "Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated indicador approach: The example of the Climate Vulnerability Index". *Water Science and Technology, Special Issue on Climate Change*, 51(5): 69-78.

Trenberth, K.E.; A. Dai; R.M. Rasmussen and D.B. Parsons (2003). "The changing character of precipitation." *Bulletin. American Meteorological Society*, 84(9):1205-1217.

Vincent, K. (2004). Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa. Working Papers of Tyndall Centre No. 56. Tyndall Centre, Norwich, Reino Unido. Disponible en [http://www.tyndall.ac.uk/publications/working\\_papers/wp56](http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp56). (Septiembre 09, 2011).

Yohe, G.; E. Malone; A. Brenkert; M. Schlesinger; H. Meij; X. Xing and D. Lee (2006). A Synthetic Assesment of the Global Distribution of Vulnerability of Climate Change from the IPCC Perspective that Reflects Exposure and Adaptive Capacity. CIESIN, Columbia University, Palisades, N. Y. Disponible en <http://ciesin.columbia.edu/data/climate/>. (Septiembre 09, 2011).



## Vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático en la península de Yucatán. Percepción de la sociedad.

Ana Pricila Sosa Ferreira<sup>1</sup> Irma González Neri<sup>1</sup> y Ariel Valtierra Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Caribe

### Introducción.

El conocimiento y la aceptación del cambio climático (CC) como un problema de interés mundial, ha sido producto de una serie de procesos que datan desde la segunda mitad del siglo XIX, cuando ya se estudiaba la transición del clima. Fue hasta la década de los ochenta cuando el tema cobró relevancia mundial (Garibaldi et al, 2006) después de una serie de evidencias científicas sobre el cambio climático; sin embargo, la mayoría de los gobiernos seguían renuentes a la aceptación de medidas de mitigación por considerarlas poco favorables para sus intereses económicos, hasta que según SEMARNAT (2009:60), en 2006 se presentó el Informe Stern sobre las consecuencias del CC y el calentamiento global en la economía mundial, determinando que la mejor alternativa económica para enfrentarlo consiste en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, requiriendo de una inversión equivalente al uno por ciento del PIB mundial, frente al 20 por ciento del costo al no hacerlo.

Los impactos económicos, como consecuencia del cambio climático, fueron la principal razón de la aceptación y comprensión del problema del CC, y fue así como se iniciaron trabajos conjuntos para establecer estrategias de adaptación y mitigación, así como para desarrollar planes de difusión de información relevante a sus localidades; tal es el caso de México, con la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012.

El fenómeno del cambio climático y sus repercusiones impactan en todas las áreas geográficas y temáticas, por lo cual requiere de un análisis multidisciplinario y un seguimiento desde diferentes ámbitos, para la comprensión y acción en la economía, la sociedad y el medio ambiente; y de esta forma, aumentar la eficacia de las estrategias de adaptación y mitigación propuestas por las naciones, sobre todo para las localidades más

vulnerables, que de acuerdo a las conclusiones de los panelistas de la Segunda Conferencia Internacional del Cambio Climático (citados por la OMT, 2007), los destinos de costas e islas son los más vulnerables a los impactos directos e indirectos del CC, dado que la mayoría de la infraestructura es situada a poca distancia de la costa, y añade que esta alta vulnerabilidad es acompañada por una *baja capacidad de adaptación, especialmente en los pequeños estados insulares y los destinos costeros de los países en desarrollo* (OMT, 2007). En el caso de México, la península de Yucatán es territorio amenazado por los efectos del CC, y de acuerdo a SEMARNAT (2009), se esperan mayores daños por huracanes e inundaciones en las zonas costeras.

### Desarrollo de la investigación.

#### Planteamiento del problema.

La zona costera de la península de Yucatán presenta características que la determinan como vulnerable ante los efectos del cambio climático, siendo principalmente su posición geográfica, siendo propensa a fenómenos meteorológicos y a inundaciones; además de su predominio de comunidades rurales, condición de pobreza, dependencia hacia actividades económicas primarias, fragilidad en la infraestructura de servicios y de vivienda, entre otros. El diseño y planeación de cualquier estrategia encaminada a la adaptación de las poblaciones al cambio climático debe considerar diversos factores que determinan su viabilidad, entre ellos la percepción humana; no hacerlo podría conducir a estrategias inadecuadas o dificultades en su implementación.

#### Justificación.

La importancia de conocer las características de los asentamientos humanos, el nivel de conocimiento y la opinión de las comunidades costeras ante los efectos del cambio climático, así como de su propia vulnerabilidad y su percepción ante las estrategias de adaptación; radica en la relación que existe entre las acciones propuestas de adaptación y la

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

adopción de las mismas por parte de las comunidades. El desarrollo de estrategias de adaptación transversales que contemple la visión de las propias comunidades reducirá sustancialmente la vulnerabilidad de las personas que en ellas habitan.

**Objetivo General.**

Evidenciar el conocimiento de comunidades costeras de la península de Yucatán sobre el cambio climático, así como la opinión sobre su vulnerabilidad<sup>1</sup> y la aplicación de propuestas de adaptación a nivel nacional.

**Metodología.**

Para alcanzar el objetivo, se estableció una metodología compuesta por tres grandes fases de investigación y análisis. En la primera etapa se establecieron los antecedentes y el marco teórico del cambio climático. La segunda etapa consistió en la selección de las comunidades, el trabajo de campo, así como la recopilación de información de fuentes primarias. Los criterios de selección de las comunidades fueron los siguientes: que estuvieran ubicadas en una zona considerada ambientalmente vulnerable<sup>2</sup>, que presentaran transformaciones significativas, que tuvieran cierta importancia económica en la evolución y desarrollo de la región costera y que estuvieran integradas a/o cerca de alguna reserva de la biosfera o área natural protegida. Bajo dichos criterios, se seleccionaron dos comunidades por cada estado de la Península, en Quintana Roo: Majahual<sup>3</sup> y Puerto Morelos, en Yucatán: Celestún y Río Lagartos, y en Campeche: Isla Aguada e Isla Arena. La tercera fase consistió

<sup>1</sup> Entendida como la probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza natural, pueda sufrir daños humanos y materiales según el grado de fragilidad de sus elementos: infraestructura, vivienda, actividades productivas, organización, sistemas de alerta y desarrollo político-institucional CICC (2007:105).

<sup>2</sup> Esta definición de vulnerabilidad ambiental se retoma de los documentos elaborados para los principales instrumentos de planeación para el uso sustentable de grandes espacios en México: el ordenamiento ecológico y el ordenamiento territorial impulsados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), respectivamente. Palacio-Prieto, J. L.; Sánchez-Salazar, M. T.; Puebla-Gutiérrez L, F. y García-Moctezuma, Y. *Términos de referencia generales para la elaboración del programa estatal de ordenamiento territorial (primera parte: Fases I y II)*, Convenio específico de colaboración. Secretaría de Desarrollo Social SEDESOL/UNAM, México, Instituto de Geografía, 2001.

<sup>3</sup> El nombre oficial de esta localidad, según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), es Mahahual; sin embargo, como la población local se refiere a ella como Majahual, en este trabajo se adopta esta última grafía.

en la realización de los tratamientos estadísticos y el análisis de la información, para preparar el informe de resultados, conclusiones y recomendaciones.

**Resultados.**

**Percepción de la población costera ante el cambio climático.**

**El conocimiento de la población acerca del término cambio climático.**

Entre 75 y 90 por ciento de la población tiene conocimiento del término CC, ha escuchado o leído sobre él, siendo Majahual la comunidad con el menor número de respuestas afirmativas y Puerto Morelos la que obtuvo el mayor. Con porcentajes intermedios estuvieron Celestún (78 por ciento), Isla Arena (82 por ciento), Río Lagartos e Isla Aguada (83 por ciento).

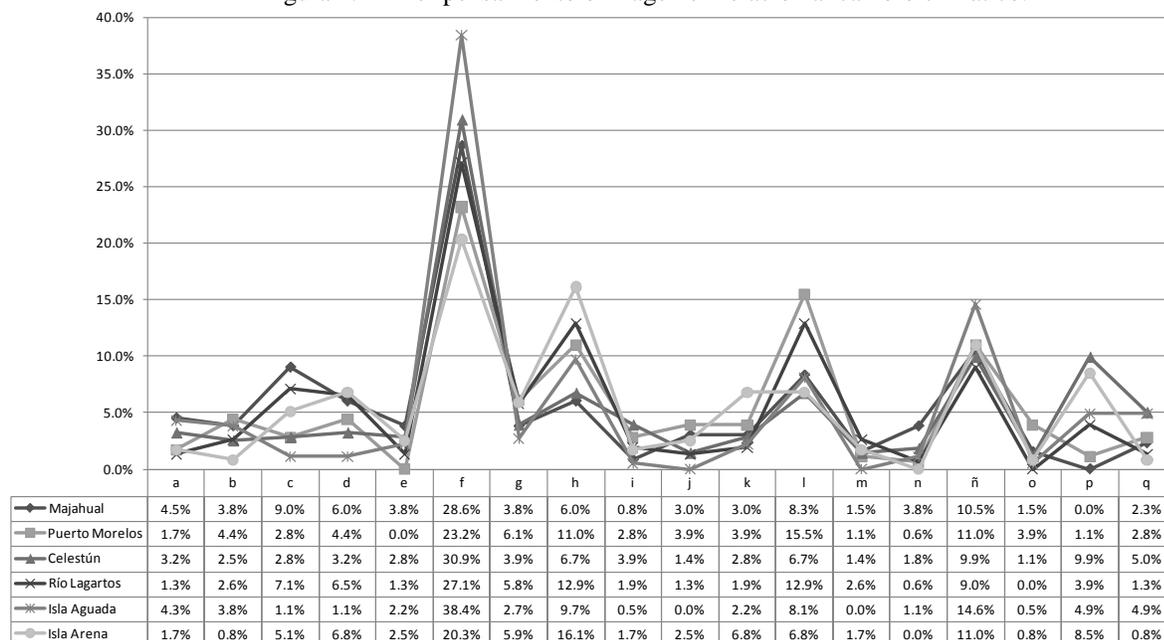
Al desglosar los resultados en función de la variable sexo, no se presentan diferencias marcadas en las comunidades; sin embargo, es de resaltar la ventaja de los hombres en las comunidades campechanas, al igual que en la comunidad de Majahual y Río Lagartos con 5 puntos porcentuales, en promedio. Por grupos de edad (de 15 a 25 años, de 26 a 59 y de 60 y más), tampoco existen diferencias marcadas, a excepción de Majahual y Celestún, donde el primer y tercer grupo de edad, respectivamente, presentan un porcentaje menor de respuestas positivas en cuanto al conocimiento del término. En Quintana Roo, en la medida que los habitantes cuentan con mayor edad, también mayor es su conocimiento del término. Esto permite romper el paradigma respecto a que el problema del cambio climático es una percepción generacional. Efecto contrario al de Quintana Roo, se presenta en Yucatán. Por nivel de escolaridad, es claro que entre más alto el nivel de estudios, mejor se identifica el término.

**El concepto de cambio climático en la opinión de la población.**

El primer pensamiento o imagen con que se relaciona el CC es el cambio rápido de temperatura, seguido de la inestabilidad en el clima, la contaminación, aumento en el número e intensidad de huracanes, y el deterioro, afectación y destrucción del medio ambiente. Es decir, el CC se asocia principalmente con algunos de sus efectos, aunque también con sus causas.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 1. Primer pensamiento o imagen en relación al cambio climático.



- a Aparición de enfermedades
- b Aumento en frecuencia e intensidad de las lluvias
- c Aumento en número e intensidad de los huracanes
- d Calentamiento global
- e Cambio en las estaciones climáticas
- f Cambio rápido de temperatura
- g Cambios que provoca la gente
- h Contaminación
- i Daño en la capa de ozono
- j Derretimiento de los polos
- k Desastres o catástrofes que van a ocurrir
- l Deterioro, afectación y destrucción del medio ambiente
- m Es algo normal/ la vida siempre ha sido igual
- n Es la mano de Dios/ el fin del mundo
- ñ Inestabilidad o problemas en el clima
- o Inundaciones, deslaves y aumento del nivel del mar
- p Nortes y frentes fríos
- q Otro

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo (2010).

La realidad particular de la zona influye en la percepción de los pobladores, ya que el CC se asocia con las consecuencias de fenómenos frecuentes en la península de Yucatán, como huracanes y nortes.

**Efectos del cambio climático en las comunidades y sus repercusiones en la vida comunitaria.**

El efecto con mayor proporción de menciones, constante en todas las comunidades, es la inestabilidad en las estaciones climáticas, lo que aunado a la variación de la temperatura, desaparición de especies, el aumento en la intensidad de los huracanes y las repercusiones en la salud humana, son los principales efectos que los pobladores costeros identifican en su comunidad. En promedio, se reconocen dos efectos del cambio

climático en cada una de las comunidades estudiadas.

Cabe destacar que en promedio, el 86 por ciento de los entrevistados considera al cambio climático como algo preocupante, siendo mayor la percepción en las comunidades yucatecas y menor en las campechanas; y es que en general, el 80 por ciento de los habitantes se siente afectado por el fenómeno climático.

De acuerdo a la opinión de los pobladores, los efectos del CC han empezado a perjudicar a las comunidades en dos sentidos: salud y trabajo. Respecto a las implicaciones del CC en la salud, éstas se manifiestan a través de enfermedades respiratorias que aquejan principalmente a los grupos vulnerables, como son los niños y adultos mayores.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Particularmente en Majahual se presentan afectaciones en la piel, los entrevistados lo asocian con el aumento en la intensidad del calor, sin embargo debe considerarse también el tiempo de exposición.

Las repercusiones en la salud, tanto las mencionadas por la población como las que se esperan como consecuencia del CC, hacen inaplazable la mejora en la calidad de los servicios médicos de estas comunidades.

Respecto a las implicaciones en el trabajo, las actividades económicas primordiales en las comunidades costeras de la Península son el turismo y la pesca, actividades que dependen particularmente de las condiciones climáticas y de los recursos naturales disponibles, y que se ven perjudicadas por los efectos reconocidos por los habitantes, como los son: la inestabilidad del estado del tiempo, el aumento en la intensidad y frecuencia de los huracanes, el deterioro de los ecosistemas, la variación en las temporadas de especies, etcétera.

Los efectos del CC suponen gastos extraordinarios para los habitantes de las comunidades costeras, ya

sea por la aparición repentina de enfermedades, motivadas principalmente por los cambios de temperatura; erogaciones como producto de la protección o reparación de bienes patrimoniales, principalmente la vivienda; incremento en el consumo de energía, por la necesidad de alargar el tiempo de uso del aire acondicionado; y aumentar el consumo de agua, medio constante que busca la gente para mitigar el calor, entre otras. Al final, todas estas consecuencias repercuten en la economía de las familias de las comunidades, ya sea por la reducción en su ingreso, debido a la vulnerabilidad de las actividades económicas principales; o por las erogaciones imprevistas que tiene que realizar.

Cabe mencionar el efecto negativo que las implicaciones climáticas producen en los entrevistados, derivándose en sentimientos de frustración, lo que puede ser un reflejo de la presión emocional que ejercen las distintas proyecciones de los expertos en el tema, todas ellas desfavorables para el desarrollo de la vida humana en caso de no tomar las medidas necesarias.

Cuadro 1. Situaciones comprendidas como efectos del cambio climático en la comunidad.

Efectos	Quintana Roo		Yucatán		Campeche	
	Majahual	Puerto Morelos	Celestún	Río Lagartos	Isla Aguada	Isla Arena
Aumento del nivel del mar	1.1%	1.5%	2.5%	4.2%	1.6%	7.5%
Aumento y variación de la temperatura	<b>19.6%</b>	<b>17.5%</b>	<b>11.8%</b>	<b>10.5%</b>	<b>11.8%</b>	7.0%
Desaparición de especies	6.3%	2.5%	7.1%	7.9%	7.9%	<b>10.0%</b>
Deterioro de ecosistemas	4.8%	7.0%	1.6%	2.1%	1.6%	2.0%
Erosión	0.0%	0.5%	0.9%	0.0%	2.0%	2.5%
Frecuencia de huracanes	3.2%	4.0%	2.1%	4.6%	0.8%	5.0%
Incendios	2.6%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	1.0%
Inestabilidad en las estaciones	<b>27.0%</b>	<b>35.0%</b>	<b>42.9%</b>	<b>29.7%</b>	<b>44.5%</b>	<b>32.5%</b>
Intensidad de huracanes	<b>11.6%</b>	<b>10.0%</b>	3.7%	<b>16.3%</b>	4.7%	<b>8.0%</b>
Inundaciones	2.1%	0.0%	2.8%	7.5%	3.1%	1.5%
Salud	6.9%	3.0%	<b>7.1%</b>	5.0%	<b>7.9%</b>	2.0%
Sequía	4.2%	4.0%	3.0%	3.3%	1.6%	0.5%
Variación en las temporadas de especies	0.0%	0.5%	1.4%	2.1%	2.8%	5.0%
Ninguno	1.1%	5.5%	1.2%	2.9%	1.6%	0.5%
Otro	0.0%	0.5%	0.7%	0.4%	0.4%	3.5%

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo (2010).

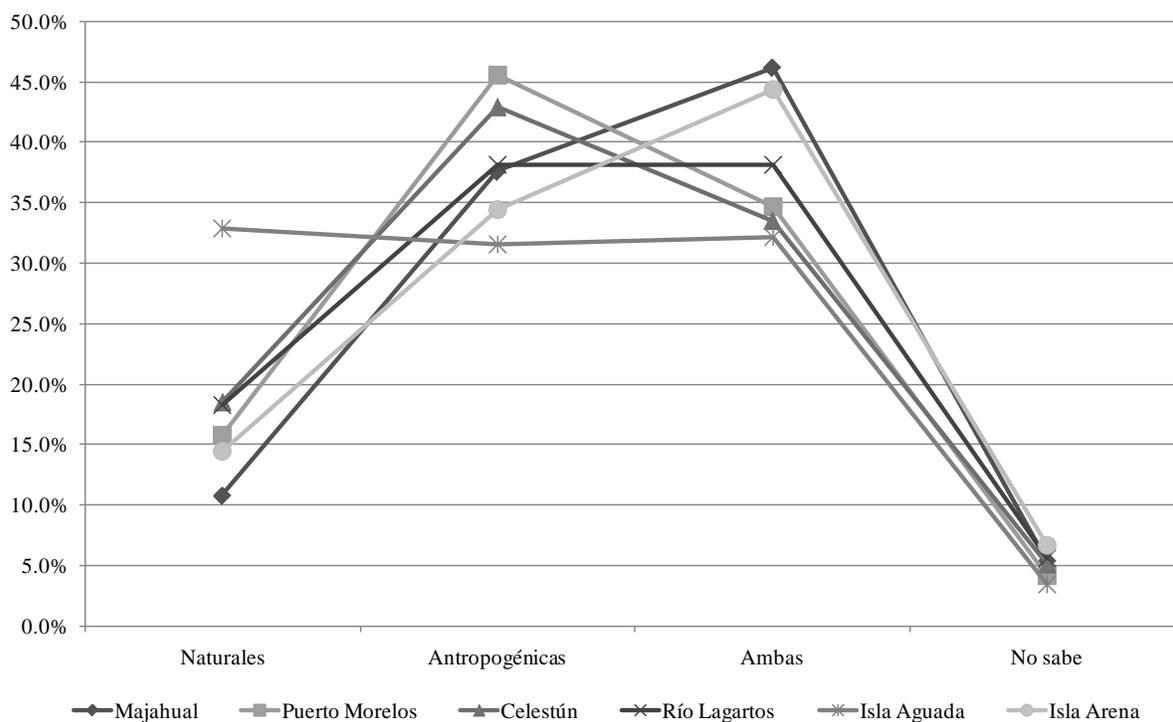
Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Cuadro 2. Repercusiones de los efectos del cambio climático en la vida humana de los habitantes.

Repercusiones	Quintana Roo		Yucatán		Campeche	
	Majahual	Puerto Morelos	Celestún	Río Lagartos	Isla Aguada	Isla Arena
Emocionalmente	5.6%	3.4%	1.0%	2.9%	0.5%	0.7%
Gastos extraordinarios	7.2%	10.2%	5.8%	19.1%	<b>13.1%</b>	<b>19.6%</b>
Ritmo de vida	<b>20.0%</b>	<b>15.0%</b>	<b>7.7%</b>	6.4%	7.1%	2.2%
Salud	<b>22.4%</b>	<b>41.5%</b>	<b>37.8%</b>	<b>23.7%</b>	<b>49.5%</b>	<b>23.2%</b>
Trabajo	<b>23.2%</b>	<b>17.0%</b>	<b>41.7%</b>	<b>36.4%</b>	<b>25.3%</b>	<b>48.6%</b>
Vulnerabilidad de la vivienda	6.4%	2.7%	1.3%	5.8%	2.0%	2.2%
No afecta	11.2%	9.5%	4.8%	4.0%	2.0%	1.4%
Otro	4.0%	0.7%	0.0%	1.7%	0.5%	2.2%

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo (2010).

Figura 2. Distribución de la muestra de opinión sobre las causas del cambio climático.



Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo (2010).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Cambio climático: proceso natural o provocado.**

En promedio, 19 por ciento de los entrevistados en todas las comunidades considera que el CC es un proceso natural. Sin embargo, la opinión predominante de la población se centra en señalar que el CC es producto de la suma de causas naturales y antropogénicas, y de causas exclusivamente humanas. Cada una de ellas concentra la percepción de 38 por ciento. La falta de reconocimiento de la contribución humana al CC puede derivar en actitudes de apatía al momento de presentar las propuestas de mitigación y adaptación.

**Las causas del cambio climático en la opinión de la población costera.**

Cómo se mencionó anteriormente, las acciones de la humanidad predominan en la opinión de los entrevistados como causales del CC, sin embargo, se presentan respuestas particularmente destacables para cada una de las comunidades. En Quintana Roo, 20 por ciento de los habitantes señala la “falta de educación ambiental” como causal del CC. En Puerto Morelos, el 3.8 por ciento de la muestra responsabiliza a la industria turística del CC. Esto evidencia que el no involucramiento de la sociedad en la planeación y desarrollo de su comunidad genera una actitud de apatía y rechazo. Por su parte, en las comunidades pertenecientes a los otros estados de la Península, uno de cada cuatro pobladores coincide en que la contaminación, aunada a la falta de reciclaje de los desechos generados por la humanidad, es responsable del CC.

De igual forma, en la opinión de los entrevistados, la administración pública también es responsable. Con porcentajes que van desde 2.2 por ciento (Isla Arena) hasta 6.0 por ciento (Puerto Morelos), los pobladores destacan la falta de planeación y estrategias para evitar los efectos. Esta percepción puede relacionarse con el hecho de que únicamente tres de cada diez entrevistados conoce la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el Programa Especial de Cambio Climático.

**Los medios de comunicación como fuente de información del cambio climático.**

La globalización en los medios de comunicación y la relevancia que el tema de CC ha tomado a nivel mundial, hacen cada vez más común que los medios de información aborden el problema, sus causas y efectos, a tal grado que incluso es

señalado como un tema de moda por aquellas personas escépticas o negacionistas.

En cuanto a este tema, la televisión se presenta como el principal medio por el que la gente se informa en relación a los temas asociados con la variabilidad climática, seguida de otros medios masivos, como el periódico y la radio.

Lo anterior debiera ser considerado por las autoridades, en busca de que la información relativa al tema de CC llegue a la población de manera clara y veraz, contrarrestando las opiniones escépticas o negacionistas del problema que hoy se vive a nivel mundial. El manejo inadecuado de la información y la transmisión de información no oficial pueden generar incertidumbre y conceptos erróneos entre los receptores, en perjuicio de la aceptación y adopción de las medidas de mitigación y adaptación.

**La visión de la vulnerabilidad entre la población de las comunidades costeras  
Percepción acerca de las autoridades.**

Los pobladores de las comunidades costeras no se sienten apoyadas por las autoridades para hacer frente a los efectos del CC. En Quintana Roo, dos de cada diez pobladores manifiestan recibir apoyo por parte de alguna institución. En Majahual se trata sobre todo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y en Puerto Morelos del Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). En esta última localidad, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fue mencionada por 10 por ciento de los entrevistados, porcentaje equivalente al que obtuvo el gobierno municipal. De igual forma, en las comunidades de Celestún, Río Lagartos e Isla Arena, destaca la contribución de la CONANP debido a que estas comunidades pertenecen o son Reservas de la Biosfera. En el caso de Isla Aguada, destaca la mención de instituciones de salud.

**Infraestructura.**

La vía de comunicación terrestre de las comunidades con el exterior, es considerada adecuada por una alta proporción de pobladores. A nueve de cada diez entrevistados le parece que la carretera principal que comunica a las comunidades entre sí, se encuentra en buen estado; lo cual es de suma importancia, dado que la distancia que las separa de su respectiva cabecera municipal va desde 38.5 a 140 kilómetros. Esta condición de dispersión acentúa la vulnerabilidad de las

## Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

comunidades costeras, pues retarda y dificulta la respuesta de las autoridades ante cualquier amenaza.

Otros servicios como agua, energía eléctrica, alumbrado público, drenaje y recolección de basura, no son del todo adecuados, y fueron calificados por debajo de los ocho puntos, con calificaciones incluso de 2.3 en el caso del servicio de drenaje en la comunidad de Celestún.

### Vivienda.

La condición de vulnerabilidad de las viviendas en las comunidades costeras radica en el material de construcción. El 25 por ciento de las viviendas cuenta con techo de material no durable o firme (es decir, son construidos a base de madera, lámina, cartón o palma de huano) y dos de cada diez presentan paredes a base de esos mismos materiales. A pesar de lo endeble de los materiales, cuatro de cada diez pobladores considera segura su vivienda para hacer frente a los efectos derivados del CC, esto como producto de su experiencia particular con fenómenos meteorológicos presentados con anterioridad en su comunidad.

### Actividades productivas.

Las actividades económicas de las comunidades son vulnerables, en mayor o menor medida a los efectos del CC. En el caso de la industria turística, gran parte de las actividades depende de las condiciones climáticas, lo que la hace sensible a la inestabilidad de las estaciones. El comercio en estas comunidades se dirige al sector turístico, por lo que de manera directa o indirecta se ve perjudicado por el CC. Finalmente, la actividad pesquera (principalmente para autoconsumo) sufre, además de los efectos ya mencionados, los impactos del deterioro de los ecosistemas y de la variación en las temporadas de especies.

### Organización.

La organización social en las comunidades es escasa. Únicamente 16 por ciento de los pobladores indicó pertenecer a un grupo social en su comunidad. Este porcentaje se organiza principalmente a través de juntas de vecinos. Sin embargo, la dimensión demográfica de estas comunidades podría ser uno de los factores que permiten la unión social.

### Conclusiones.

La importancia a nivel mundial que el cambio climático ha cobrado en los últimos años, así como

el avance de las tecnologías de información, han favorecido a que en la actualidad, aún en las comunidades rurales – en este caso las comunidades costeras de la península de Yucatán – un importante número de personas (82 por ciento) haya escuchado o leído sobre el tema; siendo ligeramente mayor en el estado de Quintana Roo (83 por ciento) en comparación con Campeche (82 por ciento) y Yucatán (80 por ciento). El conocimiento del tema presenta una mayor penetración entre los hombres, las personas adultas y entre aquellas que cuentan con los niveles más altos de instrucción escolar.

Se presentan lagunas importantes respecto al tema estudiado, especialmente en relación a las causas que originan el cambio climático, lo que deriva en que el 23.5 por ciento de los entrevistados no reconozca la contribución antropogénica. Este hecho podría derivar en la falta de sensibilidad y, por ende, en el rechazo de la población respecto a la adopción de propuestas o actividades en favor de la mitigación y adaptación al cambio climático.

Respecto a los efectos presentados en las comunidades.

Los habitantes de las comunidades estudiadas reconocen verse afectados por el cambio climático a través de la “inestabilidad de las estaciones”, el “aumento y variación de la temperatura”; y el aumento en la “intensidad de los huracanes”. Cabe señalar que estos efectos concentran la opinión de seis de cada diez personas.

En promedio, 86 por ciento de los entrevistados considera al cambio climático como algo preocupante, siendo mayor la percepción en las comunidades yucatecas y menor en las campechanas en relación al promedio, y es que ocho de cada diez se siente afectado por el fenómeno climático. Quienes se ven más afectados por el fenómeno son los hombres (por su implicación en el campo laboral), los jóvenes y aquellas personas con niveles de licenciatura o postgrado.

Respecto a las propuestas de adaptación.

En general, los habitantes muestran una alta aceptación de las propuestas de adaptación, 9 de cada diez están de acuerdo con ellas. Quienes muestran mayor conformidad con las propuestas son las comunidades de Yucatán (92 por ciento),

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

seguido de las quintanarroenses (88 por ciento) y las pertenecientes al estado de Campeche (85 por ciento). Sin embargo, la aprobación de las mismas está determinada por la experiencia personal de los habitantes y la información que reciben al respecto, factores que influyen en la construcción de la opinión pública, además de su situación sociocultural y económica.

Las propuestas de adaptación con mayor aceptación son aquellas destinadas al rescate, restauración, conservación y protección del medio ambiente. Los resultados evidencian también el rechazo social hacia aquellas propuestas restrictivas, en especial las que buscan modificar los patrones sociales derivados de costumbres ancestrales. Lo anterior, hace evidente la importancia de la concepción de las propuestas y la forma en que estas son planteadas a la sociedad.

De igual manera, las acciones adaptativas que implican impactos en las actividades productivas de las comunidades, registran los más bajos niveles de aprobación social. Considerar y atender las consecuencias derivadas del impacto en las actividades productivas favorecerá la aceptación de las propuestas de adaptación.

Concluyendo: a la luz de estos y el resto de los resultados expuestos a lo largo del documento, se concluye que desde la perspectiva social se confirma que el cambio climático representa una amenaza latente para las comunidades costeras de la península de Yucatán y para los diferentes elementos sociales, debido a factores como el escaso desarrollo político institucional; la pobre calidad de su infraestructura; la vulnerabilidad de las viviendas, producto del uso de materiales endebles; la dependencia de sus actividades económicas a Documents/sniarn/pdf/cambio\_climatico\_09.pd.

aspectos relacionados con el clima y la falta de participación social.

De igual forma, aunque con áreas en las que se requiere un trabajo de comunicación, los habitantes de las comunidades costeras estudiadas tienen las condiciones de información, sensibilización y disposición para participar en la elaboración de programas locales de mitigación y adaptación, generales y específicos del turismo.

**Fuentes de consulta.**

CICC (2007). Estrategia Nacional de Cambio Climático. México: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT.

Garibaldi, J.; Rey, O.; Mejía, M.; Pérez, A.; Meyra, G.; Feldman, F.; Carlino, H.; Tudela, F.; Fernández, A. y Rivero, O. (2006). El Cambio Climático en América Latina y el Caribe. México: PNUMA-SEMARNAT.

Disponible en:  
<http://www.pnuma.org/Cambioclimatico/CAMBIO%20CLIMATICO-web.pdf> [2010, 20 de abril].

López, V. (2009). Cambio climático y Calentamiento Global. México: Trillas.

OMT (2007) "De Davos a Bali: la contribución del turismo al reto del cambio climático", en el portal de la Organización Mundial de Turismo  
<[http://www.unwto.org/climate/current/sp/pdf/CC\\_Broch\\_DavBal\\_memb\\_bg.pdf](http://www.unwto.org/climate/current/sp/pdf/CC_Broch_DavBal_memb_bg.pdf)>.

SEMARNAT (2009) "Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones" en el portal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
<<http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/>>

## Percepción diferenciada de vulnerabilidad en zonas costeras vs. otras áreas y regiones.

Javier Urbina Soria<sup>1</sup> y Olga Flores Cano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Psicología, UNAM.

### Metodología.

Los objetivos de este estudio fueron identificar los niveles de conocimiento que la población mexicana tiene hacia los elementos causales y las consecuencias del cambio ambiental global. También identificar las actitudes de la población mexicana hacia las causas y consecuencias, conocer la disposición para modificar comportamientos personales, de grupo y colectivos.

Además, analizar las similitudes y diferencias existentes entre la gente común y los especialistas en cuanto a su opinión sobre las causas y consecuencias del cambio ambiental. Para ello se encuestó una muestra (Tabla 1) de 1719 personas del Distrito Federal, el Estado de México, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora y Tabasco.

Se llevó a cabo la encuesta por medio de un cuestionario dividido en seis secciones: datos generales, problemática ambiental, cambio ambiental global y sus causas, cambio ambiental global como riesgo, consecuencias del cambio ambiental global y acciones a seguir para la mitigación del cambio ambiental global. Fue aplicado por estudiantes de las universidades participantes, quienes fueron previamente capacitados.

### Resultados.

Para los siete estados los problemas más importantes son los económicos. En segundo lugar, los políticos, con excepción del Distrito Federal que considera en segundo lugar los problemas ambientales. En tercer lugar, se tienen los problemas ambientales, salvo para el Distrito Federal que dio el tercer lugar a los problemas políticos (Gráfica 1).

De los problemas ambientales se hizo previamente una lista de veintitrés situaciones. Para cada una de ellas se pidió una valoración en cuanto a relación

con el fenómeno de cambio ambiental global, el riesgo de ocurrencia que representa para la persona, y responsabilidad que se tenga sobre él.

Del total de la población, el 64% se siente poco informada al respecto del tema, el 19.5% suficientemente informado, el 14.5% nada informados y el 2% muy informados. No hubo diferencia entre los siete estados a este respecto. En cuanto a los medios por los que reciben la información, el 73% sabe del cambio ambiental por medio de la televisión, el 10% por medio del radio, el 9.6% es por medio del periódico, el 2.6% encuentra la información en las revista y el 4.7% por internet.

Se proporcionó una lista de 23 riesgos (Gráfica 2), de los que se pidió a la población que evaluara el nivel de riesgo que podría presentar cada uno (de poco riesgoso a muy riesgos pasando por seis valores diferentes de uno a seis). San Luis Potosí y Tabasco dieron menores puntuaciones para el nivel de riesgo, mientras que Querétaro y Sonora calificaron más alto los riesgos en general.

Para responder adecuadamente a los objetivos de esta exposición se eligieron los elementos del cuestionario que pudieran proporcionar información sobre los riesgos ante el cambio ambiental global y los fenómenos que lo acompañan en estados que cuentan con costa.

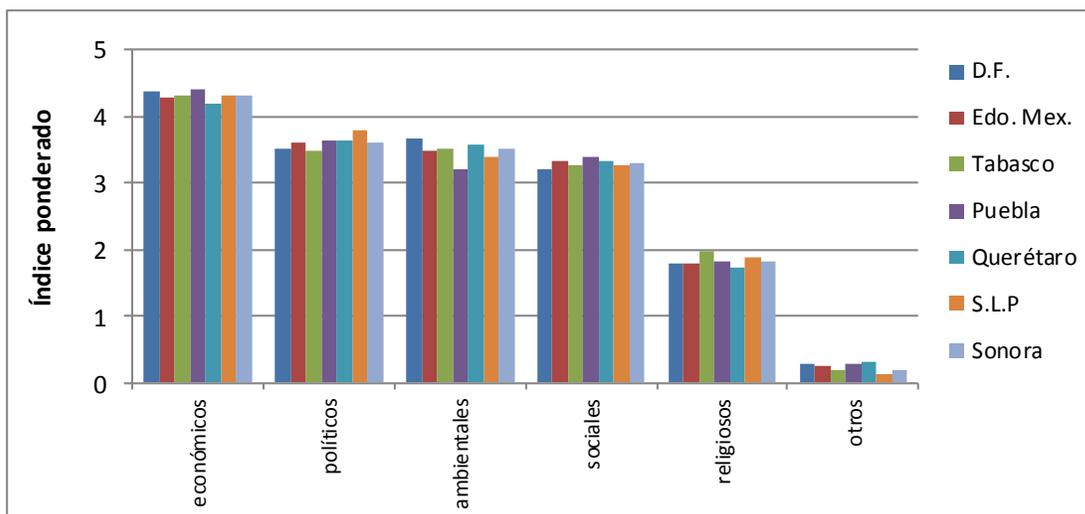
De los 23 riesgos considerados, cuatro son más relevantes para esta exposición: elevación en el nivel del mar, aumento de eventos extremos, cambio ambiental global e inundaciones. De estos cuatro eventos, el único evento para el que hubo diferencias significativas en las medias para estados clasificándolos en estados sin costa y estados con costa (Tabla 2) fue en el de "elevación del mar" ( $t=2.848$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.036$ ).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tabla 1. Muestra.

EDAD	%	OCUPACIÓN	%	NIVEL DE ESTUDIOS	%
18-29	55.84	Ama de casa	12.9	Primaria	4.5
30-45	26.81	Comerciante	5.5	Secundaria o carrera tec	17.5
46-65	17.16	Conductor	0.7	Preparatoria	20.7
65 en adelante	0.17	Desempleado	1.1	Licenciatura	50.6
ESTADO	%	Empleado	30.2	Posgrado	1.0
Distrito Federal	29.49	Estudiante	34.9	NSE	%
Estado de México	11.57	Profesionista	8.7	A/B	23.1
Puebla	14.07	Pensionado	0.9	C+	24.1
Querétaro	6.98	Profesor	5.5	C	20.8
San Luis Potosí	11.75	GÉNERO	%	D+	24.0
Sonora	17.68	Mujeres	57.8	D	5.9
Tabasco	8.43	Hombres	42.2	E	2.2
<b>N = 1719</b>					

Gráfica 1. Cuáles son los problemas más importantes de México.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Gráfica 2. Riesgos asociados al cambio ambiental global.

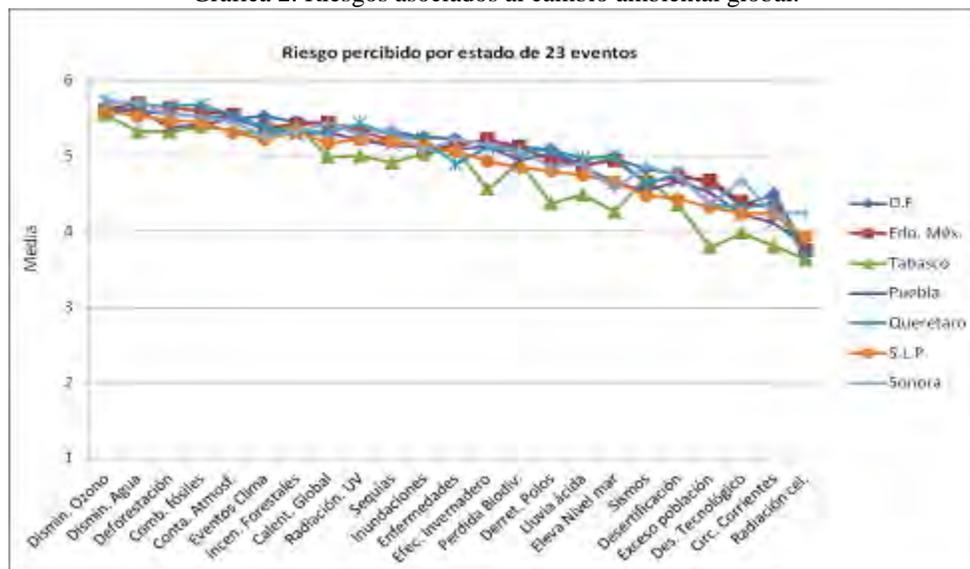


Tabla 2. Eventos relacionados al cambio ambiental global.

Evento de riesgo	Estados sin costa (media)					Estados con costa (media)	
	D.F.	Edo. Méx.	Puebla	Querétaro	S.L.P.	Tabasco	Sonora
Eventos clim. extremos	<b>5.52</b>	5.38	5.37	5.38	<b>5.22</b>	5.28	5.26
Calentamiento global	5.44	<b>5.45</b>	5.31	5.32	5.17	<b>4.99</b>	5.44
Inundaciones	<b>5.25</b>	5.09	5.11	5.23	5.14	<b>5.03</b>	5.07
Elevación del nivel del mar	4.97	4.94	4.65	<b>5.00</b>	4.66	<b>4.26</b>	4.56

Hubo diferencia en cuanto a la percepción de los conceptos cambio ambiental global ( $F=6.241$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.000$ ), elevación en el nivel del mar ( $F=9.692$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.000$ ), y eventos climáticos extremos ( $F=3.108$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.008$ ). En cuanto al aumento de inundaciones no hubo diferencias, sin embargo, Tabasco fue el estado con la media de riesgo menor de los siete estados para tres de los eventos mencionados (cambio ambiental global, elevación en el nivel del mar y eventos extremos). De los cuatro eventos los que reportaron diferencias significativas en cuanto a la percepción de daño que se tiene de ellos fueron el calentamiento del planeta ( $F=6.581$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.000$ ) y en aumento de las inundaciones ( $F=4.629$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.000$ ). Hubo

diferencias significativas entre los estados en la percepción de daño que pudieran recibir los personajes habitantes de la ciudad, y habitantes del continente (Tabla 3). Quienes se mostraron más preocupados, mientras que Tabasco no se considera el cambio ambiental global como generador de un daño (Gráfica 3).

La responsabilidad percibida sobre estos cuatro eventos muestra diferencias significativas entre los siete estados (cambio ambiental global  $F=2.727$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.018$ ; elevación en el nivel del mar  $F=3.739$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.002$ ; eventos climáticos extremos  $F=3.803$ ,  $gl.=5$ ,  $sig=0.002$ ). En cuanto al aumento de inundaciones tampoco hubo diferencias

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

significativas. En cuanto al grado de responsabilidad los habitantes del estado de Puebla se perciben como mayormente responsables por la generación del cambio ambiental global. Los habitantes que se perciben con un menor grado de responsabilidad son los de Tabasco (Tabla 4).

En cuanto a la responsabilidad que se tiene de la generación de los fenómenos la elevación del nivel del mar ( $F=3.739$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.002$ ), aumento de eventos climáticos extremos ( $F=3.803$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.002$ ), aumento en las inundaciones ( $F=6.551$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.000$ ) y generación del cambio climático ( $F=2.727$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.018$ ). En cuanto a los personajes que pueden ser responsables del cambio ambiental global (Gráfica 4), los habitantes de los estados mostraron diferencias en su percepción sobre el grado de responsabilidad. Los habitantes de Puebla se mostraron más autocríticos, mientras que los de Tabasco se consideraron menos responsables. Las diferencias se encuentran en los rubros vecinos, habitantes de la ciudad y habitantes del estado (Tabla 5).

El estado que se percibe como más responsable es Querétaro (2.41) y el que se percibe como menos responsable es Tabasco (1.89) en cuanto a la generación de la elevación del nivel del mar.

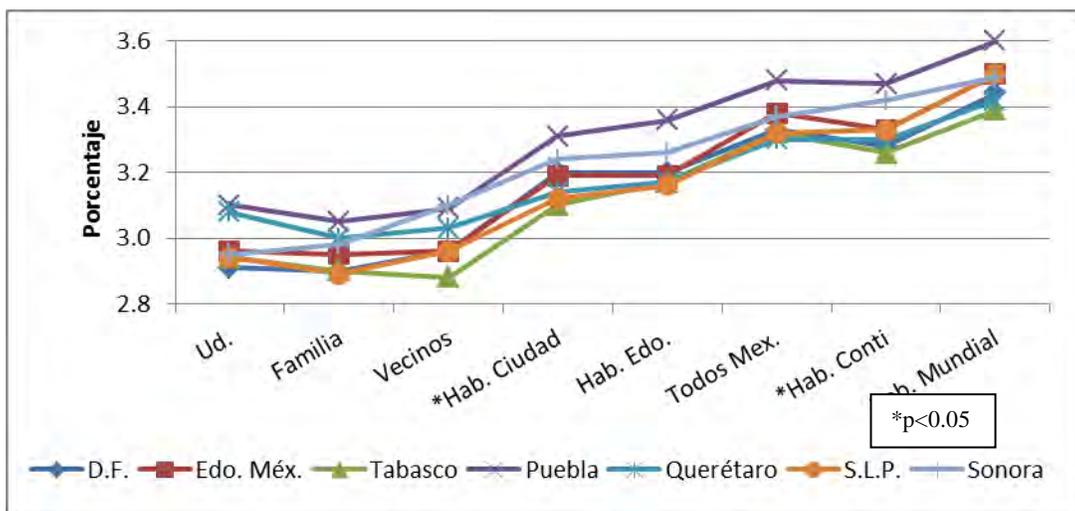
Se les preguntó a las personas si estarían dispuestas a cambiar sus hábitos de consumo para apoyar el mejoramiento del medio ambiente, hubo diferencias significativas por estado, siendo la propuesta de cambio de hábitos con asesoría la que con más frecuencia se observó, con Puebla y Hermosillo con mayores puntuaciones (Gráfica 5).

Se mostraron diferencias ( $\chi^2=44.695$ ,  $gl=25$ ,  $sig.=0.009$ ) en cuanto al tiempo en que se esperan las consecuencias del cambio ambiental global y los eventos que se circunscriben a él (Gráfica 6).

$$\chi^2=44.695, gl=25, sig.=0.009$$

Del total de los encuestados el 90% dice no conocer cuáles son las medidas que el gobierno está tomando al respecto del cambio ambiental global. Además del total de la población el 67.1% dice saber cuáles son los efectos del cambio ambiental global, el 2.7% menciona que todas y el 30.2% dice desconocerlas (Tabla 6). Puebla se manifiesta como el estado con una mayor frecuencia de personas que desconocen las medidas y Querétaro y el Estado de México manifiestan conocer algunos de los efectos ante el cambio ambiental.

Gráfica 3. Percepción del daño que genera el cambio ambiental global.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tabla 3. Percepción de riesgo.

Percepción del riesgo	Kruskall-Wallis ( $X^2$ )	Gl	sig.
Ud.	11.63348711	5	0.04017003
Familia	8.328323347	5	0.13904531
Vecinos	12.85942089	5	<b>0.02473237</b>
Ciudadanos	9.007245849	5	0.10877549
Estado	10.19129267	5	0.06999299
Mexicanos	7.947595904	5	0.15914747
Continente	13.58901876	5	<b>0.01844194</b>
Todos	9.01362291	5	0.10852202

Tabla 4. Responsabilidad sobre eventos del cambio ambiental global.

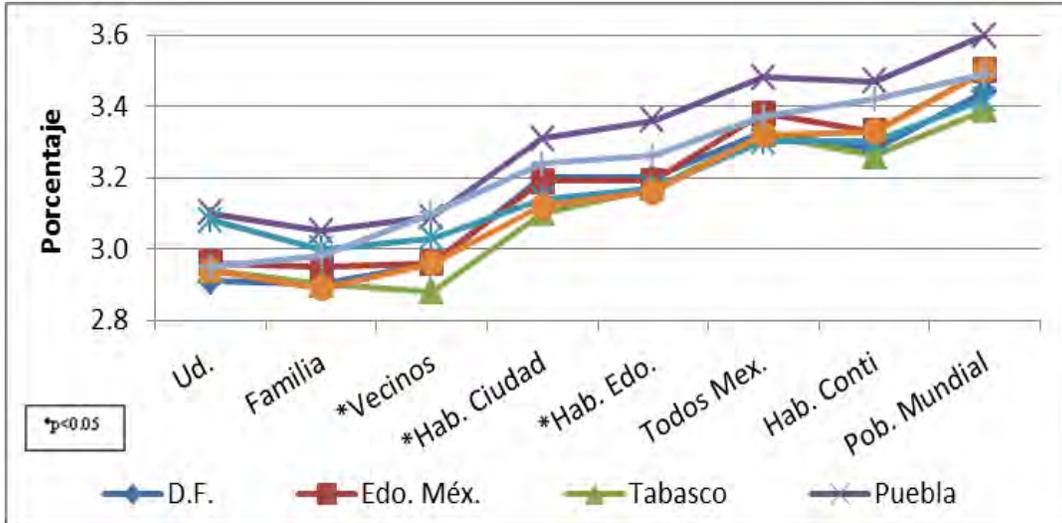
Evento en responsabilidad	D.F.	Edo. Méx.	Tabasco	Puebla	Querétaro	S.L.P.	Sonora
Inundaciones	2.43	2.46	2.4	2.22	2.37	2.4	1.89
Calentamiento global	2.87	2.73	2.63	3.04	3.11	3.04	2.76
Eventos clim. extremos	2.32	2.12	2.05	2.31	2.46	2.43	1.97
Elevación del nivel del mar	2.28	2.12	1.89	2.19	2.41	2.38	2.02

Tabla 5. Grado de responsabilidad sobre eventos del cambio ambiental global.

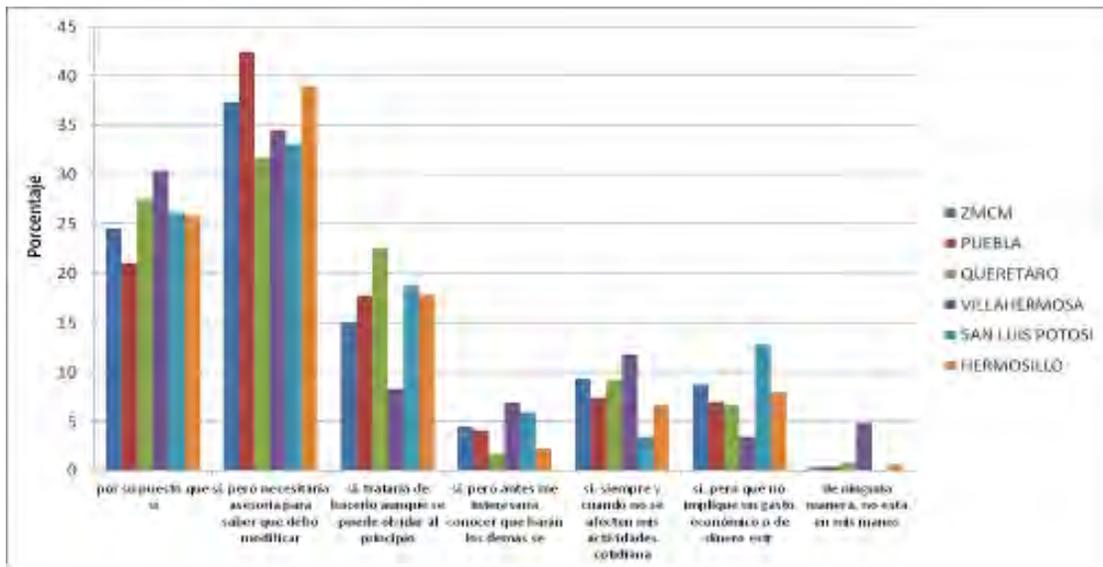
Grado de responsabilidad	Kruskal-Wallis ( $X^2$ )	Gl	Sig.
Ud.	9.647	6	0.14
Familia	5.724	6	0.455
Vecinos	14.691	6	0.023
Ciudadanos	15.916	6	0.014
Estado	11.267	6	0.08
Mexicanos	9.951	6	0.127
Continente	7.583	6	0.27
Todos	6.661	6	0.353

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Gráfica 4. Grado de responsabilidad en la generación del cambio ambiental global.



Gráfica 5. Cambio de hábitos de consumo para mejorar el ambiente.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Gráfica 6. Tiempo en que se verán los efectos del cambio ambiental global.

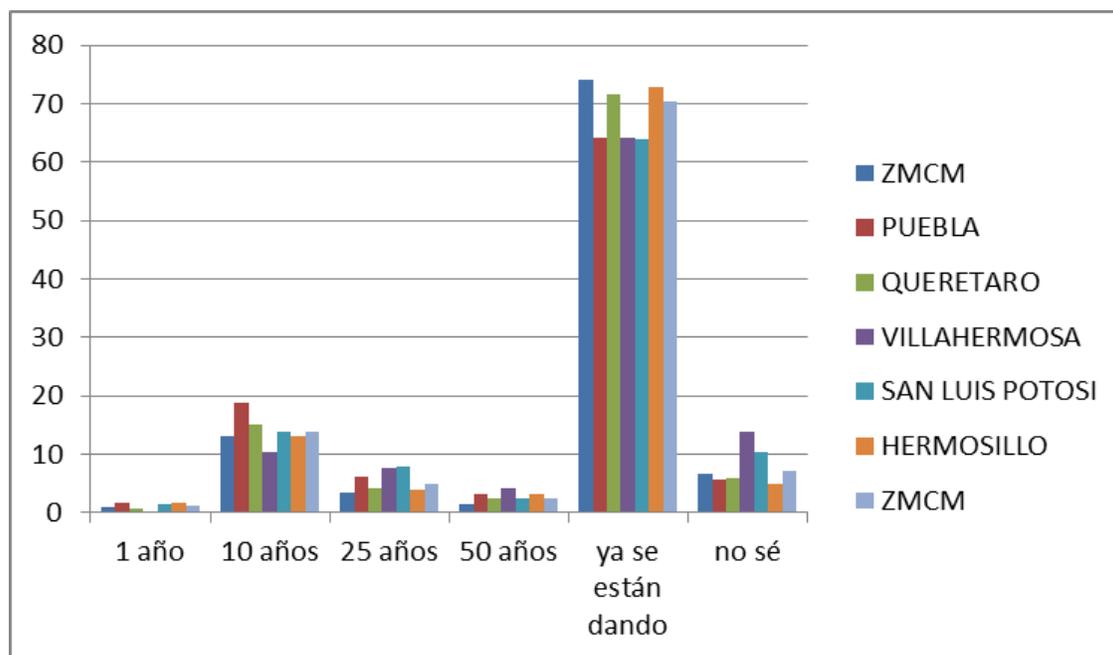


Tabla 6. Información sobre el cambio ambiental global.

Sabe efectos del cambio amb. global	D.F.	Edo. Méx.	Tabasco	Puebla	Querétaro	S.L.P.	Sonora
No	32.7%	28.1%	39.6%	25.9%	18.3%	33.2%	28.4%
Sí, algunos	64.1%	69.8%	58.3%	71.6%	78.3%	64.4%	69%
Sí, todos	3.2%	2.0%	2.1%	2.5%	3.3%	2.5%	2.5%
Sabe medidas del gobierno	D.F.	Edo. Méx.	Tabasco	Puebla	Querétaro	S.L.P.	Sonora
No	87.6%	87.9%	93.3%	93.4%	90%	94.6%	87.3%
Sí	12.4%	12.2%	9.7%	6.6%	10%	5.4%	12.7%

**Conclusiones.**

La población mexicana manifiesta conocer los riesgos que implican los eventos asociados al cambio ambiental global. Se cuenta con una percepción de elementos que causarían daño, y esto se refleja en la procedencia de los encuestados. El estado de Tabasco ha mostrado una menor percepción de los daños que el cambio ambiental global causa en forma de eventos extremos, inundaciones y elevación del nivel del mar, lo que es un elemento importante dada la historia de inundaciones (posterior a la aplicación de esta encuesta) y de los eventos extremos sufridos en los pasados años. Además salta a la vista el

desconocimiento que la población en general tiene de las medidas que el gobierno está tomando para apoyar a la población con motivo de los riesgos que involucra el cambio ambiental global.

La población no siente contar con la información necesaria sobre los programas que el gobierno implementa para la prevención de diferentes manifestaciones del cambio ambiental global. Además, no hay una seguridad sobre la definición del cambio ambiental global. Todo esto repercute en las acciones que las personas podrían tomar al respecto. La mayor parte manifiesta que sólo si

**Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación**

cuentan con apoyo para saber qué y cómo hacer los cambios necesarios para apoyo del ambiente.

Es muy positivo apreciar que las personas en su mayoría están dispuestas a efectuar cambios en su estilo de vida. Más aún, es alentador que las personas consideren y deseen recibir instrucción al respecto y lograr esos cambios de forma adecuada. Aunque es sabido que sólo contar con conocimientos no garantiza un cambio de conductas, está en la mente de las personas que contar con conocimiento sobre el cambio ambiental global es necesario para ellos, sobre todo porque es algo que consideran como que ya se está dando. Será muy importante apoyar esta conciencia con las herramientas necesarias para generar cambios

favorables que mitiguen los efectos del fenómeno que nos atañe.

**Fuentes de consulta**

Balstad, R. M. & Jacobson, H.K. (1993). *Research on the Human Components of Global Change: Next steps*. Discussion.

Papel 1 HDGEC, International Social Science Council Clark, W.C. (1988). The human dimensions of global environmental change, In *Committee on global change: Toward an understanding of global change* (pp.134-200). Washington, D.C.: National Academy Press.

PNUMA (2002). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Madrid: PNUMA.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

## Sensibilidad y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros del sureste de México ante el Cambio Climático Global.

V.M. Vidal Martínez<sup>1</sup>, E.R. Alonso Marrufo<sup>2</sup>, L. Gama Campillo<sup>3</sup>, R. Torres Lara<sup>4</sup>, P. Sosa-Ferreira<sup>5</sup>, Daniel Pech Pool<sup>6</sup>, J.A. Herrera Silveira<sup>1</sup>, M. L. Aguirre Macedo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Centro de Investigación y de Estudios Avanzados IPN.

<sup>2</sup> Yaax Beh.

<sup>3</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<sup>4</sup> Universidad de Quintana Roo.

<sup>5</sup> Universidad del Caribe.

<sup>6</sup> Universidad Autónoma de Campeche.

### Introducción.

Las zonas costeras del sureste de México por su clima y baja altitud sobre el nivel del mar (Fig. 1) son especialmente vulnerables a los peligros generados por el Cambio Climático Global (CCG). Por tanto, la premisa principal de este trabajo es que para enfrentar los peligros asociados al CCG, es necesario integrar redes de científicos y profesionales que conjunten sus talentos para proponer la mejor manera de adaptarnos y mitigar sus efectos. Los modelos existentes predicen que dependiendo de donde viva uno sobre la tierra, se resentirán más o menos los efectos del CCG, pues se contará con más o menos recursos para enfrentarlo (Costello et al., 2009). Sin embargo, es claro que los países que más sufrirán el CCG son los menos desarrollados, ya que no cuentan con los recursos para enfrentar las inundaciones de que ya son objeto o las sequías que se predicen (Costello et al., 2009). De la zona costera, los manglares, arrecifes y mar que los interconecta son una prioridad para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en Inglés) porque son sumideros globales de carbono, además de los servicios ambientales que proporcionan (Gitay, et al., 2002). En las zonas costeras del tercer mundo, el CCG es un problema de desarrollo, porque los manglares son destruidos tanto por el desarrollo turístico, por el uso de suelo no planeado, y por gente que no tiene otra fuente de energía (p. ej. leña o carbón). Esto significa mayor pérdida de capacidades económicas para enfrentar el CCG por parte de la población con menos recursos (Stern, 2007). Un claro ejemplo es el de Aburto-Oropeza et al. (2008), quienes han calculado que una hectárea de manglar de zona costera de Nayarit, Sonora y Sinaloa tiene un valor promedio de \$ 37,500 USD por año debido a los peces marinos arrecifales y

pelágicos de interés económico que crecen en estos hábitats. Si estos hábitats se pierden, los pescadores a su vez pierden su fuente de ingresos.

El presente trabajo integra evidencia en dos de las áreas del Informe Stern (2007): sensibilidad y vulnerabilidad, y toca ligeramente aspectos de mitigación. La sensibilidad de los sistemas biológicos puede definirse como los cambios en los tamaños poblacionales de los organismos y en los valores de procesos como la transmisión, la reproducción o cualquier reacción fisiológica (estrés p. ej.) en respuesta a cambios en un parámetro climático (por ejemplo, el incremento de temperatura y/o la frecuencia y magnitud de fenómenos climáticos extremos) (Gitay et al., 2002). Por otro lado, el IPCC define como vulnerables a los sistemas biológicos que son sensibles al cambio climático y cuyas opciones de adaptación son limitadas (Gitay et al., 2002). Esto incluye a sistemas humanos (gente pobre que no puede enfrentar económicamente fenómenos ambientales extremos como huracanes), pero la definición se extiende también a animales, vegetales y ambientales de las zonas costeras.

Por tanto, este manuscrito presenta a la red de instituciones trabajando en cambio climático en el sureste de México (Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán en principio), y los resultados de sus investigaciones a la fecha.

### Objetivos.

- 1) Integrar una Red de investigación en las áreas de sensibilidad y vulnerabilidad de sistemas marinos, arrecifales y costeros al CCG en el sureste de México.
- 2) Analizar datos biológicos de largo plazo y amplio intervalo geográfico ya existentes en

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

las instituciones participantes en la Red para determinar indicadores sensibles al CCG para ecosistemas selectos del sureste de México a escalas espaciales regionales y locales.

- 3) Generar modelos conceptuales de la vulnerabilidad de los humedales costeros de Tabasco y Yucatán para desarrollar estrategias de manejo y adaptabilidad encaminadas a disminuir los potenciales efectos del CCG en los sitios con mayor susceptibilidad a inundaciones y erosión.

**Metodología.**

*Integración de las redes de sensibilidad y vulnerabilidad.*

El proceso de integración de la red de investigación sobre sensibilidad y vulnerabilidad se llevó a cabo mediante reuniones entre las instituciones, que se llevaron a cabo en Mérida, Yucatán y Cancún Q. Roo entre agosto de 2009 y junio de 2011. Las reuniones permitieron determinar la misión, visión y estrategia de estudio interdisciplinario e interinstitucional para generar potenciales indicadores al CCG. El financiamiento para estas reuniones vino del proyecto FOMIX Yucatán 108929 “Sensibilidad y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros del sureste de México ante el Cambio Climático Global” asignado a VMVM, entre otros.

*Indicadores de sensibilidad y vulnerabilidad.*

Los laboratorios de Productividad Primaria del Cinvestav y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco cuentan con sistemas de información geográfica (SIGs), fotografías satelitales de las áreas impactadas o con potencial impacto por variables relacionadas con el CCG (huracanes, inundaciones, pérdida de cobertura por manglar, poblaciones afectadas, etc.). Estos datos fueron analizados (y continúan siéndolo) con métodos de percepción remota, para determinar las variables cruciales a estudiar en lo que respecta a la sensibilidad y vulnerabilidad de los ecosistemas costeros del sureste de México. En el caso específico de Tabasco, la metodología propuesta (geomorfológica y geodésica) permitió conocer las tendencias geodinámicas de la superficie terrestre de su zona costera durante la segunda mitad del siglo XX y hasta el presente.

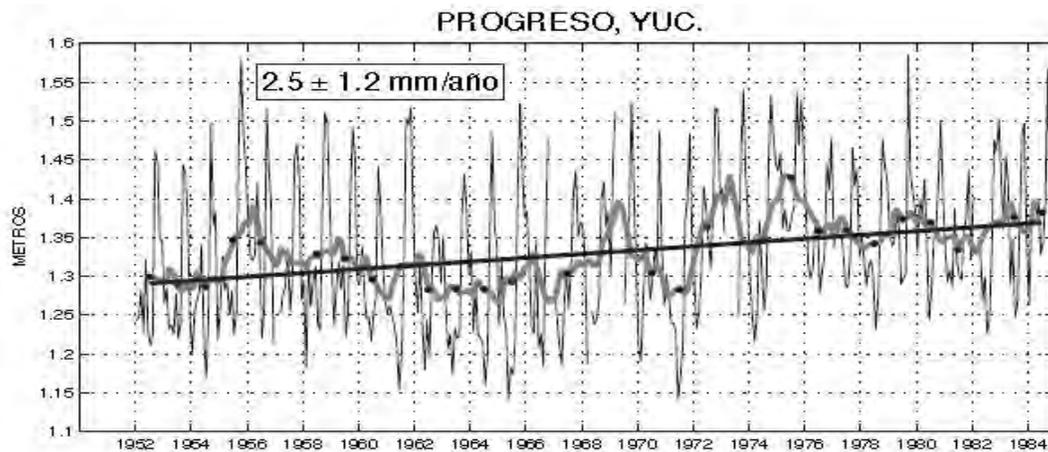
Adicionalmente, el laboratorio de Parasitología del Cinvestav Mérida cuenta con 3 series de tiempo de largo plazo (11 años) de los parásitos de peces y moluscos de la Laguna de Celestún, sitio base de la Red de Ecología de largo Plazo de Yucatán (ECOPEY) que pertenece a la Red Mexicana de Estudios Ecológicos de Largo Plazo (Red MexLTER). Estos datos fueron analizados con métodos de series de tiempo para determinar estructura temporal (Legendre y Legendre, 1998) y espacial (Fortin y Dale, 2005) con el fin de detectar indicadores sensibles al Cambio Climático o sus efectos.

Para determinar la acreción/subsidencia e hidroperíodo en humedales costeros, el Cinvestav Mérida, la UJAT y la UQROO, seleccionaron diferentes localidades con diferentes tipos ecológicos de manglar (ribereño, de borde, de franja, chaparro y sobreinundado) en diferentes escenarios geológicos (sistemas deltaicos, sistemas cársticos) climatológicos (seco, sub-húmedo, húmedo) en Tabasco, Yucatán y Quintana Roo. Para conocer el incremento de nivel del mar, se realizaron mediciones de perfiles topográficos de los primeros 100 metros desde el cuerpo de agua y hacia el interior del manglar. Para conocer la variabilidad de los diferentes tipos de hidroperíodo en los sitios de muestreo, se instalaron medidores continuos de nivel de agua, y con esta información se desarrollaron modelos predictivos de los cambios de hidroperíodo debidos a los efectos de cambio climático. Para obtener datos de los cambios netos de nivel del suelo en los sitios de manglar, se utilizó la mesa de sedimentación y elevación (“SET”, sedimentation elevation table).

En poblaciones costeras, la Universidad del Caribe realizó una investigación bibliográfica y documental, con base en la que definió las localidades a analizar para determinar la percepción de los habitantes respecto al CCG. Con el apoyo de la Universidad de Quintana Roo, se llevó a cabo un levantamiento en campo a través de la aplicación de una encuesta a la población y entrevistas a profundidad con informantes calificados, protagonistas y grupos focales.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 1. Incremento del nivel del mar en Progreso, Yucatán (1952-1984) de acuerdo con la información de las estaciones mareográficas de la UNAM. Tomado de Zavala-Hidalgo et al. (2010).



**Resultados.**

*La Red.*

La Red Interinstitucional de Cambio Climático del Sureste de México quedó formalmente constituida el 17 de agosto, 2009 y actualmente la integran siete Instituciones educativas de Yucatán, Campeche, Quintana Roo y Tabasco, una Institución de Educación Superior del Reino Unido y una Asociación Civil del Estado de Yucatán (ver listado de autores e instituciones en la carátula). Además participa también el Royal Holloway, University of London del Reino Unido.

La misión de la Red es ser un órgano de generación de ciencia y tecnología de cambio climático y transmitirla a la sociedad. Su visión es ser un órgano consultor del sector público, privado y social para la aplicación de los preceptos del IPCC y de otros organismos internacionales en relación al cambio climático, en el sureste de México y en la franja tropical. Su objetivo general es generar y difundir conocimiento científico y tecnológico en temas de cambio global, para el desarrollo sustentable del sureste de México.

*Sensibilidad y vulnerabilidad*

Series de tiempo (datos de largo plazo de parásitos y caracoles).

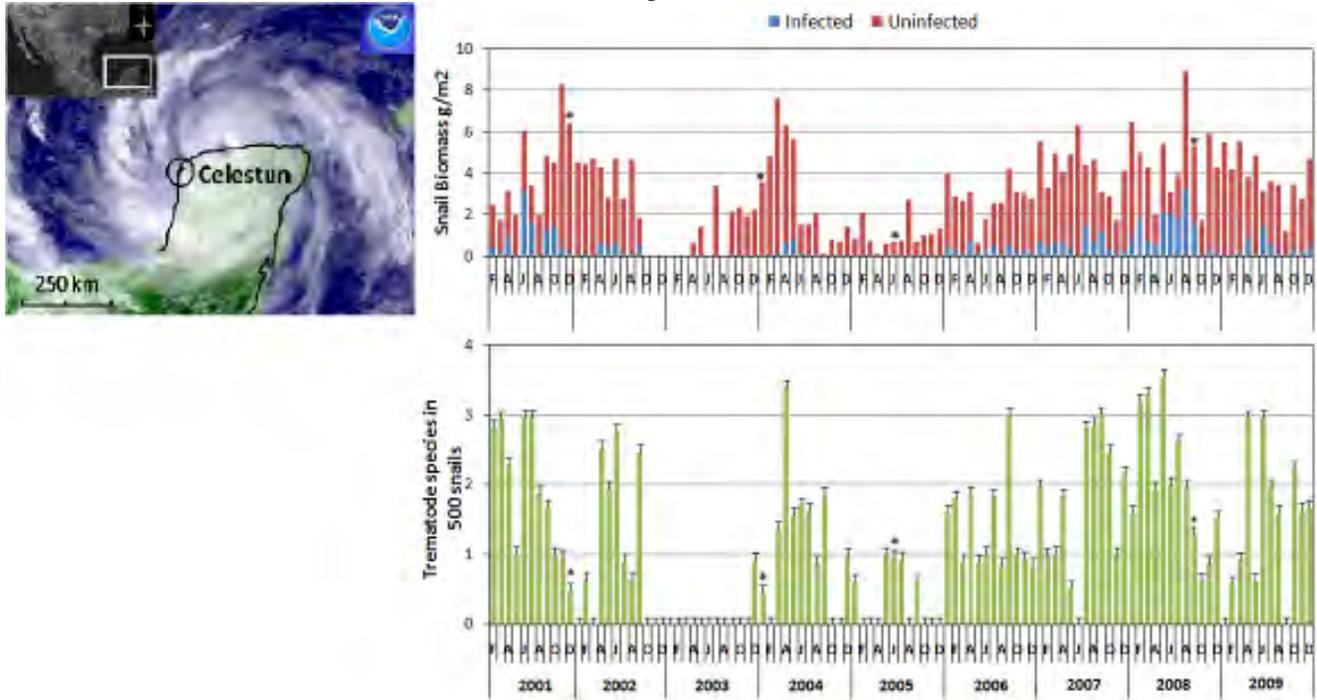
El huracán Isidoro (Septiembre 2002), impactó a los caracoles (Fig. 2) (Aguirre-Macedo et al., aceptado). Antes del huracán la densidad de hospederos era de 1.7 a 8.3 g/m<sup>2</sup>. Un análisis de intervención para la densidad de caracoles ( $R^2 = 0.37$ ) indicó que esta variable antes del huracán era 4.3 (0.39 EE) g de caracol /m<sup>2</sup>. Sin embargo, la densidad después del huracán fue 0.4 (0.39 EE).

Entonces, el huracán produjo un decremento de 3.9 g (0.72 EE) g de caracol/m<sup>2</sup> (t-Ratio = -5.30,  $P < 0.001$ ). Los caracoles no fueron vistos en el sitio por seis meses después del huracán y su biomasa promedio permaneció baja (0.6 – 3.4 g/m<sup>2</sup>) por 12 meses después del huracán. La biomasa de los caracoles se recobró lentamente (t-Ratio = 101.3,  $P < 0.0001$ ), alcanzando el 90% de los valores previos después de 59-114 meses (Fig. 2).

El huracán también impactó a los trematodos. El análisis de intervención para la riqueza de especies ( $R^2 = 0.30$ ), indicó que antes del huracán esta era de 1.72 (0.2 EE) especies (Jackknifed). El huracán produjo un decremento de 1.99 (0.42 EE) especies (t-Ratio = -4.74,  $P < 0.001$ ). La riqueza de especies se recuperó también lentamente (t-Ratio = 68.52,  $P < 0.0001$ ), alcanzando los valores de octubre 2002 después de 44 a 99 meses.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 2. Serie de tiempo del caracol *Cerithidea pliculosa* y sus parásitos en Celestun, Yucatán antes del paso del huracán Isidoro en la costa de Yucatán el 22 de septiembre de 2002 y su recuperación 7 años después (Aguirre-Macedo et al., aceptado).



*Efecto del huracán Isidoro sobre el mangle de Yucatán.*

El huracán Isidoro también impactó a los manglares de la costa de Yucatán. Antes del huracán el área cubierta por el manglar en la costa Yucateca era de 54, 633. 22 Ha. Después del paso del huracán solo quedaron 17 442.51 Ha. Esto significó una pérdida de 37 190.71 Ha (68%). Sin embargo, aparentemente los sitios más impactados por huracanes, son los que producen más caída de hojas y esto a su vez ayuda en la producción de suelo en las lagunas costeras (Herrera, en revisión).

*Vulnerabilidad de la zona costera de Tabasco.*

En la Fig. 3, se presentan tanto el avance como el retroceso del mar en las nueve zonas en que se ha dividido la zona costera de Tabasco.

Claramente, la zona 9 con un avance del mar de 3.5 m es la zona más vulnerable y por tanto las poblaciones humanas que ahí habitan. De hecho el

INE considera que toda la zona Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta (SEMARNAT, 1997).

El grave problema que plantea para las comunidades humanas la vulnerabilidad de la zona costera de Tabasco, se ve reflejada en el número de municipios y comunidades que se ven afectadas tanto por las inundaciones como por otros problemas de origen distinto al climático. Por tanto, las condiciones de vulnerabilidad están dadas entonces por una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento de vehículos automotores e incremento de población con niveles de pobreza altos (Aguilar, 1995). Este es el caso de los municipios de Cárdenas con 11 poblaciones afectadas y 13 430 personas en circunstancias de vulnerabilidad, Paraíso con 13 poblaciones y 12 571 personas y Centla con 44 poblaciones y 21 487 personas (Gama-Campillo, com. pers).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Fig. 3. Avance y retroceso del nivel del mar en la costa de Tabasco entre 1995 y 2008. (Datos de la Dra. Lilia Gama Campillo de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco).



*Percepción humana de la vulnerabilidad ante el Cambio Climático en Campeche, Q. Roo y Yucatán.*  
 La Universidad del Caribe, llevó a cabo un estudio piloto sobre la percepción de las comunidades humanas sobre el CCG. Su estudio incluyó 6 localidades en 3 estados (Campeche, Q. Roo y Yucatán). El objetivo del estudio fue evidenciar el conocimiento de comunidades costeras de la Península de Yucatán sobre el cambio climático, así como la opinión de su vulnerabilidad y de la aplicación de propuestas de adaptación hechas por instituciones nacionales e internacionales.

Los tamaños de muestra para cada población fueron 275 personas en Isla Aguada, Camp., 184 en Isla Arena, Camp., 133 en Mahaual, Q. Roo, 231 en Pto. Morelos, Q. Roo, 280 en Celestún, Yuc., y 251 en Rio Lagartos, Yuc. El resultado principal de este trabajo fue que existe la percepción de que el CCG puede afectar la salud y el trabajo. De hecho, las enfermedades que las personas mencionaron como susceptibles de ser afectadas por el CCG fueron el dengue y las infecciones respiratorias. Aún cuando esta percepción puede ser inexacta, es importante reconocer lo que la población percibe como fuente de riesgo.

*Mitigación.*

Un aspecto extremadamente relevante del Laboratorio de Producción Primaria de Cinvestav

Mérida, es la recuperación de zonas de manglar afectado en el área de Celestún. El programa ha sido muy exitoso re-estableciendo la hidrología de la zona, antes que solo sembrando plántulas. Adicionalmente, en el trabajo de recuperación de mangle se ha calculado que el secuestro de carbono va desde 1 hasta 7 ton C/ha/año, mientras que un bosque natural (templado) se capturan 4 ton C/ha/año, en un bosque de pinos reforestado 1.64 ton C/ha/año, y por regeneración natural 0.32 ton C/ha/año (Herrera com. pers.).

**Conclusiones.**

- 1) El análisis de series de tiempo de largo plazo demostró que el huracán Isidoro afectó significativamente a las poblaciones de caracoles y sus comunidades de parásitos de Celestún, Yucatán. Sin embargo, la biomasa de los caracoles se recobró 59-114 meses, mientras que el porcentaje de hospederos infectados (PHI) y la riqueza de especies se recuperaron entre 58-134 meses y 44-99 meses respectivamente.
- 2) El huracán Isidoro también afectó la cobertura de manglar de Yucatán, perdiéndose el 68%. Sin embargo, aparentemente los sitios más impactados por huracanes, son los que producen más caída de hojas y esto a su vez ayuda en la

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

- producción de suelo en las lagunas costeras.
- 3) La zona del Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta es considerada como la más vulnerable al incremento en el nivel del mar. En esa zona el mar ha avanzado 3.5 m entre 1995-2008. Adicionalmente Tabasco es especialmente propenso a las inundaciones. Esto, aunado al efecto del CCG plantea un grave problema para 47488 personas de 68 poblaciones.
  - 4) La percepción de las comunidades costeras estudiadas en la Península de Yucatán es que el cambio climático representa una amenaza latente para los diferentes elementos sociales, entre ellos la salud y la actividad turística. Por lo que muestran gran aceptación de las propuestas de adaptación. Sin embargo, la adopción de estas dependerá de su situación sociocultural y económica.
  - 5) La recuperación de zonas de manglar afectado por huracanes en el área de Celestún ha logrado capturas de carbono entre 1 y hasta 7 ton C/ha/año.

Gitay, H., Suárez, A., Watson, R.T. y Dokken D.J. (Eds). (2002). *Climate Change and Biodiversity*. IPCC Technical Paper V. Geneva, Switzerland. pp 85 (accesible en . <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>).

Herrera Silveira, J. (in review). Moderate frequency and intensity of hurricanes increase litterfall production in mangrove forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*

Legendre, P. y Legendre, L. (1998) *Numerical ecology*. (2nd edn), Elsevier Science BV.

SEMARNAP. 1997. México. *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*.

Stern, N. (2007). *El informe Stern, la verdad sobre el cambio climático*. Ediciones Paidós Ibérica, Barcelona, 389 p.

**Fuentes de consulta**

Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J. y Sala E. (2008). Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Science* 105: 10456-10459.

Aguirre-Macedo, M.L., V.M. Vidal-Martínez and K.D. Lafferty (accepted). Trematode communities in snails can indicate impact and recovery from Hurricanes. *International Journal for Parasitology*.

Aguilar G. 1995. México ante cambio climático. Segundo Taller de Estudio de País, México. In SEMARNAP-UNAM-US Country Studies.

Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., Friel, S., Groce, N., Johnson, A., Kett, M., Lee, M., Levy, C., Maslin, M., McCoy, D., McGuire, B., Montgomery, H., Napier, D., Pagel, C., Patel, J., Puppim de Oliveira, J.A., Redclift, N., Rees, H., Rogger, D., Scott, J., Stephenson, J., Twigg, J., Wolff, J., Patterson, C. (2009). Managing the health effects of climate change. *The Lancet* 373: 1693-1733.

Fortin M.J. y Dale, M. (2005) *Spatial Analysis: A Guide for Ecologists*. Cambridge University Press.

# **Adaptación**



## Fenómenos Climáticos Extremos y Adaptación: un análisis exploratorio de la sequía en México.

Roy Boyd<sup>1</sup> y María E. Ibarrarán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Ohio, Departamento de Economía.

<sup>2</sup> Universidad Iberoamericana Puebla, Departamento de Ciencias Sociales.

### Introducción.

México, al igual que muchos países en desarrollo, es potencialmente vulnerable a los daños causados por el cambio climático global. Se encuentra en una región susceptible a variaciones significativas en los patrones de clima y temperatura. Su falta de riqueza se traduce en una barrera al financiamiento efectivo de políticas de públicas de adaptación ante cambio el cambio climático (ver IPCC, 2007). Además, muchas de las actividades económicas más importantes que inciden en el desarrollo de países como México, se producen en los sectores agrícolas y de recursos naturales, que tienden a ser susceptibles a los cambios en los patrones climáticos. La conexión entre el clima y el bienestar económico de gran importancia para que el crecimiento económico sea sostenible en estos países.

El Programa de Estudios de País de EE. UU. (USCSP), junto con el Programa de las Naciones para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Gobierno de Canadá, han financiado estudios en países en desarrollo, con el objetivo elaborar inventarios de gases de efecto invernadero, de tal forma que permita analizar los efectos bajo diferentes escenarios de emisiones, evaluar la vulnerabilidad que surge del cambio climático y valorar la eficacia de los programas de adaptación y opciones de mitigación. Como parte de esos esfuerzos, un grupo de investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), han analizado a fondo diversos escenarios de cambios climáticos y estudiado su impacto en diversos sectores de la economía mexicana. Los resultados de estos estudios son más bien de orden cualitativo y no muestran los costos de estos impactos.

El presente estudio se centra en el análisis del impacto de la sequía sobre la economía mexicana. Para ello se plantean tres preguntas: 1. ¿Cuál es el costo de una sequía en la economía?, 2. ¿Qué

sectores son los principales afectados y en qué medida?, y 3. ¿Cuáles son los beneficios de la adaptación y quién los recibe? Para responder a estas incógnitas, este estudio se basa en los resultados de Gay (2003).

Los resultados científicos de los efectos físicos del cambio climático se incorporan al modelo en términos económicos, mediante el cálculo del costo total de la adaptación por alteración de las condiciones climáticas y fenómenos meteorológicos extremos. Para llevar a cabo este análisis se usa un Modelo de Equilibrio General Computable (CGE por sus siglas en inglés). Este modelo es bastante amplio en su alcance, especialmente porque toma en cuenta la competencia imperfecta (en el sector energético) que existe actualmente en el mercado mexicano. La principal ventaja es que permite tener en cuenta las interrelaciones entre la economía y el cambio climático, así como la interacción entre sectores. Por tanto, este modelo se puede aplicar a problemas como la sequía extrema, ya que afecta a algunos sectores directamente y a otros de manera indirecta. Además, la sequía es un fenómeno dinámico que afecta a la economía durante un período prolongado de tiempo. Por último, un modelo como este permite estimar de forma explícita los costos para la economía del cambio climático, en particular aquellos relacionados con la sequía, así como los costos y beneficios derivados por aplicación de medidas de adaptación.

El resto del artículo se divide en cuatro secciones. La Sección 2 describe las condiciones climáticas imperantes y los cambios esperados por un cambio climático severo. La sección 3 revisa los eventos extremos más significativos que México ha enfrentado en las últimas décadas. La sección 4, se presenta el Modelo de Equilibrio General Computable, su estructura y las ventajas de utilizarlo. Se describe cómo los fenómenos meteorológicos extremos se integran en el modelo. En la sección 5 se describen los diferentes

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

escenarios y los resultados. Finalmente, en la sección 6 están las conclusiones más importantes del estudio.

**Antecedentes.**

México tiene una superficie de casi 2 millones de km<sup>2</sup>, con una gran diversidad de clima zonas. Desde la frontera con EE.UU. hasta el norte de Ciudad de México, el clima es seco a muy seco durante todo el año. También la Península de Baja California es una zona extremadamente seca. La parte central y occidental del país experimenta un clima templado sub-húmedo, mientras que las costas del sur y la Península de Yucatán son cálidas y sub-húmedas. Las condiciones cálidas y húmedas predominan en la zona oeste de la Península de Yucatán hacia el centro-sur. Sin embargo, la mayor concentración poblacional se encuentra en el centro, norte y noroeste del país, donde el agua es escasa<sup>1</sup>.

Los resultados de los estudios del Modelo de Cambio Climático en Canadá (CCC) y del Laboratorio de Geofísica de Fluidos Dinámicos<sup>2</sup> (GFDCL-R30) indican que habrá una modificación sustancial de los patrones de precipitación global y en las cuencas hidrológicas. La recarga de los acuíferos se reducirá, por tanto las sequías y desertificación aumentarán. Los ecosistemas se verán alterados de manera significativa. Esto podría resultar en una reducción drástica de las zonas tropicales y los bosques templados. Los sectores industrial y energético serán más vulnerables en las zonas Centro y Norte, así como en los estados de la costa del Golfo (Gay, 2003).

Comparar el funcionamiento de la economía mexicana bajo diferentes escenarios climáticos (con y sin sequía y ondas de calor) ayudará a cuantificar su impacto económico en general. Además de los efectos físicos provocados por los fenómenos naturales, los desastres también pueden afectar a las personas mediante la interrupción del proceso económico y la consiguiente alteración de su fuente de ingresos. La Tabla 1 presenta los desastres naturales más importantes que México ha enfrentado desde 1930 con base en su impacto económico. Como puede verse, los huracanes son, por mucho, el desastre más dañino, seguido por la sequía y las inundaciones. Sin embargo, el desastre más costoso en promedio es la sequía.

Cuando sea posible, es importante identificar la distribución geográfica de los desastres y valorar en función de sus pérdidas humanas y económicas, los costos de auxilio, rehabilitación y reconstrucción. Si el impacto de los desastres es relativamente pequeño y confinado a una región escasamente poblada, los efectos locales directos son suficientes para el análisis de políticas. Sin embargo, cuando las pérdidas son grandes, los efectos en todos los sectores pueden tener una gama de impactos macroeconómicos, cuyos impactos pueden afectar eventualmente el crecimiento, la inversión, los resultados sectoriales, la migración y la distribución del ingreso a nivel nacional (Ibarrarán, et al., 2006; Khan, 2000).

**La sequía en México.**

Debido a la ubicación de México en una zona subtropical, las sequías extremas asociadas al cambio climático probablemente provocará que sean más frecuentes, más intensas y de mayor duración, en comparación con la media mundial. Hernández, et al. (2003) expresan de que bajo el escenario de duplicación de CO<sub>2</sub>, entre 36 y 39% de la superficie del territorio mexicano haría frente a sequías graves y prolongadas. Los recursos hídricos se reducirán, debido al limitado escurrimiento que recargan las fuentes subterráneas de agua (Maderey y Jiménez, 2003). Esto, a su vez, tendrá un efecto negativo en el volumen de agua utilizable, reducción de las reservas de agua, provocando daños a la agricultura, la ganadería, la silvicultura y los ecosistemas y la proliferación de enfermedades de origen gastrointestinal.

La participación de la agricultura en el PIB es de menos del 4%, y emplea a más del 15% de la población total (INEGI, 2005), en su mayoría agricultores cuya producción es de autoconsumo. En la actualidad, sólo el 16% de la tierra es apta para la agricultura. De los 20 a 25 millones de hectáreas aptas para la agricultura, 17 millones son de temporal y 4.8 millones son de riego. Por otro lado, los mexicanos más pobres que trabajan en el sector silvícola, sobreviven con la producción y venta de recursos no madereros. Bajo escenarios de cambio climático, el 75% de todas las tierras de cultivo son serían aptos para la producción de maíz, a pesar de ser un grano relativamente resistente a la sequía (Flores, et al., 2003). La medida de adaptación para minimizar los efectos negativos es el uso de fertilizantes, pero el costo evita su uso entre los agricultores de autoconsumo. Por tanto, los subsidios serán imprescindibles, pero los recursos pueden ser insuficientes. (Conde, et al. 2003).

<sup>1</sup> Ver Ibarrarán y Boyd (2006).

<sup>2</sup> Los resultados de ambos estudios, CCC y GFDCL-R30, se pueden encontrar en Gay (2003).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

La producción de energía eléctrica y de combustibles fósiles también se pueden ver afectados. La producción de combustibles fósiles en refinerías, ubicadas en las zonas secas, se enfrentan a problemas de disponibilidad de agua (Sánchez y Martínez, 2003). Así mismo, la producción de energía eléctrica es muy sensible en el norte y parte del noroeste del país. Tanto las centrales hidroeléctricas como las centrales térmicas eléctricas podrían sufrir pérdidas de producción debido a la escasez de fuentes de agua. De hecho, los bajos niveles de precipitación han causado estragos en la producción de electricidad.

Por último, la sequía también puede causar efectos macroeconómicos. La constante falta de agua puede contraer la producción, empeorar la balanza comercial y aumentar la deuda del gobierno, aumentar la pobreza y frenar el desarrollo (Rasmussen, 2004).

Los desastres naturales, en este caso las sequías, suelen tener un efecto más severo sobre los más

pobres, y en consecuencia, un impacto regresivo en la distribución del ingreso. Los países en desarrollo son más propensos a padecerlos que los países desarrollados, debido a factores estructurales cuyos efectos sobre la economía puede ser de larga duración (Ibarrarán; et al, 2006). La magnitud de estos efectos está íntimamente ligada a la ubicación, la población y la actividad económica afectada por el desastre natural.

**Modelación.**

A menudo, el número de los sectores económicos afectados por los desastres naturales es grande y los cambios en éstos pueden tener importantes repercusiones en toda la economía. Estos problemas pueden ser analizados mediante del Modelo de Equilibrio General Computable donde a todos los sectores de la economía se les considera interrelacionados, por lo que un cambio, por mínimo que sea, afecta a los precios y la producción de todo el sistema.

Tabla 1. Resumen de Desastres Naturales en México, 1930-2005.

	Número de Eventos	Muertos	Lesionados	Número de personas sin hogar	Afectados	Tota de Afectados	Daños (Miles de dólares)
Sequías	8	0	0	0	65,000	65,000	1,625,000
Promedio por evento		0	0	0	8,125	8,125	203,125
Sismos	27	10,667	33,287	112,275	2,556,577	2,556,577	76,500
Promedio por evento		395	1,233	4,158	94,688	94,688	2,833
Epidemias	2	68	0	0	11,525	11,525	0
Promedio por evento		34	0	0	5,763	5,763	0
Temperaturas extremas	16	1,207	0	16,000	1,400	17,400	4,000
Promedio por evento		75	0	1,00	88	1,088	250
Inundaciones	44	4,080	659	165,990	1,333,695	1,500,344	138,400
Promedio por evento		93	15	3,773	30,311	34,099	3,146
Deslaves	6	202	0	120	200	320	0
Promedio por evento		34	0	20	33	53	0
Erupciones	10	1,120	500	15,000	146,408	161,908	3,300
Promedio por evento		112	50	1,500	14,641	16,191	330
Incendios forestales	3	83	0	0	0	0	0
Promedio por evento		28	0	0	0	0	0
Huracanes	58	4,948	1,803	316,250	2,257,815	2,575,868	3,969,000
Promedio por evento		85	31	5,453	38,928	44,412	68,431

Las epidemias están incluidos: diarrea/cólera y dengue.

Fuente: CRED, 2004.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

El modelo aquí usado cuenta con trece sectores de producción, 14 bienes de producción (dado que, el petróleo y el gas natural se producen de forma conjunta en un sector)<sup>3</sup>. Además de los ocho sectores no agrícolas<sup>4</sup>, la agricultura se desglosa en otros sectores como la ganadería, la producción de granos, la pesca, la silvicultura y "otros" sectores de la agricultura. Esta clasificación se realizó con el objeto de tratar de forma explícita y a detalle al sector primario, de tal forma que se pueda cuantificar sus interacciones con otros sectores cuando se ve afectado por una sequía como consecuencia del cambio climático. El modelo también cuenta con cuatro hogares, o grupos de ingresos ingreso (ver Cuadro 2) y siete sectores de consumo, es decir, alimentos, energía, automóviles, gasolina, transporte, servicios y bienes de la vivienda. También cuenta con un sector externo y un sector gubernamental.

Tabla 2. Categorías de hogares, basadas en ingreso.

Categorías	Ingreso
Agente 1	1-2 deciles (ingresos bajos)
Agente 2	3-5 deciles
Agente 3	6-8 deciles
Agente 4	9-10 deciles (ingresos altos)

Fuente: elaboración propia.

**Supuestos.**

Una de las desventajas de este modelo es el número finito de períodos. En consecuencia, la aplicación de ajustes son necesarios para diseñar un modelo que, cuando se resuelve en un horizonte finito, se aproxime a opciones infinitas horizonte. Para evitar que los consumidores hagan uso de todo su capital disponible en el último período de análisis, se debe especificar una ecuación o valor específicos para el capital en ese último período (Lau, Puhlke, y Rutherford, 1997). Como alternativa, se incluye una variable en el capital posterior al último período una, además de una restricción en el crecimiento de la inversión en el período final. Así mismo, en el modelo existen precios de petróleo internos e internacionales que pueden ser diferentes debido a

<sup>3</sup> La falta de datos nos impide construir un modelo regional. Por otra parte, un modelo regional es poco práctico, dado que la región está constituida por capital propiedad de los individuos y empresas de todo el país.

<sup>4</sup> Estos sectores son: petróleo y gas, químicos, productos refinados, carbón, electricidad, transporte y servicios.

la calidad y a los costos de transporte. Las simulaciones corren a lo largo de 22 periodos y año final es el 2026.

El modelo también asume que los recursos petroleros en México son finitos y que están sujetos al agotamiento después de cierto tiempo. Por tal razón, se restringe la producción a un nivel predeterminado en relación a las estimaciones de agotamiento. Otra de las modificaciones diseñadas para producir realismo empírico es la inclusión de monopolios en el sector energético dado que, tanto el petróleo (PEMEX) como la generación de energía (CFE), están a cargo de empresas estatales que fijan los precios<sup>5</sup>.

**Simulaciones y resultados.**

El modelo se construye a partir de la Matriz de Contabilidad Social tomando como punto de referencia el 2005. Las importaciones, exportaciones, consumo, gasto público y emisiones de carbono en todos los sectores aumentan de forma constante con base en la tasa inicial de crecimiento. Los ingresos, el bienestar del hogar y el acervo de capital también crecen a esta misma tasa inicial. El modelo asume cierto grado de sustitución entre capital, trabajo, energía e insumos en el proceso de producción en cada uno de los sectores.

El escenario 1 es el tendencial, es decir, sin sequía. El escenario 2 refleja los impactos esperados de largo plazo de la sequía en el sector primario y energético. La sequía se introduce en dos puntos en el tiempo con el mismo nivel de gravedad. La sequía aparece por primera vez entre los años 2010 y 2015 y la segunda entre 2019 y 2024. En el modelo se refleja en la reducción de la productividad de los sectores más afectados. Si comparamos los resultados de ambos escenarios podemos observar los costos a la economía en el consumo, el bienestar del consumidor y el crecimiento económico; además cuantifican el impacto en los distintos sectores económicos, así como los efectos sobre la balanza de pagos y la distribución del ingreso en México para el período comprendido entre 2005 y 2026. Finalmente, el escenario 3 muestra los efectos de las estrategias de adaptación para mitigar el impacto del clima negativo en la agricultura, silvicultura y generación de electricidad.

<sup>5</sup> Para más detalles, ver Ibararán y Boyd (2006).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Escenario 1: Escenario Tendencial.**

En el escenario 1, la producción de petróleo aumenta hasta el 2003. A partir de ese momento, la cantidad de petróleo producido se mantiene constante, en 5.2 millones de barriles por día. Esto, debido al agotamiento de las reservas existentes de petróleo, que hará imposible la extracción si no se realizan grandes inversiones a PEMEX, específicamente en la perforación y actividades de exploración.

Este supuesto, a su vez, nos da un punto de referencia más viable para medir los impactos del cambio climático y las políticas de adaptación a las condiciones de sequía. Además, se modela el poder monopólico de PEMEX y CFE (ver Tablas 3 y 4). El factor más importante en este escenario es el agotamiento de las reservas de petróleo de México. Dado que el petróleo es el principal contribuyente a la generación de CO<sub>2</sub>, las emisiones de gases son 33% más bajo que sin agotamiento. Por lo tanto, el

proceso natural de agotamiento puede limitar en cierta medida las emisiones de GEI.

Esto lleva a una reducción significativa en la producción de derivados, carbón, manufacturas y químicos, más aún en el sector energético. Debido a la alta proporción de energía consumida por los grupos de ingreso bajo y medio, el impacto será regresivo sobre la distribución general de ingresos, sobre todo en los más pobres, al experimentar pérdidas en mayor proporción que más ricos.

Dado que el petróleo juega un papel vital en la economía mexicana, el agotamiento conduce a una caída en el PIB, de la inversión, el desarrollo económico, el bienestar de los cuatro grupos de ingreso y el valor final del acervo de capital. El agotamiento afecta al comercio exterior, reflejándose en la balanza comercial.

Tabla 3. Principales Resultados del Modelo de Equilibrio Computable para México, 2026.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
PIB	12.188	-3.05%	0.33%
Producción de Petróleo	0.251	1.63%	0.22%
Producción de Energía	0.170	-2.13%	0.24%
Consumo	8.657	-0.25%	-0.01%
Importación	3.808	0.00%	0.00%
Exportación	3.902	-0.60%	0.04%
Exportación de Petróleo	0.236	-0.96%	0.09%
Superávit de Balanza de Pagos	0.112	-26.14%	1.88%
Bienestar Total para el Agente 1 (agregado)	4.193	-1.12%	0.06%
Bienestar Total para el Agente 2 (agregado)	12.529	-1.13%	0.05%
Bienestar Total para el Agente 3 (agregado)	19.460	-0.85%	0.03%
Bienestar Total para el Agente 4 (agregado)	32.465	-0.54%	0.00%
Stock de Capital	29.767	-4.05%	0.43%
Ingresos Gubernamentales Totales provenientes de PEMEX	0.407	0.05%	0.00%
Ingresos Gubernamentales Totales provenientes de CFE	0.057	-0.35%	0.00%
Ingresos Gubernamentales Totales provenientes de otros recursos	6.416	-0.90%	0.06%

Nota: los números para el escenario 1 están dados en miles de millones de dólares del año 2000. Los números para el escenario 2 son el cambio porcentual con respecto al escenario 1 y los números del escenario 3 son el cambio porcentual con respecto al escenario 2.

Fuente: Elaboración propia.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Tabla 4. Resultados Sectoriales, cambios porcentuales al 2026.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
<b>Producción</b>			
Granos	0.3400	-11.56%	2.76%
Ganado	0.4049	-13.78%	1.70%
Carbón	0.0200	-7.77%	1.09
Petróleo	0.2510	1.65%	0.222%
Manufacturas	5.4946	-5.25%	0.67%
Químicos	0.5727	-5.93%	0.71%
Productos Refinados	0.2210	-10.14%	1.36%
Transporte	1.0016	-0.66%	0.06%
Electricidad	0.1705	-2.08%	0.24%
Recursos Forestales	0.0446	-18.52%	0.69%
Pesca	0.0717	-0.49%	0.07%
Otros productos agrícolas	0.4027	-12.23%	0.38%
Servicios	6.5042	-0.48%	0.04%
Gas Natural	0.0298	-2.01%	0.34%
<b>Consumo</b>			
Alimentos	2.2461	-2.27%	0.23%
Vivienda	3.2235	0.43%	-0.08%
Gasolina	0.3538	0.69%	-0.10%
Automóvil	0.3796	0.04%	-0.03%
Electricidad	0.2720	0.17%	-0.11%
Transporte	0.3866	0.58%	-0.09%
Servicios	1.7958	0.58%	-0.10%
<b>Importaciones</b>			
Granos	0.0191	7.33%	-1.71%
Ganado	0.0139	9.71%	-0.98%
Carbón	0.0048	-1.05%	0.00%
Petróleo	0.0000	0.00%	-0.01%
Manufacturas	3.0512	-0.12%	0.11%
Químicos	0.5284	-0.98%	0.13%
Productos Refinados	0.0783	-1.15%	0.00%
Recursos Forestales	0.0049	13.27%	0.00%
Pesca	0.0023	-2.17%	0.00%
Otros productos agrícolas	0.0971	6.90%	0.00%
Servicios	0.0024	-2.13%	0.00%
Gas Natural	0.0057	-6.14%	0.93%
<b>Exportaciones</b>			
Granos	0.0047	-7.53%	2.33%
Ganado	0.0250	-9.22%	1.105
Carbón	0.0007	7.69%	0.00%
Petróleo	0.2362	-0.95%	0.09%
Manufacturas	3.1948	-0.36%	0.05%
Químicos	0.2703	0.50%	-0.07%
Productos Refinados	0.0322	0.78%	-0.15%
Recursos Forestales	0.0020	-12.50%	0.00%
Pesca	0.0271	0.37%	0.00%
Otros productos agrícolas	0.1206	-6.89%	0.00%
Servicios	0.0063	0.80%	-0.79%
Gas Natural	0.0006	0.00%	0.00%

Nota: los números para el escenario 1 están dados en miles de millones de dólares del año 2000. Los números para el escenario 2 son el cambio porcentual con respecto al escenario 1 y los números del escenario 3 son el cambio porcentual con respecto al escenario 2.

Fuente: Elaboración propia.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

**Escenario 2: Los efectos de un evento climático (elasticidad moderada).**

En este ejercicio se simula una sequía durante los años 2010-2015 y 2019-2024 de la misma intensidad que la sequía de México durante el periodo de 1993 a 1996. De acuerdo con Rosenberg (1993), los principales impactos de un una sequía de larga duración son una menor productividad de la agricultura y de la ganadería. La silvicultura y la producción de las hidroeléctricas también se ve afectada. Por lo tanto, es de esperar que el daño causado por tal ocurrencia climática sea más fuerte en estos sectores.

Se ajusta la productividad de los sectores primarios y la producción hidroeléctrica durante los años de sequía con el fin de saber cómo se ven afectados los distintos. Como era de esperarse, los resultados más dramáticos son en los sectores primarios.

La producción en todos estos sectores disminuye y, por tanto, hay menor la disponibilidad de productos agropecuarios y silvícolas. La electricidad también sufre pérdidas significativas. Con el aumento de los precios de los alimentos y la electricidad, se reduce la fabricación de productos químicos y refinados. Sin embargo, las pérdidas en estos sectores secundarios no son tan pronunciadas como en los sectores primarios, pero aun así hay afectaciones en el largo plazo. Por su parte, los consumidores redujeron sus compras agregadas en el sector de alimentos. El consumo de electricidad disminuye ligeramente. Otros indicadores agregados también disminuyen, lo que refleja la desaceleración de la actividad económica. El bienestar de los más pobres disminuye más que el bienestar de los más ricos. Además, las importaciones de alimentos aumentan.

**Escenario 3: Los efectos de la adaptación.**

El escenario 3 mide el efecto combinado de una sequía prolongada y una serie de políticas diseñadas para amortiguar el impacto negativo de un evento climático. Ahora se introducen medidas para aumentar la productividad del sector primario de manera gradual, a través de cambio tecnológico, junto con sus respectivos costos. Aumenta la disponibilidad de tierras (debido a la pérdida bosques) y la introducción de cultivos de mayor rendimiento, así como mejoras en los sistemas de

riego. No se hicieron ajustes en el sector eléctrico, ya que diversos estudios han indicado que la generación de energía hidroeléctrica es más o menos proporcional a la cantidad de agua disponible para el aprovechamiento.

Las políticas de adaptación aumentan la producción en todos los sectores. Por supuesto, el mayor incremento es en la producción de granos y en el sector ganadero, al verse directamente afectados por el cambio tecnológico. Curiosamente, el resto de producción de los otros sectores se eleva.

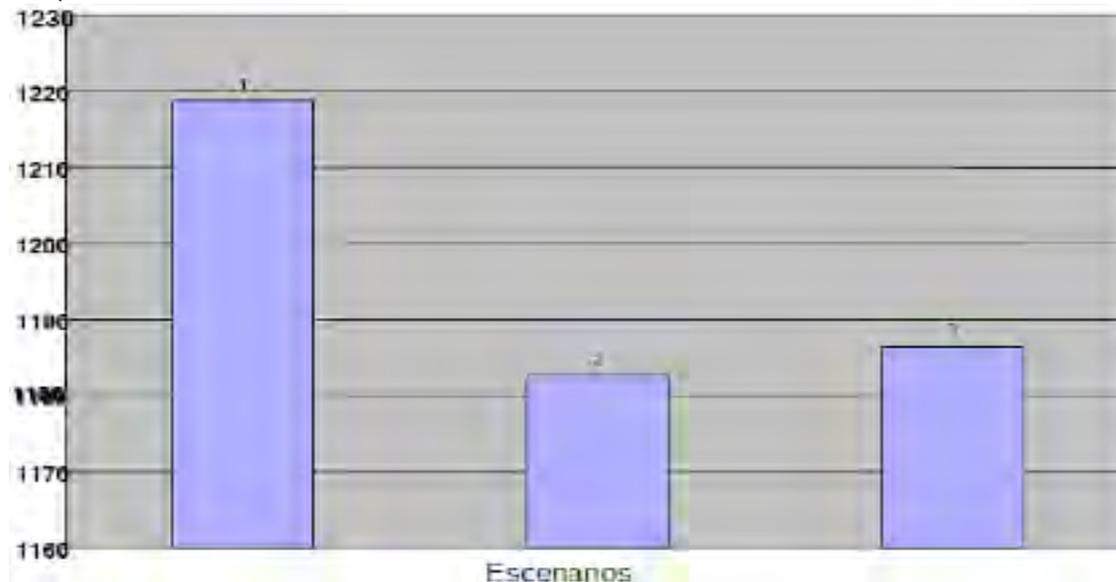
También se debe al efecto directo del cambio tecnológico, debido a los alimentos disponibles para la exportación y el flujo de fondos internacionales. Este aumento, junto con el aumento del ahorro, incrementa los fondos para la inversión interna. Por tanto, la productividad aumenta en todos los sectores.

La mayoría de los otros resultados de la simulación son cercanos a lo esperado. Dado que los alimentos se consumen en mayor proporción por los agentes de menores ingresos, un aumento en la producción de alimentos aumenta su bienestar.

La magnitud de los cambios producidos por la estrategia de adaptación es moderada pero importante. El ejercicio muestra que en el último año de la simulación, la producción de granos se recuperan casi en una cuarta parte de la pérdida que sufrió en escenario de sequía, mientras que el sector ganadero se recupera un poco más del 10% de su pérdida original. En general, la economía recupera el 10% de sus pérdidas en los diferentes sectores, en mayor o menor medida de acuerdo a sus vínculos con el sector primario. Los resultados muestran el papel que puede jugar el cambio tecnológico y la inversión en políticas de adaptación para limitar los efectos nocivos de los fenómenos climáticos. Por otro lado, también se puede ver que las políticas de adaptación sólo pueden hacer pequeños cambios en el nivel total de las pérdidas económicas que se sufran.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 1. PIB para cada escenario en el año 2026, miles de millones de dólares del 2000.



Fuente: Elaboración propia.

**Conclusiones.**

El cambio climático se puede ver reflejado en un aumento de la intensidad de eventos como la sequía y con estos vienen nuevos retos. Aunque puede ser costoso en el corto plazo, los resultados del modelo sugieren que el cambio tecnológico tiene un papel positivo en el alivio de algunos de los efectos más graves de sequía. En términos netos, las políticas de adaptación orientadas a mejorar la tecnología pueden mitigar las pérdidas en el sector primario, pero no solucionan la totalidad del problema. Es por ello indispensable trabajar sobre medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

**Fuentes de consulta**

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2004, 'EM-DAT: The OFA/CRES International Disaster Database', <http://www.em-dat.net>

Conde, C. R.M. Ferrer and D. Liverman, 2003, 'Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el Modelo CERES-Maíz', en Gay (ed) México: Una Visión hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México, Ciudad de México, UNAM Press, pp. 28-43.

Flores, M., R. Araujo, and E. Betancourt, 2003, 'Vulnerabilidad de las Zonas Potencialmente

Aptas para Maíz de Temporal en México Ante el Cambio Climático' en Gay (ed), México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México, Ciudad de México, UNAM Press, pp. 125-138.

Gay, C. (ed), 2003, México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México, Ciudad de Mexico UNAM Press.

Hernández Cerda, M.E, Torres Tapia L.A, and Valdez Madero, 2003, 'Sequía Meteorológica', in Gay (ed), México, pp. 15-27.

Ibarrarán, M.E., M. Ruth, S. Ahmad y M. London (2006), 'Climate Change and Natural Disasters: Macroeconomic Performance and Distributional Impacts', Mimeo, University of Maryland, School of Public Policy, College Park, Maryland.

Ibarrarán, M.E. and R. Boyd, 2006, Hacia el Futuro: Energy, Economics and the Environment in 21st Century Mexico. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

INEGI, varios años, Censo General de Población y Vivienda, México. Ciudad de México.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007, 'Fourth Assessment Report', Geneva, Switzerland.

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Khan, M. H., 2000, 'Rural Poverty in Developing Countries: Issues and Policies', IMF Working Paper 00/78, The International Monetary fund, Washington, D.C.

Lau, M., A. Pahlke and T. Rutherford (2002), Approximating Infinite-horizon Models in a Complementarity Format: a Primer in Dynamic General Equilibrium Analysis, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26: 577-609.

Maderey, L. and F. Jiménez, 2003, 'Los Recursos Hidrológicos en el Centro de México Ante un Cambio Climático Global, en Gay (ed), México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México, Mexico City UNAM Press.

Rasmussen, Tobias N., 2004, 'Macroeconomic implications of natural disasters in the Caribbean'. IMF Working Paper WP/04/224, The International Monetary Fund, Washington, D.C.

Rosemberg, Norman J. (1993), Towards an Integrated Impact Assessment of Climate Change: the MINK Study. Batelle, Pacific Northwest Laboratories.

Sánchez, M.T. and M. Martínez, 2003, 'La Vulnerabilidad de la Industria y los Sistemas Energéticos ante el Cambio Climático Global', en Gay (ed), México: Una Visión Hacia el Siglo XXI. El Cambio Climático en México, Ciudad de México UNAM Press, pp. 155-174.



## Paquetes tecnológicos de bajo impacto ambiental para la producción de alimentos orgánicos.

José Luis Ibañez González<sup>1</sup> Guillermo Cervantes Delgado<sup>1</sup> René González Nava<sup>1</sup>  
Patricia Bustillos Espino<sup>1</sup> y Edgar Yáñez Ortiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua

### Introducción y marco teórico

Para los tiempos que estamos viviendo, se hace imperativo el contemplar dentro de toda actividad humana, los aspectos ecológicos que preserven el ambiente a través del reciclaje de materiales y/o su transformación a sustancias benéficas dentro de la actividad productiva del hombre: Es por esto, que la iniciativa que se describe pretende emplear los conocimientos de composteo para lograr un biofertilizante empleando para ello efluentes de alta carga orgánica como el estiércol, así como materiales ricos en compuestos celulósicos y lignocelulósicos.

El proceso de composteo se refiere a la transformación de materiales orgánicos principalmente de origen vegetal por medio de la acción de microorganismos e invertebrados. En la actualidad, existen un sinnúmero de razones para considerar el sistema de composta como una práctica invaluable; dentro de las que podemos considerar, están la enorme cantidad de desperdicios que se recolectan en zonas urbanas, las cuales el 30% están formadas por desperdicios orgánicos de origen alimenticio y materiales de origen vegetal. Aunado a lo anterior, y que aporta una cantidad ilimitada de materia prima, sustrato ideal a compostear, es lo referente a los desperdicios celulósicos y lignocelulósicos derivados de la industria forestal y de ciertos cultivos. De esta forma, se reduciría la cantidad de contaminantes efluentes, proveyendo un agregado rico en nutrientes al suelo; además de aligerar a los suelos arcillosos y mejorar la retención de agua en los mismos. El mezclar composta con los suelos, brinda otras importantes ventajas como: su contribución al control de la erosión, enriquece el nivel de fertilización, proporciona un perfecto balance en el potencial de hidrógeno, y sobre todo,

conlleva al desarrollo de las raíces de las plantas en forma saludable, ya que contribuye a elevar la carga de microorganismos benéficos, desplazando a los posibles patógenos.

Las prácticas comunes de disponer de afluentes como la incineración y el relleno sanitario, no tienen punto de comparación con la composta desde el punto de vista económico y ambiental. El relleno sanitario o la disposición de materiales lignocelulósicos para su degradación en ausencia de oxígeno, representa un sistema poco efectivo debido a la lenta velocidad de degradación y a medida que ocurre ésta en las condiciones antes citadas, se produce por la acción de bacterias anaerobias, gas metano y ácidos, los cuales resultan en un serio problema ambiental.

Composta, por lo tanto, es la forma más efectiva y generalmente de bajo costo para el manejo de desperdicios de origen vegetal y efluentes. Se puede lograr de manera satisfactoria a diferentes escalas de proceso, requiriéndose únicamente de técnicas y diseño de equipo específicos.

El fenómeno de descomposición de la materia orgánica es un proceso natural en todos aquellos lugares donde crecen las plantas. Cuando estas mueren, los constituyentes celulósicos, hemicelulósicos y ligninas son atacados por microorganismos e invertebrados del suelo, descomponiéndolos a humus; siendo este proceso la forma en como los nutrientes son reciclados en el ecosistema. La descomposición natural puede ser activada y acelerada estableciendo las condiciones ideales ya que tanto los microorganismos como los invertebrados requieren de oxígeno y humedad para eficientizar el proceso de descomposición y, por lo tanto, la formación de la composta.

Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

Por tanto, el composteo es un proceso dinámico, en el cual su velocidad de descomposición dependerá en la formación de composta. Por tanto, el composteo es un proceso dinámico en el cual su velocidad de descomposición dependerá en la forma, composición de la materia prima y experiencia. Este dinamismo consiste en el aceleramiento del proceso bajo condiciones propicias para que la composta se logre en plazos de entre dos a seis semanas.

Este último sistema requiere de tres actividades claves:

- 1) Aireación, la cual se logra por medio de volteo del material a descomposición.
- 2) Una apropiada relación carbono/nitrógeno (C/N).
- 3) Humedad.

La atención a estos elementos provocaría en el sistema de composta activa con temperaturas entre 130 a 140 °F, lo que asegura una rápida descomposición.

Los factores que afectan el proceso de formación de composta dependen de los siguientes:

- La relación entre el contenido de Carbono/Nitrógeno del material.
- La cantidad de área superficial expuesta.
- Aireación, cantidad de oxígeno en el material o pila de composta.
- Humedad.
- Temperaturas alcanzadas en el sistema de composta.
- Temperatura ambiental.

Los elementos C/N son fundamentales para una buena velocidad de degradación y formación de composta, ya que microorganismos emplean durante la digestión, al carbono como fuente de energía y al nitrógeno como elemento constitutivo de las enzimas digestivas.

Uno de los aspectos fundamentales en todo sistema de composteo es lo referente a la aireación y área superficial de exposición. El proceso de descomposición microbiana tiende a consumir, en el material vegetal a degradar, todo el oxígeno para la recuperación del elemento oxígeno en la parte central de la composta. La descomposición eficiente solo ocurre en presencia de oxígeno y éste debe de incorporarse de manera suficiente al sistema. Aquí es necesario diseñar dispositivos de bajo costo que permita mover volúmenes importantes de composta

para asegurar un flujo eficiente y suficiente de oxígeno a las pilas en descomposición.

Es importante mencionar que la descomposición microbiana en las pilas de composta se realiza cuando las partículas superficiales del material se pongan en contacto con el aire. Por lo que aumentado la superficie expuesta la aireación se beneficiará reduciendo el tamaño de partícula ya sea por medio de molienda, cortado, desgaje, etc. El aumento en el área superficial expuesta significa que los microorganismos estarán en disponibilidad de descomponer una mayor cantidad de material vegetal.

Los microorganismos sólo podrán emplear y degradar moléculas orgánicas cuando éstas se encuentren disueltas en agua, por lo que la humedad deberá mantenerse en un rango 40 a 60%.

Por todo lo anterior, la composta representa una oportunidad de biofertilización de bajo impacto ambiental cuyo elemento de oportunidad para los sistemas agrícolas es increíble ya que se ha visualizado un equipo de bajo costo que estamos convencidos impactará el proceso y lo hará realmente factible desde el punto de vista económico.

Este diseño (se anexan diagramas del prototipo), requiere exclusivamente de una unidad motriz del tipo de maquinaria usual en campos agrícolas, como un tractor, el cual se equipará con el prototipo tipo barredora que estamos convencidos podrá airear cargas de material a compostear de acuerdo a las necesidades de los usuarios, así como es posible trasladarla para preparación *in situ* de la composta.

A pesar que ya existen comercialmente una serie de equipos y dispositivos para preparar una composta, éstos exclusivamente manejan volúmenes pequeños como en el caso de contenedores, por lo que para que comercialmente implique una actividad de base tecnológica no serían factibles. Mientras que aquellos diseños específicos para poder comercialmente manejar grandes pilas de composta, son extremadamente caros por lo que se requiere de una inversión de capital considerable para establecer este tipo de empresas.

Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

Los sistemas de contenedores también tienen la desventaja de que se requiere de una cuidadosa selección de los materiales de construcción ya que no deben de incorporar elementos nocivos tanto al suelo como a los microorganismos selectivos que se responsabilizan por el proceso de descomposición. Por lo anterior, se hace necesario desarrollar tecnologías competitivas de bajo costo que puedan transferirse al sector productivo y que incidan en la optimización del sistema de composteo a través de disminuir los costos por aireación, versatilidad y bajo costo de construcción.

**Justificación.**

El proyecto generará la tecnología de equipo que permita manejar altos volúmenes de materia orgánica de origen vegetal que se someterá a descomposición biológica, por medio de un prototipo móvil, de gran versatilidad y de bajo costo. Con este prototipo será posible producir biofertilizantes en volúmenes importantes que le den factibilidad económica al proceso a partir de diversas materias primas de origen celulósico y lignocelulósico bajo descomposición selectiva por medio de sistemas microbianos adecuados para las diferentes relaciones carbono-nitrógeno. Con la descomposición se logrará la obtención de composta que tendrá gran aplicabilidad en el mantenimiento de parques y jardines municipales al reciclar material orgánico, así como reducción importante en el impacto ecológico ya que a través de la composición aeróbica no se liberan sustancias contaminantes, aunado a que el producto final reducirá de manera importante el uso excesivo de fertilización química, disminuyendo de esta forma el impacto ambiental.

De igual forma, la biofertilización *in situ* permitirá a los productores reducir sus costos de producción y les otorgará el conocimiento necesario para introducir sus cultivos a nuevas fuentes de mercado al llegar a biofertilizar exclusivamente por degradación microbiana y obtener sus productos agrícolas de forma orgánica.

Es claro que este proyecto introducirá tecnologías competitivas que aliviarán en mucho la problemática ambiental de disponer de residuos orgánicos, ya que el sistema de composteo permite emplear todos los esquilmos, cortezas, aserrines, cáscaras, virutas, etc., los cuales no tienen mucho valor comercial y que al descomponerse biológicamente se tendrá un

producto de alta cotización por sus propiedades nutritivas y modificadoras de suelo.

**Objetivos y metas del proyecto.**

El trabajo que se desarrollará conlleva al alcance del objetivo general de producir un biofertilizante a partir de material orgánico viable de degradar a través de un sistema microbiano selectivo exprofeso; diseñando un prototipo que permita resolver los problemas limitantes de aireación a bajo costo y genera una oportunidad de transferencia tecnológica real que brinde la oportunidad de generar una empresa de base tecnológica.

En forma particular, los objetivos pretendidos son:

- Selección de cepas microbianas que permitan preparar diferentes cocktails de acuerdo a las características composicionales de la materia prima a compostear.
- Formular pilas a compostear manteniendo un balance adecuado de carbono-nitrógeno empleando materias primas de origen celulósico y lignocelulósico.
- Para todo sistema de composta, contar con un equipo de aireación de bajo costo que permita versatilidad de uso y traslado. Diseño que facilitará el mezclado rápido uniforme de las pilas de composta y una producción factible de este tipo de biofertilizante.
- Contar, finalmente, con una composta demostrativa que atraiga a usuarios finales o que motive la creación de una empresa basada en el prototipo generado por el proyecto.
- Desarrollar biorreactores para digestión rápida de efluentes que eleven la eficiencia de composteo.

Las metas pretendidas durante el tiempo de desarrollo del proyecto serán:

- Demostrar que a través de un prototipo de aireación se disminuyen los costos de producción y se elevan los volúmenes posibles de composta.
- Diversificar el tipo y naturaleza de la materia prima orgánica de origen vegetal (aserrín, corteza, viruta, cáscara de nuez, podas, etc.) que puede ser empleada para composta por medio de la actividad de

Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

descomposición aeróbica de microorganismos específicos.

- Reducir el impacto ambiental al emplear efluentes para la producción del biofertilizante que vendría a desplazar fertilizantes químicos de alto deterioro a la ecología.
- Presentar una alternativa de degradación aerobia que sobrepase los problemas ambientales generados por sistemas anaeróbicos como es la producción de gas metano y acidez.
- Caracterizar y formular cocktails de microorganismos que sean capaces de descomposición de una alta gama de materias primas de origen vegetal como compuestos celulósicos y lignocelulósicos.

Al alcance de estas metas será posible contar con una alternativa viable así como con un paquete tecnológico integrado que pueda ser incorporado a la cadena productiva de la región con grandes ventajas desde el punto de vista económico, reduciendo el impacto ambiental tan negativo que se presenta en las prácticas culturales de fertilizantes químicos. De igual forma, se podrá dar respuesta a muchos de los problemas de disposición de podas y manejo científico de las áreas verdes de parques y jardines municipales al preparar composta que fertilice esas áreas, disminuyendo el gasto público implícito en ello.

**Metodología**

El método de composteo se realizó en pilas de material orgánico vegetal considerando que se ha seleccionado este tipo de procedimiento por la necesidad de contar con grandes volúmenes de materia prima a compostear y a la facilidad que el diseño de aireación presenta para que se optimice el proceso de composta. Para ello, se consideró monitorear una serie de factores necesarios para mantener la calidad del proceso entre los cuales esta: Humedad, Relación Carbono/Nitrógeno, Oxígeno y Temperatura. La humedad de los materiales a compostear se mantuvo en rangos que fluctúan entre un 40 a un 60%. Esto es debido a la naturaleza de las materias primas como esquilmos, residuos de podas, cáscaras, efluentes, estiércol, aserrín, cortezas, hojas, desperdicios alimenticios, etc. Este procedimiento se realizó por aspersión cada vez que se oxigenen las pilas de composta.

La temperatura para un eficiente crecimiento microbiano se mantuvo en rangos de entre 32 a 60°C, lográndose por medio del movimiento que se le aplicó al material durante descomposición empleando el equipo diseñado exprofeso para el sistema. Las pilas de composta tienen dimensiones de 25 cm de ancho, lo cual es apropiado para el sistema de oxigenación mecánica que se pretende construir. Con las anteriores dimensiones se tiene un punto caliente al centro de la composta y al alcanzar temperaturas por encima de los 70°C se inhibe el crecimiento selectivo de los microorganismos. Por lo anterior, se tuvieron que programar los procedimientos de aireación con objeto de uniformizar la temperatura de la composta y de esta forma mantener la máxima velocidad de descomposición. Existe una interrelación entre los parámetros humedad y relación carbono-nitrógeno y para determinarlos en una mezcla fue necesario resolver una serie de ecuaciones simultáneas para el cálculo de la humedad final.

El % de carbón se determinó mediante la ecuación siguiente:

$$\% \text{ carbón} = (\% \text{VS}) / 1.8$$

donde:  $\% \text{VS} = 100 - \% \text{ cenizas}$

VS = sólidos volátiles

La humedad se obtuvo de la siguiente manera:

$$G = (M1 \times Q1 + M2 \times Q2 + M3 \times Q3) / (Q1 + Q2 + Q3)$$

donde:

Qn = masa del material (n)

G = % de humedad deseada

Mn = contenido de humedad del material (n)

La relación carbono/nitrógeno está dada por:

$$R = (Q1(C1 \times (100 - M1)) + Q2(C2 \times (100 - M2)) + Q3(C3 \times (100 - M3))) / (Q1(N1 \times (100 - M1)) + Q2(N2 \times (100 - M2)) + Q3(N3 \times (100 - M3)))$$

Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

donde: R = Relación C/N deseada

Cn = % de carbón

Nn = % de nitrógeno

Resolviendo las ecuaciones simultáneamente se tendrá:

$$Q2 = A/B \quad \text{y} \quad Q3 = C/B$$

donde:

$$A = Q1 (M1 \cdot C3(100-M3) - M1 \cdot R \cdot N3(100-M3) - R \cdot N3(100-3) G - R \cdot N1(100-M1)G + C1 (100-M1)G - C3 (100- M3) G + M3 \cdot R \cdot N1 (100-M1))$$

$$B = R \cdot N2(100-M2)G - R \cdot N2(100-M2)M3 - R \cdot N3(100-M3)M2 C2 (100-M2)G C2 (100-M2)M3 + C3(100-M3)G - C3 (100-M3)M2$$

$$C = Q1 ( R \cdot N1 (100-M1)G - R \cdot N1(100-M1)M2 - R \cdot N2(100-M2)G + R \cdot N2(100-M2)M1 - C1 (100-M1)G + C1 (100-M1)M2 + C2(100-M2)G - C2(100-M2)M1)$$

Con estas ecuaciones se tiene todo el cálculo para poder determinar la cantidad de humedad necesaria para cada material o mezcla de materiales que se someterán al proceso de descomposición. A continuación se presenta un ejemplo de cómo se realizarían los cálculos para una determinada mezcla. Pensemos que tenemos pasto (10Kg) con una humedad del 77%, % de carbón del 45 y 2.4% de nitrógeno; este material se someterá a composteo mezclándolo con hojas cuya composición es de 35% de humedad, 50% de carbón y 0.75% nitrógeno; y desperdicios alimenticios con una humedad del 80%, 42% de carbón y 5% de nitrógeno. Se desea mantener el material a compostear a una humedad del 60% y una relación de C/N de 30. Empleando las ecuaciones podemos determinar la cantidad de hojas y desperdicios alimenticios que debemos mezclar con el pasto para mantener las condiciones uniformes durante el proceso. Así, sustituyendo podemos tener:

$$A = 10 \cdot (77 \cdot 42(100-80) - 77 \cdot 30 \cdot 5(100-80) - 80 \cdot 45(100-77) + 30 \cdot 5 (100-80)60 - 30 \cdot 2.4(100-77)60 + 45(100-77) 60 - 42(100-80)60 + 80 \cdot 30 \cdot 2.4(100-77))$$

$$A = -243,000$$

$$B = 30 \cdot 0.75 \cdot (100-35)80 - 30 \cdot 5(100-80)60 + 30 \cdot 5(100-80)35 - 50(100-35)60 + 50(100-35)80 + 42(100-80)60 - 42(100-80)35$$

$$B = -18,250$$

$$C = 10 \cdot (30 \cdot 2.4(100-77)60 - 30 \cdot 2.4(100-77)35 - 30 \cdot 0.75(100-35)60 + 30 \cdot 0.75(100-35)77 - 45(100-77)60 + 45(100-77)35 + 50(100-35)60 - 50(100-35)77)$$

$$C = -148,625$$

Por lo tanto, encontraremos que Q2= 13.31 Kg (Q2= A/B) y Q3= 8.14 Kg (Q3= C/B), por lo que se tendrá que mezclar para obtener la composta deseada de 60% humedad y una relación de carbono/nitrógeno de 30:1, 13 Kg de hojas y 8 Kg de alimentos de desperdicio con 10 Kg de pasto.

De forma similar, se han generado una serie de ecuaciones que pueden manejar cuatro o más componentes, por lo que se abren una serie de posibilidades de combinar diferentes materiales orgánicos de origen vegetal susceptibles de poder ser descompuestos para la producción de composta o humus.

Otro parámetro que se mantuvo en un rango de consideración es el pH, el cual osciló entre valores de 6 a 8. Esto debido a que en esos rangos es cuando se da de manera satisfactoria el crecimiento microbiano responsable de la descomposición. Cabe destacar que las diferentes cepas microbianas se aislaron de pequeños reactores de composta para poder determinar su especificidad y selectividad de acuerdo a la composición de la materia prima a emplear para la producción de humus, y de esta forma conformar una serie de cocktails microbianos que nos aumenten la posibilidad de selectivamente descomponer diversas

## Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

formulaciones de materia orgánica. Estos crecimientos se realizaron en diversos medios de cultivo como Basal, Nutritivo, King B, etc., y llegar a contar con una suficiente biomasa que permitió inocular el material a compostear para elevar las cargas microbianas o acelerar el crecimiento de los inóculos por encima de la flora natural y de esta forma optimizar el proceso de producción de biofertilizante.

Finalmente, el equipo de aireación se construyó de acuerdo al principio mecánico que emplean las barredoras, consistente en un cilindro central equipado con una serie de bastidores siguiendo la configuración de un tornillo de Arquímedes, guiado por un motor cuya flecha está conectado a un motoreductor de engranes y a través de una chumacera al tornillo sinfín.

La unidad será sostenida por travesaños metálicos a la base de un tractor y tendrá una extensión guía tipo pivote para mantener la dirección de volteo. Este equipo se construirá en los talleres bajo la supervisión de un ingeniero en metal-mecánica.

Con el equipo y su versatilidad de diseño y bajo costo será posible montar pilas demostrativas de composta que en mucho beneficiará a los usuarios como los agricultores y aquellos encargados de las áreas verdes en las ciudades.

### Resultados y discusión

Inicialmente se estableció en la región de San José Babicora, Gómez Farías pilas de composteo de 150 metros de longitud, alcanzando un total de 90 toneladas consistente en una combinación de materiales celulósicos de rastrojos de avena y maíz, combinados con fuentes de Nitrógeno relativas como gallinaza y estiércol de bovino en relaciones tales que nos permitieron mantener una relación óptima de Oxígeno/Nitrógeno de 32:1 y una humedad del 60%. Con este material en composteo se ha probado efectivamente el prototipo de aireación, el cual ha eficientizado la actividad microbiana del tipo de las Bacillales y hongos con alta capacidad de degradación de polímeros  $\beta$  (1-4) y estructuras xilanadas como las ligninas.

La maquinaria de aireación utiliza como fuente motriz un tractor por lo que representa un costo bajo

en la producción de biofertilizantes del tipo de las compostas de alta apreciación en los mercados internacionales para la producción orgánica de alimentos. De igual forma, se diseñaron biodigestores, los cuales aceleran un sistema de degradación microbiana de las diferentes fuentes de materiales vegetales celulósicos, hemicelulósicos y lignocelulósicos, lo cual nos proporciona un material altamente hidrolizado con una composición rica en materia orgánica así como de macro y micronutrientes. El éxito de este sistema de biofertilización se logró a través del trabajo de equipo trayendo como producto final un biofertilizante con un tremendo potencial de utilización en sistemas de producción agrícola y en todas las áreas consideradas como parques y jardines de zonas urbanas.

### Impacto económico y social

Se tiene un producto de Biofertilización basado en la formulación de materiales orgánicos de desperdicio que se descompondrán para formar composta de alto valor nutritivo y de implicancia como mejorador de textura de suelos arcillosos, el cual se emplea como fertilizante en cultivos agrícolas, principalmente orgánicos, viveros, invernaderos, parques y jardines. De igual forma, se cuenta con equipo móvil que sea capaz de ser trasladado a diferentes lugares como aserraderos, establos, etc., para efectuar la descomposición *in situ* de materiales orgánicos ya que la operación crítica de aireación se llevará a cabo mediante el desarrollo mecánico del prototipo objeto del presente proyecto. De esta forma, es posible brindar el servicio de biofertilización a diversos usuarios públicos como privados que de forma urgente los requieren para la disposición de desechos, disponibilidad de material nutritivo para su actividad de negocios, reconvertir la producción agrícola al estar los productores en capacidad de introducirse al negocio de alimentos de origen orgánico, bajo impacto ambiental al reducir los niveles críticos de fertilizantes químicos de alto deterioro ambiental, emplear materiales de acumulación de bajo o nulo uso como cáscara de nuez, cortezas de coníferas, aserrín, y otros compuestos celulósicos y lignocelulósicos.

Composición del biofertilizante a partir de rastrojos y desperdicios de la industria de la madera

Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

DETERMINACIÓN	VALOR	INTERPRETACIÓN	VALOR	INTERPRETACIÓN
pH 1:25, CaCl	7.00		7.06	
%M.O.	12.39	Extremadamente alto	14.54	Extremadamente alto
KG/HA NO <sub>3</sub>	1 125	Extremadamente alto	1 406	Extremadamente alto
KG/HA P	85.2	Extremadamente alto	81.2	Extremadamente alto
PPM. Fe	321.4	Satisfactorio	328.9	Satisfactorio
PPM. Mn	130.2	Satisfactorio	129.3	Satisfactorio
PPM. Cu	2.12	Satisfactorio	2.00	Satisfactorio
PPM. Zn	57.4	Satisfactorio	53.0	Satisfactorio
PPM. Ca	4 062	Muy rico	2 626	Muy rico
PPM. Mg	2 462	Muy rico	1 625	Muy rico
PPM. K	34 450	Muy rico	26 225	Muy rico

**Conclusiones**

Este sistema de biofertilización ha permitido aplicarlo a una serie de cultivos bajo sistemas controlados (maíz, melón, chile, tomate, etc) elevando la intensidad de producción de alimentos orgánicos por lo que se ha impactado favorablemente en los ecosistemas con la concomitante reducción del calentamiento global, producto de una agricultura bajo fertilización química.

**Fuentes de consulta**

Anon. 1986. Carbon Dioxide: Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. Amer. Conf. Govt. Industrial Hygienists, 102-103. Cincinnati, OH.

Dickson, N.,T. Richard, and R. Kozlowski. 1991. Composting to Reduce the Waste Stream: A guide to small scale food and yard waste composting.

Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Riley Hall, NY.

Downs, R.J. 1975. Controlled Environments for Plant Research. Columbia University Press, N.Y.

Heins, R., and J. Erwin. 1989. Choosing the best Temperature for Growth and Flowering. Greenhouse Grower, 8 (4):57-64.

Krasny, M.E., and N.M. Trautmann. 1992. Monitoring Compost. Environmental Sciences for Educators and Youth, Cornell Center for the Environment. Prentice-Hall eds.

Richard, T. 1997. Troubleshooting in Compost Systems. Academic Press eds.

Olynciw, E., A. P. Randolph, and E. Nelson.1996. Bacteria for Composting. DIFCO, NY.

Sección II: Impactos, vulnerabilidad y adaptación

Wilson, G.C.S. 1980. Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils in situ. Acta Horticulturae, No. 99.

## La diversidad genética y su aplicación en la captura de carbono

Lilia del C. Mendizábal-Hernández<sup>1</sup> Juan Alba-Landa<sup>1</sup> Juan Márquez Ramírez<sup>1</sup>

Elba O. Ramírez-García<sup>1</sup> y Héctor Cruz Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Veracruzana

### Introducción

La desaparición de la cubierta forestal a nivel mundial ha disminuido la productividad, en principio, con consecuencias de primer orden por todos conocidos, sin embargo, esta disminución tiene otros impactos todavía no conocidos tales como el tiempo de recuperación para revertir la erosión, por otro lado la disminución de tasas fotosintéticas no solo por la disminución de los bosques sino por la pérdida de diversidad al interior de las especies y su impacto por la baja captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Es de sobra conocido que los bosques están constituidos por un conjunto de individualidades genéticas con características particulares en cada uno por lo tanto su potencial de desarrollo está íntimamente ligado a su paquete genético que es totalmente diferente al de los demás a pesar de estar en una misma población y ser de la misma especie, aunado a esto su particular interacción con el medio en que se desarrolla, esto significa que evaluaciones precisas y criterios de selección adecuados podrán conducir estrategias para el establecimiento de plantaciones cuya propósito sea convertirlas en resumideros de CO<sub>2</sub> atmosférico y con ellas contribuir a la mitigación del cambio climático para este caso se evaluaron 8 procedencias y 38 familias de *Pinus maximinoi* establecidas en el estado de Veracruz, México mostrando resultados que prueban que una especie con sus poblaciones en una plantación muestra desarrollos diferenciales y por ende capturas de CO<sub>2</sub> de mayor y menor valor con lo que se refuerza el hecho de que la diversidad genética dentro de una especie se puede manejar para obtener mayores ganancias de captura y almacenamiento.

*Pinus maximinoi* es conocido en términos generales como ocote, son árboles de 20 a 30 metros de alto y puede alcanzar más de un metro de dap, su corteza es lisa durante mucho tiempo; ramas numerosas y erguidas, formando una copa redondeada; ramillas frágiles, con largos entrenudos, moreno-rojizos o amarillentas y lustrosas, con las huellas de las brácteas espaciadas y poco marcadas (SEMARNAP, 1998). Esta especie se ha probado en varios países con resultados promisorios, sus usos principales son como madera de aserrío y para celulósicos (CONAFOR-CONABIO, 2001).

Se distribuye principalmente en la vertiente del Pacífico, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, además del Estado de México, Hidalgo, Puebla y Veracruz; también en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua (Narave y Taylor, 1997; López-Upton y Donahue, 2002), en sitios húmedos de 1 500 a 2 000 mm de precipitación anual y de 1 000 a 1 500 m de altitud, a pesar de su amplia distribución, sus rodales tienden a ser escasos y de extensión reducida. *Pinus maximinoi* crece en sitios semicálidos y suelos bien drenados, ácidos, arcillosos a arcillo arenosos; y ha sido probada como exótica en Venezuela, Colombia, Brasil y Sudáfrica desarrollándose como una especie promisoriosa. Su principal limitante en Colombia fue la presencia frecuente de cola de zorra.

### Material y métodos

El presente trabajo se realizó en un ensayo de procedencias/progenie, establecido en octubre de 1990 en el Vivero Anexo, localizado en el camino viejo a Coatepec en Xalapa, Veracruz; a una altitud entre 1 220 y 1 260 msnm, con una temperatura media de 18.6 °C en un suelo franco-arcillo-arenoso

con un pH de 4.9-6.2 con un porcentaje de materia orgánica de 1.26 a 2.75. El diseño fue de 8 bloques al azar con dos repeticiones por familia, siendo un total de 8 procedencias y 36 familias (cuadro 1) a un espaciamiento de 2 x 3 m, siendo una superficie total de 3 456 m<sup>2</sup> con una pendiente de 8 a 24% y una exposición sur y oeste (Márquez, 1999).

Cuadro 1. Procedencias y familias de *Pinus maximinoi*.

Procedencias		No. de Familias
Localidad	País	
Altamirano, Chiapas	México	5
Coapilla, Chiapas		14
Monte Cristo, Chiapas		3
Cienega de León, Chiapas		3
San Jerónimo	Guatemala	2
Dulce Nombre del Copán	Honduras	4
Tapaquil		2
Valle de Angeles		3

La determinación del contenido de carbono se realizó a partir de información obtenida cuando la plantación contaba con 14 años de edad.

Se evaluaron todos los individuos, familias y procedencias de cada una de las plantaciones tomando en cuenta:

a) Medición del DAP (diámetro a la altura del pecho) con cinta diamétrica con aproximación a milímetros marca Suunto.

b) Medición de la altura total en metros con clinómetro con aproximación a metros marca Suunto.

Posteriormente se convirtieron los diámetros a metros, para realizar el cálculo del volumen de los árboles utilizando la siguiente fórmula (Pardé y Bouchon, 1994 y Philip, 1994):

$$V = AB * H * Cf$$

$$AB = \pi/4 * D^2$$

Donde:

V= Volumen en m<sup>3</sup>

AB = Área Basal en m<sup>2</sup>

$\pi/4$  = Constante 0.7854

D = Diámetro a la altura del pecho en m

H = Altura en m

Cf = Coeficiente de forma (0.5)

Se estimó la concentración de carbono en la biomasa de los árboles por individuos, familias y procedencias utilizando el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1994), el cual fue desarrollado para estimar el contenido de carbono en rodales naturales considerando el volumen real por hectárea y la superficie de los rodales; dicha metodología fue adecuada para la evaluación de plantaciones experimentales donde se tienen identificados cada uno de los individuos que las componen, con lo que el procedimiento fue el siguiente:

a) Cálculo de la biomasa multiplicando el volumen en m<sup>3</sup> de cada individuo por la densidad de la madera 415 (Sotomayor *et al.*, 2003).

b) Cálculo del contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles (materia seca por unidad de superficie en el tronco de los árboles) multiplicando la biomasa encontrada por el factor de contenido de carbono (0.45).

c) Se calculó el carbono capturado por cada una de las plantaciones multiplicando el carbono almacenado en el total de los árboles por la superficie de cada una y convertido a hectáreas.

d) Finalmente se realizó una estimación de las toneladas de carbono por hectárea (Ton de Ce/ha) para cada unidad genética forestal, como sigue:

$$Ce = \mu * d / 1000$$

Donde:

Ce = Carbono estimado por unidad genética (procedencias y/o familias)

$\mu$  = Media general por unidad genética (procedencias y/o familias) en kg

d = Densidad de la plantación (número de árboles por hectárea)

1000 = Conversión de kilogramos a toneladas.

Se realizó un análisis exploratorio que consistió en la obtención de las estadísticas descriptivas a través de gráficos de cajas y alambres utilizando el paquete Statistica (Stat Soft, 1998) con lo cual se puede observar el comportamiento presentado por el contenido de carbono entre procedencias y familias dentro de procedencias.

Finalmente se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM del paquete estadístico Statistica versión 6 para determinar la existencia de diferencias significativas entre familias y procedencias en cuanto al contenido de carbono en la biomasa de los árboles, utilizando el siguiente modelo lineal de efectos:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + F(P)_{ij} + B_k + e_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Contenido de carbono en la biomasa aérea

$\mu$  = Efecto de la media general

$P_i$  = Efecto de la i-ésima procedencia

$F(P)_{ij}$  = Efecto de la j-ésima familia anidada en la i-ésima procedencia

$B_k$  = Efecto de los bloques

$e_{ijkl}$  = Error experimental

Finalmente se realizó la comparación de medias por el método de Duncan para procedencias y familias anidadas en procedencias con el mismo paquete estadístico.

## Resultados

El total de carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles evaluados fue de 30 565.40 kg en una superficie de 3 456 m<sup>2</sup>, lo que corresponde a 88.44 toneladas de carbono por hectárea.

Aún cuando el número de individuos por procedencia fue muy variado, destaca la procedencia de San Jerónimo con el promedio de captura más elevado (cuadro 2).

Gráficamente la mayoría de las procedencias presentan el 50% de sus familias con un contenido de carbono en su biomasa de entre 50 y 200 kg, sobresaliendo Altamirano con poca variación y San Jerónimo con valores mayores (figura 1).

Las familias 183 de Coapilla y 212 de Monte Cristo presentaron los mayores promedios con más de 200 kg de carbono almacenado, junto con la 212 destacan también las familias 196, 481 y 349 que presentan un rango de valores entre 100 y 366 kg, igualmente podemos observar a las familias que presentaron rangos de variación mínimos así como aquellas con un amplio rango (figura 2).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre procedencias y familias dentro de procedencias (Cuadro 3).

En este caso se formaron dos grupos: San Jerónimo, Dulce Nombre del Copán, Monte Cristo, Valle de Angeles, Tapaquil, Cienega de León y Coapilla con los mayores promedios siendo estadísticamente significativa la diferencia con Altamirano (figura 3).

Las familias 212 de Monte Cristo y la 183 de Coapilla sobresalen al presentar diferencias estadísticamente significativas con los otros 7 grupos formados; también destaca el hecho de que las familias de Coapilla se encuentran repartidas en todos los grupos presentes (figura 4).

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas del contenido de carbono en la biomasa y estimación de las toneladas de carbono por hectárea (Ton de C<sub>e</sub>/ha) por procedencias de *Pinus maximinoi*.

Procedencia	N	Media	Min.	Máx.	Var.	Des. Est.	Ton de C <sub>e</sub> /ha
Altamirano	44	33.76	7.35	93.15	419.01	20.47	55.70
Coapilla	105	124.18	4.44	359.15	8337.63	91.31	204.90
Monte Cristo	17	148.07	22.46	366.12	10037.89	100.19	244.32
Cienega de León	30	136.09	6.79	335.85	6438.73	80.24	224.55
San Jerónimo	7	183.15	87.09	412.29	13488.27	116.14	302.20
Dulce Nombre del Copán	22	150.30	29.70	328.39	5110.83	71.49	248.00
Tapaquil	17	146.31	24.75	323.42	7053.50	83.99	241.41
Valle de Angeles	16	147.86	55.20	268.15	4653.47	68.22	243.97

Donde: N = Número de observaciones, Mín. = Valor mínimo, Máx.= Valor máximo, Var.= Varianza, Des. Est. = Desviación Estándar.

Figura 1. Contenido de carbono por procedencia de *Pinus maximinoi*.

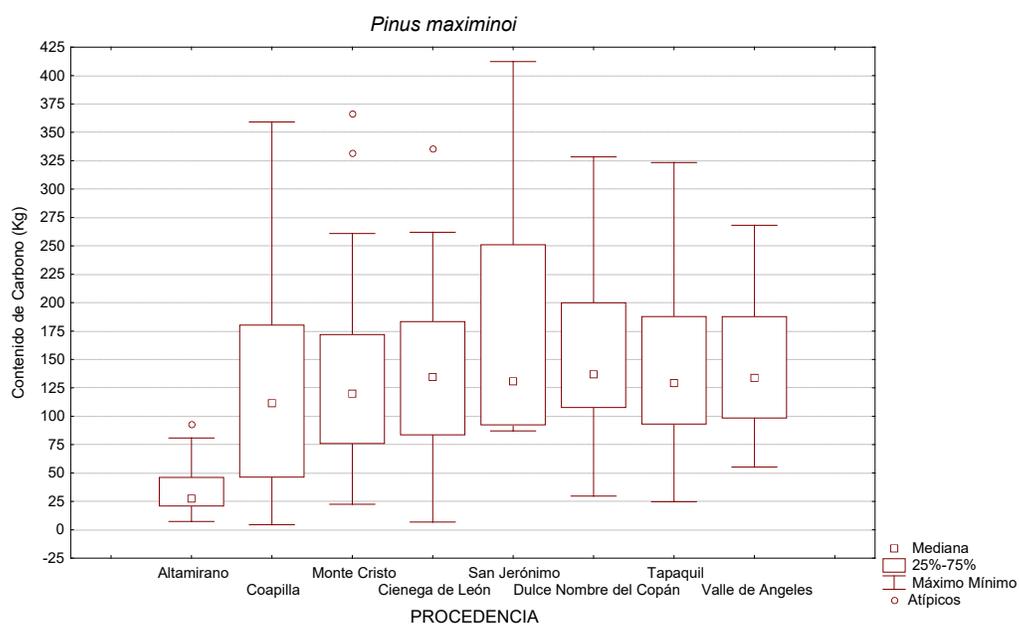
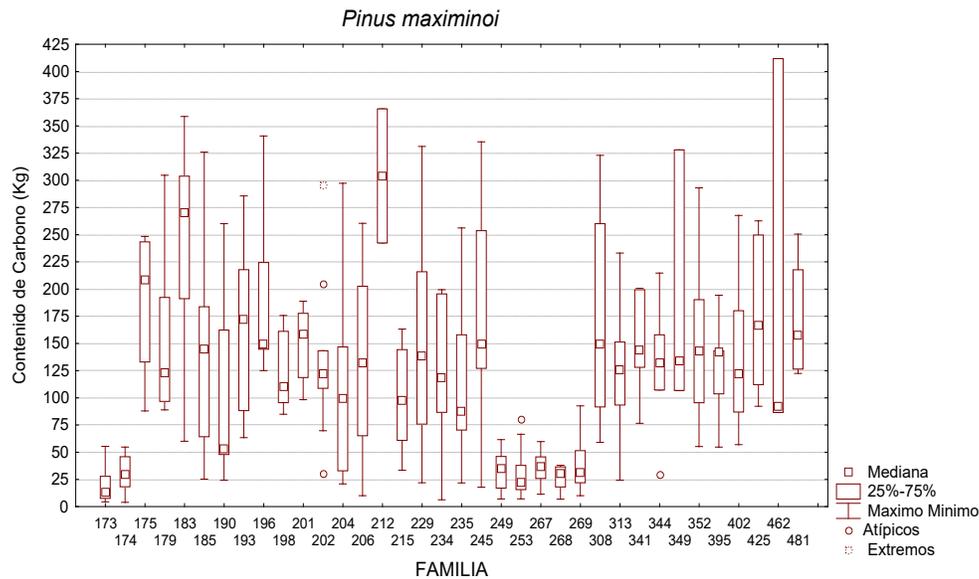


Figura 2. Contenido de carbono por familias de *Pinus maximinoi*.



Cuadro 3. Análisis de varianza para *Pinus maximinoi*.

F.V.	G.L.	C.M.	S.C.	F	P
Procedencia	7	63156	442095	13.7360	0.000000
Familia(Proced.)	28	16858	472017	3.6664	0.000000
Bloque	7	16920	118437	3.6799	0.000890
Error	215	4598	988545		

Dónde: F.V. = Fuentes de Variación, G.L. = Grados de Libertad, C.M. = Cuadrados Medios, S.C. = Suma de Cuadrados, F = Valor de F Calculada, P = Valor de F tabulada.

**Discusión**

Estudios recientes relacionados con el almacenamiento de carbono realizados en dos especies de coníferas, *Pinus ayacahuite* y *Pinus radiata* (Pérez, 2003 y Clark, 2005) muestran resultados promedios para plantaciones, colocando a cada una con un potencial importante para el almacenamiento de carbono; sin embargo, la característica de las especies de contener una variabilidad con potencial de variación a expresarse de manera desigual por la influencia ambiental, determina que los resultados obtenidos al realizar mediciones de contenido de carbono en ensayos de progenie de segunda generación de selección y ensayos de procedencias/progenie, donde los niveles de variación pueden ser separados y evaluados, demuestra que existen diferencias

significativas en cuanto a la cantidad de carbono almacenado por las plantaciones en general y el promedio diferencial de procedencias, familias dentro de procedencias e individuos dentro de familias.

Actualmente las plantaciones forestales comerciales se consideran una alternativa para disminuir la presión que se ha ejercido sobre los bosques naturales, factor detonante del desequilibrio ecológico. En este marco el potencial de las especies mexicanas de pino dentro de los aprovechamientos de madera comercial y de los proyectos de reforestación es alentador, el *Pinus maximinoi* ha sido considerado una especie promisoría en este sentido dado su productividad (Arteaga y Pérez-Castillo, 2001).

Figura 3. Comparación de medias por procedencias para *Pinus maximinoi*.

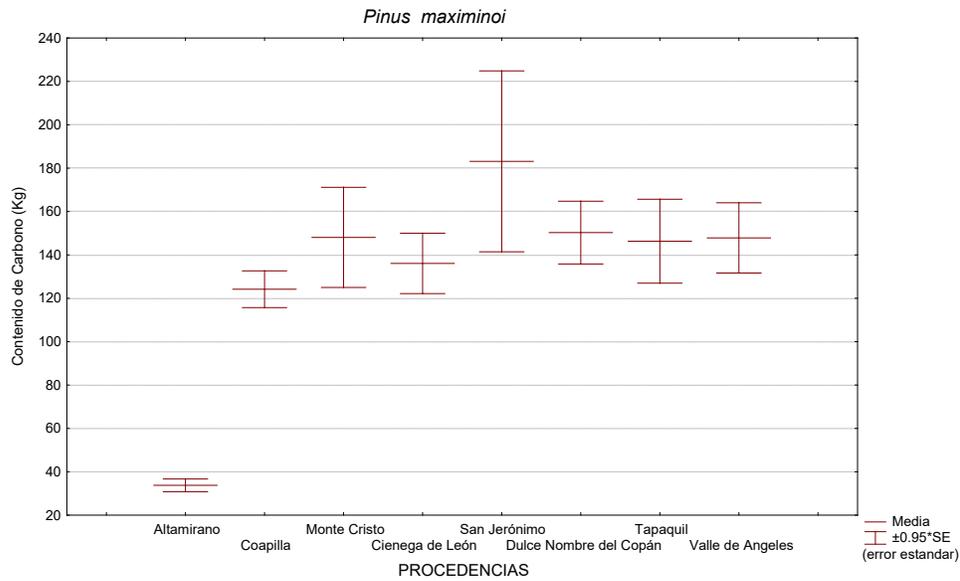
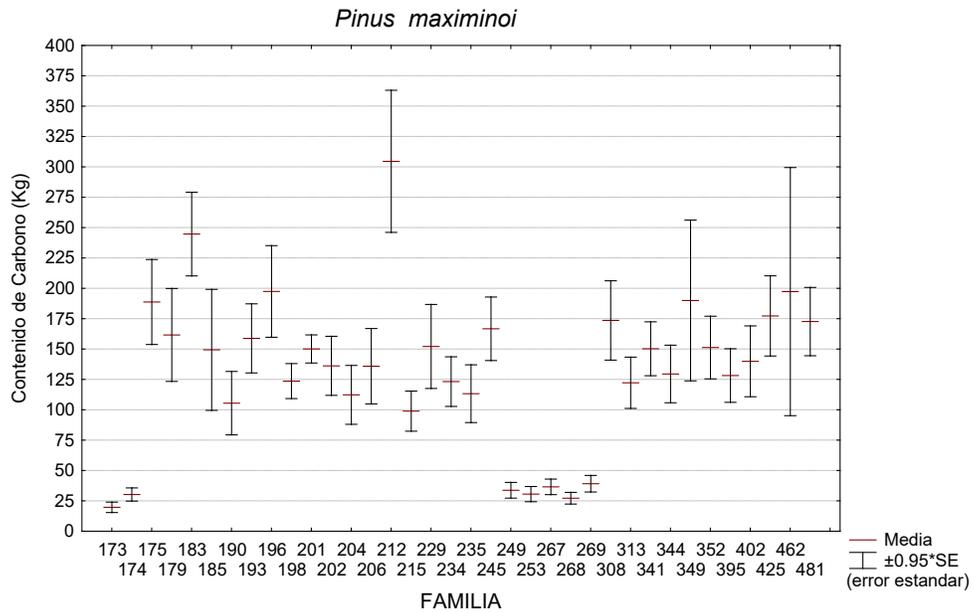


Figura 4. Comparación de medias por familia de *Pinus maximinoi*.



La determinación del valor genético de las poblaciones así como la interacción de éstas mediante su expresión en un rango altitudinal de fuentes de una especie de origen conocido, resulta prioritario para el análisis y ponderación de cómo se mueven características y genes en un rango altitudinal, y que sus resultados puedan servir para mapear expresiones de características en sitios (Tolome y Alba-Landa, 2004).

### Conclusiones

1. El almacenamiento de carbono en la biomasa aérea es proporcional a la productividad de la unidad de mejoramiento.
2. Se pueden y/o deben promover esquemas de selección y cruza con las mejores familias de cada procedencia con el objeto de tener mayores ganancias genéticas para la captura de carbono en la biomasa aérea.
3. Los resultados obtenidos sólo tienen valor para las condiciones físicas, químicas, biológicas y ambientales de los sitios de estudio.

### Fuentes de consulta

Arteaga, M.B. y Pérez-Castillo, A. 2001. *Pinus maximinoi* H.E. Moore: una especie prometedora para plantaciones forestales comerciales en el trópico. Instituto de Genética Forestal, Universidad Veracruzana. *Foresta Veracruzana* 3(2):63-70.

Clark, R.A. 2005. Evaluación del almacenamiento de dióxido de carbono en una plantación de *Pinus radiata* D. Don., en Ayotoxtla, Guerrero. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 60 p.

CONAFOR-CONABIO. 2001. Sistema de Información para la Reforestación. URL: [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/pronare/fichas\\_tecnicas.htm](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas_tecnicas.htm)  
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

López-Upton, J. and Donahue, J. K. 2002. *Pinus maximinoi* H. E. Moore. In: Vozzo, J. A. Tropical tree seed manual. USDA Forest Service. URL: <http://www.rngr.net/Publications/ttsm/Folder.2003-07-11.4726/PDF.2004-03-15.5429/file>

Márquez, R.J. 1999. Estudio comparativo del crecimiento de procedencias y familias de *Pinus*

*maximinoi* Moore en dos ensayos con diferente exposición en el municipio de Xalapa, Veracruz, México. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad Veracruzana, Instituto de Genética Forestal. Xalapa, Ver. México. 48 p.

Narave, F. H. y Taylor, K. 1997. Pinacea. Flora de Veracruz Fascículo 98. Instituto de Ecología-University of California. México, D.F. 50 p.

Pardé, J. y Bouchon, J. 1994. Dasometría. Ed. Paraninfo. Madrid. España. 387 p.

Pérez, R. J. 2003. Determinación de la captura de carbono para plantaciones de *Pinus ayacahuite*. Diplomado en Aprovechamiento, Conservación y Restauración de Recursos Forestales. Tlaxcala, Tlaxcala. 91 p.

Philip, M.S. 1994. Measuring Trees and Forests. CAB Internacional. Cambridge, U.K. 310 p.

SEMARNAP. 1998. *Pinus maximinoi*. In: Especies con Usos No Maderables en Bosques de Encino, Pino y Pino-Encino en los Estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca URL: <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/PinusMaximinoi.html>

Sotomayor, C.J.R., Herrera, F.M.A. y Cruz, L.J. 2003. Clasificación mecánica de la madera de 100 especies mexicanas. In: XII World Forestry Congress. Québec, Canada. URL: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/1054-B4.HTM>

Stat Soft, 1998. Statistica: User guides. (2325 East 13th Street, Tulsa Ok. 74104). U.S.A.

Tolome, R.J. y Alba-Landa, J. 2004. Desarrollo de fuentes parentales de *Pinus patula* Schl. et Cham. en un rango altitudinal. Instituto de Genética Forestal, Universidad Veracruzana. *Foresta Veracruzana* 6(2):37-40.



Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

## Prevención y control de la desertificación en la Región Mixteca, Oaxaca, México

Fidencio Sustaita-Rivera<sup>1</sup> Saúl Martínez-Ramírez<sup>1</sup>  
y Gilberto Bautista-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de la Mixteca. Instituto de Hidrología

### Introducción

La desertificación es un fenómeno muy complejo que se relaciona con la degradación de los ecosistemas y muy asociado principalmente a la pérdida de la biodiversidad y la pérdida de la productividad del suelo. Asimismo, contribuye al cambio climático global con la pérdida de la capacidad de captura de carbono, el incremento en la evapotranspiración y el incremento en el albedo superficial, como consecuencia de la deforestación. La deforestación libera el carbono almacenado en los árboles y se estima que representa aproximadamente el 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

La degradación actual es el resultado de interacción compleja entre las condiciones sociales y la necesidad por obtener beneficios a través de la explotación de los recursos naturales, como es el caso de las artesanías de palma, la extracción de madera o leña y el sobrepastoreo con ganado caprino, ante la ausencia de otras fuentes de ingreso. Lo anterior, ha llevado a que la vegetación de la región está muy degradada, a tal grado que el suelo está virtualmente sin vegetación.

La vegetación es esencial para la conservación del suelo, para la regulación del ciclo hidrológico y mediante la fotosíntesis libera oxígeno a la atmósfera y absorbe CO<sub>2</sub> del aire, el cual fija como biomasa (troncos, ramas, corteza y raíces) y en el suelo (materia orgánica). Los bosques proporcionan otros servicios como producción de agua, incremento del régimen de lluvia, el reciclado de nutrientes, la biodiversidad y con fines científicos o ecoturísticos. La reforestación y la conservación de áreas forestales naturales es la mejor alternativa para mantener el carbono acumulado en la biomasa y en el suelo.

Los Sistemas de Información geográfica (SIG) son una herramienta muy utilizada con fines de planeación en regiones montañosas, para generar información básica sobre el estado actual del territorio y el manejo sostenible de los recursos naturales. Los SIG permiten analizar los cambios en el suelo o la cubierta vegetal, así como su efecto en el desarrollo de las comunidades.

El objetivo del proyecto es implementar medidas que contribuyan a regresar el ecosistema a su estado previo con todas sus funciones y servicios ambientales perdidos debido a la desertificación, así como apoyar a las comunidades en la gestión de apoyos relacionados con la rehabilitación de recursos naturales. Los resultados del proyecto se utilizarán para la planeación de las actividades de rehabilitación de los recursos naturales en toda la región mixteca, atacando primordialmente la prevención de la degradación del suelo, la sequía y la desertificación, buscando la integridad de los ecosistemas. Asimismo, generará información básica de la relación lluvia-infiltración-escurrimiento y su efecto en la recarga de acuíferos y manantiales.

### Objetivos

- Detectar y cuantificar cambios en el uso del suelo de 1974 a 2010, mediante el empleo de imágenes de satélite de alta resolución y Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Identificar y estimar la eficiencia de prácticas de conservación de suelo y agua existentes mediante SIG.
- Identificar los principales factores que causaron cambios en la cobertura vegetal y en la degradación del suelo.
- Elaborar el manejo sostenible de los terrenos del distrito de Coixtlahuaca, como lugar piloto para promover el manejo integrado de los recursos naturales,

## Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

incorporando el aspecto ecológico para asegurar la integridad del ecosistema.

- Involucrar a las comunidades en la conservación de los recursos naturales, promoviendo las buenas prácticas agrícolas y forestales

### Metodología

El distrito de Coixtlahuaca es la zona más erosionada de la región mixteca oaxaqueña y posiblemente de México, por lo cual será el área de estudio piloto. Se realizará su delimitación y la revisión de literatura existente por profesores del Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. En esta primera etapa se buscará el apoyo de estudiantes de otras instituciones federales o educativas como servicio social o tesis.

Es indispensable realizar el diagnóstico del estado actual de los recursos naturales y el efecto de las actividades de conservación de suelo y agua implementados en 1975 con la comisión del Papaloapan del gobierno federal. La dinámica de uso del suelo en el periodo 1974 a 2005 se determinará mediante el empleo de imágenes de satélite de baja resolución del programa NALC (Northamerican Landscape Characterization), empleando los comandos para clasificación supervisada de los Sistemas de Información Geográfica ArcGis 9.2 e IDRISI Andes. Por otro lado, el uso actual del suelo se caracterizará a mayor detalle con imágenes de mayor resolución del año 2006 proporcionadas por el programa Planet Action (Spot Francia). Esta actividad se planea sea realizada por un tesista o servicio social.

En la imagen de satélite del 2006 se evaluarán las reforestaciones y otras prácticas de conservación de suelo y agua realizadas en la región en años pasados. Se realizarán recorridos de campo para estimar la eficiencia de las reforestaciones (especies empleadas, edad, relación suelo especie vegetal, efecto en las propiedades del suelo) y de los trabajos de conservación de suelo y agua (terrazas, tinas ciegas, presas de piedra acomodada, zanja bordo, entre otras).

Las actividades previas serán la base para identificar escenarios de planeación participativa y para definir las prácticas de conservación de suelo y agua a implementar en la región estudiada, así como las especies vegetales a utilizar en la reforestación. Estas actividades se implementarán

con mayor intensidad en un terreno excesivamente degradado, seleccionado con fines demostrativos. En este terreno, se emprenderá el monitoreo del flujo en manantiales y pozos, para identificar si existen efectos benéficos en la recarga de acuíferos. Asimismo, se realizarán evaluaciones de la erosión del suelo mediante lotes de escurrimiento, estableciendo prácticas de conservación de suelos y usando el suelo degradado como testigo

### Resultados (Avances)

En 2011 concluyeron las actividades de campo y el análisis de la información de cuatro estudiantes de la carrera de Ingeniería de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid, (UPM). Los estudiantes desarrollaron sus proyectos de fin de carrera en el área de estudio, como parte del programa integral para la prevención y control de la desertificación y abastecimiento de agua a comunidades de la región Mixteca, realizando los siguientes estudios básicos:

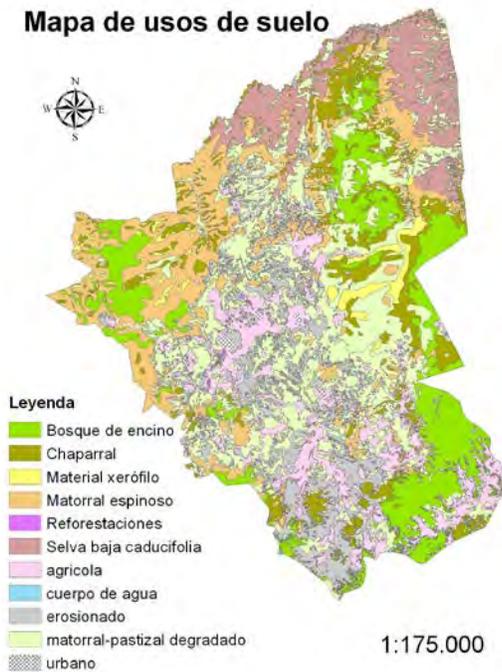
- 1). Evaluación de la eficiencia de prácticas de conservación de suelo y agua.
- 2). El análisis especial y temporal del uso del suelo.
- 3). Evaluación del efecto de las reforestaciones en las propiedades del suelo
- 4). Planificación rural sostenible del área estudiada.

Recientemente la iniciativa Planet Action, realizó la donación de imágenes de satélite con resolución de 2.5, con las cuales será posible realizar con mayor precisión el uso actual del suelo del área de estudio y de otras comunidades de la región Mixteca (Figura 1). Lo anterior también puede permitir aplicar el modelo de erosión de suelos a la región para identificar áreas prioritarias donde realizar actividades de conservación de suelo y agua.

El área de estudio de los cuatro proyectos fin de carrera fue el distrito de Coixtlahuaca. El proyecto de análisis especial y temporal del uso del suelo se estudió de 1989 a 2006, debido a que la imagen de 1974 es de resolución muy baja. En este proyecto, se identificaron las causas que han provocado los cambios en el uso del suelo, su distribución actual y las tasas de conversión entre usos. También se estimaron los niveles y evolución de la erosión hídrica usando el modelo USLE (Universal Soil Loss Equation), lo cual se relacionó con la variación del diferente grado de cobertura vegetal en los años estudiados (Figura 2 y 3).

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Figura 1. Mapa de uso del suelo y vegetación de Coixtlahuaca



estableció las directrices para el mejor uso del territorio en base al análisis del uso actual y sus divergencias con el uso potencial, al identificar áreas de conflicto entre usos (Figura 4).

Figura 3. Mapa de erosión hídrica actual  
Pérdidas de suelo por erosión hídrica previstas en el 2006

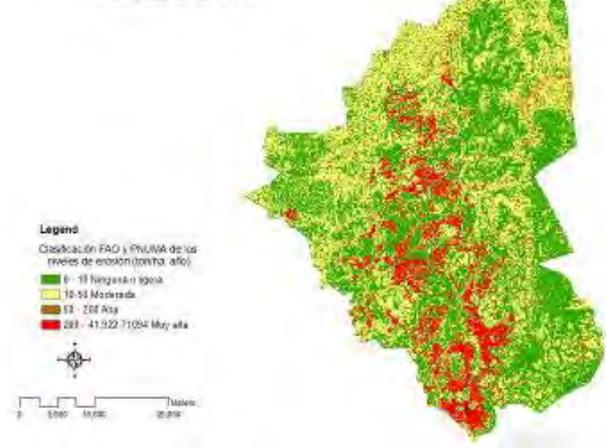
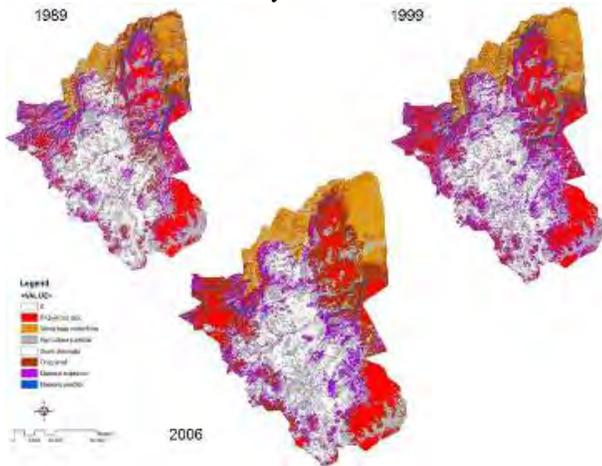
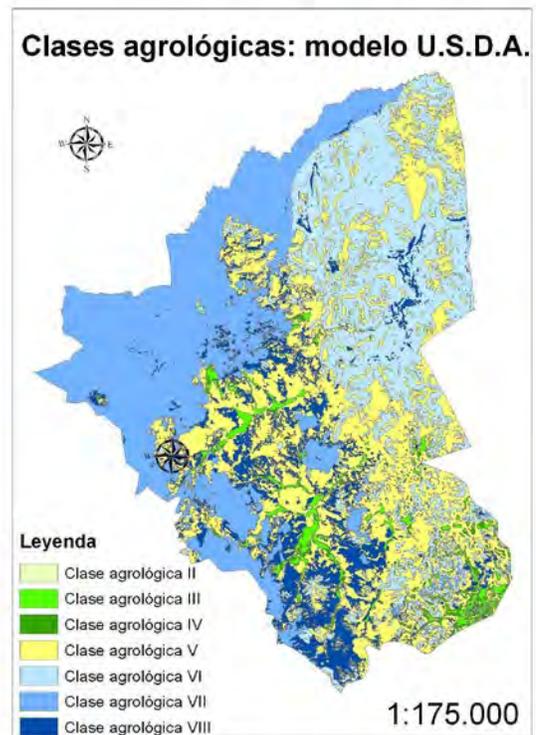


Figura 2. Mapas de uso del suelo de los años 1989, 1999 y 2006



El uso de imágenes de satélite para evaluar los recursos naturales, permitió la caracterización de la vegetación y la identificación de los tipos de suelo, elementos básicos para calcular un mapa de uso potencial del suelo o mapa agrológico de acuerdo a la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). El proyecto de planificación sostenible del territorio estudiado

Figura 4 Mapa de capacidad de uso (USDA)



En este proyecto se identificó que existen fuentes de financiamiento, sin embargo, la falta de cultura ambiental y la alta marginación de las comunidades de la región, dificulta los aspectos de organización

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

para búsqueda de financiamiento para implementar actividades de rehabilitación de recursos naturales.

Los mapas de uso del suelo disponibles actualmente para la región mixteca son generados a nivel estatal o regional, realizando recortes empleando los SIG's del área de interés. Estos mapas proporcionan información incorrecta o con poco detalle debido a la escala utilizada. Por lo tanto, los mapas obtenidos con este proyecto contribuyen al proporcionar información actualizada y precisa a las autoridades municipales de los usos del suelo del área de coixtlahuaca a mejor detalle y verificado en campo, apoyado con la útil herramienta de los sensores remotos y SIG'S. Además, también proveen de información valiosa acerca de la dinámica del uso del suelo, necesaria para planificación actual.

Por otro lado, la evaluación de las obras de conservación de suelo y agua analizadas, permiten afirmar que en la última década se ha impulsado mucho la reforestación y obras de conservación de suelos apoyadas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que sin embargo continúan con la inercia de las actividades realizadas por la Comisión del Papaloapan hace más de tres décadas. Si bien el esfuerzo es loable, también es de destacar la falta de revisión en el sistema de implementación que fuese capaz de absorber los errores y mejorar los aciertos.

En resumen, se proponen las siguientes mejoras relativas a todas las fases de implementación de estas tecnologías de conservación de suelos en el Distrito de Coixtlahuaca:

- Planificación de las actuaciones a escala de microcuenca, considerando la complementariedad entre obras, definiendo previamente el objetivo de la obra y analizando los problemas erosivos y condicionantes físicos.
- Priorización de actuaciones en cárcavas, de rápido avance, y de las laderas que aún conservan suelo, donde la productividad de este puede garantizar mejor respuesta ante las actuaciones para disminuir la desertificación.
- Capacitación y concienciación a los propios habitantes sobre la importancia de las actuaciones, para que sean ellos los solicitantes del proyecto y participen activamente en su planeamiento, ejecución

y mantenimiento, de forma que se que se sientan responsables de la obra y su éxito, y conseguir una gestión sostenible del mismo.

- Promoción de organizaciones campesinas, al margen de las estructuras comunitarias (asamblea, tequio, etc.), constituidas por agentes.
- 5. Establecer redes de intercambio de información y trabajo conjunto en tecnologías de conservación en el entorno del Distrito de Coixtlahuaca, con ayuda de las organizaciones y sus agentes locales, ejerciendo así un efecto multiplicador de las experiencias e iniciativas exitosas.

El costo de ejecución de las obras de conservación de suelos, aunque es muy desigual, es asequible siempre que haya apoyo financiero que al menos cubra los gastos de alquiler de maquinaria. La adopción de estas tecnologías de conservación de suelos en la estructura participativa de las Comunidades del Distrito, sin apoyo económico, es poco o nada probable, dada la extensión del área afectada, la escasez de mano de obra local, y un plazo de obtención de resultados que supera las expectativas de los usuarios del suelo y del resto de habitantes como beneficiarios indirectos que participan en su ejecución. Por ello, es imprescindible continuar trabajando en la sensibilización ambiental, puesto que, en última instancia, la sostenibilidad en este sistema de implementación sólo puede ser garantizada por la percepción positiva de los habitantes a través de los beneficios observados por ellos mismos

**Cronograma de actividades**

Revisión de información bibliográfica y cartografía de la región  
Enero a Marzo 2010  
Análisis especial y temporal del uso del suelo  
Mayo a Diciembre de 2010  
Análisis de imágenes de alta resolución  
Marzo a Diciembre de 2011  
Generación de cartografía temática de la región Mixteca  
2011  
Establecimiento de área demostrativa  
2012-2013  
Evaluación de indicadores del proyecto  
2013 a 2016

Sección II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación



Detalle de reforestaciones en dos tipos de suelos



### Conclusiones

Se realizaron estudios detallados por estudiantes de la Universidad Politécnica de Madrid para caracterizar biofísicamente a parte de la región mixteca. En el área de coixtlahuaca se está implementando en una comunidad de alta marginación, un proyecto piloto para la captación de agua de lluvia con fines de abastecer de agua potable a la comunidad, restaurando simultáneamente el área de captación mediante reforestación y la realización de prácticas de conservación de suelo y agua.

Otro estudio realizado es el plan de manejo de recursos naturales realizado en tres microcuencas de la región Mixteca, en el cual se identificó especies vegetales nativas que han sido exitosas en programas de reforestación, lo cual contribuirá a incrementar la infiltración del agua de lluvia a los acuíferos para abastecer de agua potable a comunidades de la región.

El análisis de los efectos de las reforestaciones realizadas de 1965 a 2010, indica que existe influencia de las reforestaciones sobre la estructura del suelo, en propiedades químicas como el contenido de carbono. Estos efectos varían dependiendo de las especies utilizadas, así, el eucalipto (*Eucalyptus globulis*) inhibe el desarrollo de otras especies nativas y no se desarrolla bien. Por otro lado, las reforestaciones con Casuarina (*Casuarina equisetifolia*), tienen menos de 20% de sobrevivencia, de las cuales el 15% presentan desarrollo no aceptable. Debido a lo anterior, estas

especies deben eliminarse en siguientes programas de reforestación.

Las especies que se han desarrollado correctamente son *Pinus cembroides*, *Pinus oaxacana* y *Pinus michoacana*, los cuales sólo sobreviven sin problemas en terrenos sin suelo, con pendientes mayores a 100% y soportando heladas en invierno y condiciones de máxima aridez en verano. Además, presentan excelentes crecimientos en estas condiciones extremas y a 30 años de edad han formado un espeso sotobosque que protege al suelo y se propaga por regeneración natural. Por lo tanto, se sugiere reforestar con *Pinus cembroides* en los suelos pedregosos y moderadamente ácidos; *Pinus michoacana* se desarrolla muy bien sobre suelos calizos o sobre suelo volcánico (idóneo para frenar avance de cárcavas) y *Pinus oaxacana* se adapta a todos los tipos de suelo del distrito a excepción de los muy arcillosos.



**Sección III**

**Emisiones de Gases de  
Efecto Invernadero y  
Mitigación**



## El campo de acción de la Enertrónica

José Antonio Aquino Robles<sup>1</sup> Leonel Corona Ramírez<sup>2</sup> y Víctor Darío Cuervo Pinto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departament d' Enginyeria Elèctrica, Universitat Politècnica de Catalunya

<sup>2</sup>Academia de Mecatrónica, UPIITA IPN

### Antecedentes

El presente proyecto sobre el *advenimiento de soluciones energéticas por medio de la Enertrónica* está directamente dirigida a nuestra sociedad, la cual espera que sus facultades y escuelas de ingeniería, la creación de conocimiento de carácter tecnológico que proporcione medios que transformen la realidad que hoy vivimos para obtener un estado de bienestar que realmente perdure. Sabemos bien que la creatividad se manifiesta de manera fehaciente, en tiempos como hoy, en los que vivimos períodos de crisis y situaciones de cambio, es entonces el momento oportuno cuando se recurre a este potencial humano. Y así como la creatividad, es la esencia misma de la ingeniería es ella también el alma de las estrategias innovadoras orientadas al desarrollo de medios para sustituir tecnologías, procedimientos y/o métodos que en otro tiempo fueron exitosos, pero que hoy, por cuestiones inherentes a la dependencia de energéticos primarios a precios tan altos como hoy día; hacen más vulnerable la seguridad de suministro eléctrico.

### Introducción

La seguridad del suministro eléctrico, es un concepto sencillo aunque impreciso. *Consiste en disponer de una oferta suficiente para servir una demanda en tiempo, forma y lugar.* Sin embargo, su conformación práctica es compleja. Los numerosos eslabones que conforman la cadena de suministro de energía hacen que su continuidad sea casi asombrosa. Como primera aproximación basta pensar en la cadena que hay detrás del consumo de 1kWh eléctrico por cualquier consumidor final: instalaciones de distribución en baja tensión, de transporte en alta tensión, elementos de compensación y control de las redes, redundancia de las mismas, generadores capaces de transformar las diversas fuentes de energía en energía eléctrica, diferentes tipos de generadores (capaces de seguir la demanda en todo momento, de base, de control de tensión, de frecuencia de hora punta etc.),

*aprovisionamiento de las materias primas y combustibles.*

Y, si esta materia prima *para buena o mala suerte*, es por ejemplo el gas natural, se repite la cadena de dependencia: instalaciones de transporte y distribución de alta y baja presión, infraestructuras de almacenamiento, aprovisionamiento y abastecimiento del gas ya sea por producción propia o ajena, en su caso, aprovisionamiento mediante instalaciones de licuación, transporte del gas natural licuado mediante buques metaneros, descarga, almacenamiento y regasificación del gas natural licuado para su introducción como gas natural en la red de transporte y distribución, rutas y ejes de transporte internacionales, producción en yacimientos, plantas de tratamiento del gas (desulfuración, calidad, etc.). Por otro lado, la seguridad de suministro de energía (y su percepción) varía en función del horizonte temporal que se considere.

A continuación se esboza el porqué.

*-La Seguridad del suministro de corto plazo.-* se garantiza mediante un sistema energético haga posible un servicio continuo, incluso ante situaciones climatológicas adversas; y, que sea capaz de transportar y distribuir la energía hasta que pueda ser consumida. Por tanto, la seguridad de corto plazo está más asociada a la *vulnerabilidad de un determinado sistema.*

*- La seguridad del suministro de largo plazo.-* Para ello son necesarias fuentes de energía adicionales a las ya existentes, de refuerzos de rutas y medios de transporte, de inversiones. En consecuencia, depende de un mayor número de variables que el suministro de corto plazo. Además, si ya la seguridad de suministro a corto plazo puede ser un concepto complejo, esta complicación se ve reforzada en el caso de estimaciones con un horizonte temporal mayor.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Por ejemplo, las consideraciones geopolíticas derivadas de la irregular ubicación de los energéticos primarios convencionales (gas natural y petróleo) provocan un incremento en la incertidumbre del suministro y acarrea una mayor subjetividad en los análisis. Entre ellas, las recurrentes crisis políticas de los países árabes principales exportadores de estos energéticos han catapultado su precio en unos cuantas semanas (febrero de 2011)

Sin conocer cuál pueda ser en el futuro, un acercamiento a la realidad de los mercados ayuda a plantear el análisis: las diferencias de los contratos en el gas natural –de largo plazo, de compra garantizada, etc.- junto con la restricción que impone el transporte mediante red del gas natural sirven para evaluar los riesgos con mayor fiabilidad. El riesgo en el suministro de largo plazo es previsible que aumente más. *Con mayores demandas de energía, el mundo se enfrentará a mayores precios de la misma si no aparecen nuevas fuentes de energía o la curva del consumo no se invierte.* El aumento de concentración de las reservas en un reducido número de países ha puesto nuevamente en riesgo el incremento de la capacidad de producción cuando vemos a estos países en graves crisis de gobernabilidad. Además, el predecible aumento de precios y sus rentas derivadas alimentan la tentación de retrasar o diferir las inversiones en aquellos países, siendo hasta cierto punto natural su postura en su actuar especulativo. El además el persistente crecimiento de la demanda de energía global supone una amenaza para la seguridad del suministro energético mundial.

### Justificación

Actualmente se vive como ya se mencionó, una crisis que afecta la seguridad energética internacional, debida, en este caso específico (febrero- junio 2011) a los altos costos de los hidrocarburos, siendo pues este hecho un problema más que nada económico-financiero, no es de momento todavía un problema de escasez de los energéticos primarios a escala regional y/o mundial (gas y petróleo), aunque con esta *propuesta de carácter tecnológica* se busca, resolver la problemática, desde este tiempo para cuando irremediamente, llegue el momento de la escases de hidrocarburos. Por medio de la solución buscamos impactar en los siguientes rubros: Social, Económico, medioambiental y en la creación de otros medios con los que logremos la *seguridad*

*de suministro eléctrico*, no solo a escala nacional, sino de forma individual.

De ahí que consideremos nuestra propuesta una solución integral a este problema. Misma que será descrita en el siguiente apartado.

### Desarrollo

La necesidad de conseguir la seguridad de suministro energético deberá tomar en cuenta, el cada vez más natural rechazo al establecimiento de líneas de alta tensión, centrales nucleares o instalaciones de almacenamiento de gas o refinerías, en la cercanía de núcleos de población. Las sociedades contemporáneas reclaman una generación de energía respetuosa de la ecología misma que por obvias razones se orienta al desarrollo intensivo de las energías renovables. En cualquier caso, los ciudadanos seguiremos exigiendo:

- Además del desarrollo de energías más limpias, entre tanto se avanza en la transición energética, que logre tal cometido.
- De condiciones más estrictas a las energías convencionales, demandando combustibles de mejor calidad y que provoquen menores emisiones a la atmósfera o a los suelos y aguas, transición hacia biocombustibles.

Estos condicionantes influyen de forma poderosa en los aspectos de seguridad de suministro y competitividad y hacen que antiguas formulas dejen de tener validez al día de hoy. Según la Agencia Internacional de la Energía, el mundo, y, por lo tanto, nuestro entorno también, se enfrenta a dos retos. El temor a no tener fuentes adecuadas y seguras de energía a un precio razonable y el daño medioambiental que causa su consumo descontrolado.

La razón por la que se debe encauzar el desarrollo tecnológico, los estudios universitarios y las inversiones hacia la generación eléctrica por medio de fuentes renovables; va más allá de ser una moda tecnológica pasajera que se quiera exportar de Europa hacia el mundo entero, por motivos puramente económicos, la Energía renovable, aparte de no contaminar, y por ende reducir emisiones de gases de efecto invernadero. Contribuye a la diversificación energética (a no depender de forma peligrosa de uno o dos tipos de energéticos primarios) y con ello a la *seguridad de suministro*.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Otras ventajas asociadas a estas fuentes son que contribuyen en el desarrollo regional y local y si ésta se da en forma de generación distribuida permitirá una reducción significativa de pérdidas eléctricas en el transporte y distribución y también el intercambio en el mercado eléctrico minorista, logrando con ello un impacto social y económico, *no solo para las grandes empresas generadoras y comercializadoras, sino abriendo oportunidades para el ciudadano común, ofreciéndole por medios tecnológicos su propia seguridad de suministro energético, misma que dependerá ahora de tener la tecnología adecuada dependiendo de la abundancia de energía primaria (eólica o solar o biomasa etc.). Con lo cual pasaremos de buscar una seguridad de suministro energético nacional. A que, cada nacional (ciudadano) que así lo desee tenga su propia seguridad energética.*

En la figura 1 se aprecia los aspectos que impacta el desarrollo de fuentes de energía renovable, tanto para la sociedad en general, como ya se describió, en el medioambiente y en la economía respectivamente.

En esta propuesta se destacan dos alternativas tecnológicas mediante las cuales se busca crear esos medios alternativos para asegurar la continuidad del suministro eléctrico.

-Generación distribuida- (GD). La cual consiste en *una fuente de potencia eléctrica conectada directamente a la red de distribución o del lado del consumidor.* La definición del (CIGRE) *considera de la GD como una generación que no es centralmente planificada. –No es centralmente despachada. – Usualmente conectada a la red de distribución. – Más pequeña de 50 a 100 MW.*

-Recursos Energéticos Distribuidos- (RED) Este concepto se usa para designar una variedad de tecnologías de generación que frecuentemente se combinan con almacenamiento de energía (*principal diferencia con respecto a la generación distribuida*) y que pueden incluir gestión de la demanda. Es por tanto, un concepto más amplio que el de la generación distribuida (GD). Una instalación con recursos distribuidos puede consistir en cualquier combinación de tecnologías de generación y almacenamiento de energía, tiene una potencia nominal que varía entre unos pocos kilowatts y 50 Mega watts, está situada cerca de la demanda, y

puede funcionar de manera autónoma o conectada a la red como se aprecia en la figura 2. Este tipo de recursos puede ser *utilizado para regular tensión, reducir pérdidas, ahorrar combustibles fósiles, mejorar la calidad de suministro eléctrico, proporcionar servicios complementarios o retrasar la ampliación de redes de transporte y distribución de energía eléctrica.*

En vías de concebir un concepto que produzca una solución integral.

Las soluciones integrales, solo pueden lograrse con enfoques integradores, de aquellos que contemplen, visiones globales y como en nuestro caso con más de dos aspectos a los cuales impactar y mejorar. De acá que se requiera lograr para tales fines, sinergias entre disciplinas de ingeniería, tal como, la que se formo en Japón con el surgimiento de la Mecatrónica, misma que marco una tendencia que durante décadas puso a Japón como segunda economía mundial y que tan solo hace unos meses ha sido desplazado al tercer escaño.

Aunque es necesario señalar que más importante que la unión sinérgica de disciplinas de la ingeniería, lo es planear concienzudamente lo que se busca lograr respecto a los problemas que nos aquejan y lo que debemos resolver más allá de simplemente obtener el mayor lucro posible, olvidándonos por completo de los aspectos *medioambientales* o de optar por soluciones pasajeras que comprometen la seguridad de suministro energético, en el corto o largo plazo.

Respecto a ello la interdisciplinariedad no es algo nuevo dentro del ámbito tecnológico, puesto que se ha venido desarrollando conforme se han ido requiriendo soluciones integrales, mismas en las que se ha necesitado como en el caso del desarrollo sostenible, impactar en tres ámbitos, mejorando y creciendo bajo la consigna ó bajo las restricciones que se imponen los tres en su conjunto. Y creando soluciones que no busquen solo beneficio económico sino que lejos de perjudicar al medio ambiente pensemos desde un inicio en él, pero de igual forma creando innovaciones que permitan crear riqueza económica y mejor nivel de vida en lo social, en la región donde se implementen estas soluciones.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 1. Aspectos que impacta la generación por fuentes renovables.



Figura 2. Recursos Energéticos Distribuidos.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Desde la perspectiva de la tecnología energética, bajo los principios antes mencionados es necesario concebir a la ingeniería eléctrica bajo un nuevo enfoque en su evolución, ahora integrando más tecnologías en su misión original, misma que no ha cambiado aún con todas las innovaciones creadas a su alrededor. Si bien es cierto el suministro eléctrico actual ha evolucionado y más aún en los países desarrollados, este tiene todavía arraigadas forma a los procesos que han venido funcionando por más de un siglo desde la época de Thomas Alba Edison.

Hoy día las tecnologías asociadas a la ingeniería eléctrica han crecido y evolucionado bastante desde la época de Edison y que hoy día han hecho posible la generación fotovoltaica, eólica, nuclear, maremotriz, geotérmica, logrando con ello aumentar la confiabilidad y eficiencia en procesos que hemos visto que han avanzado también.

El enfoque novedoso que buscamos ofrecer para concebir cada uno de los procesos que por medios tecnológicos se pretenden obtener bajo los nombres de Recursos Energéticos distribuidos y Generación distribuida, está basado en la ENERTRÓNICA, concepto innovador que hace sinergia entre las disciplinas asociadas a la Ingeniería eléctrica, logrando con ello una integración que por ende logre soluciones integrales en el ámbito energético. En ella, en la Enertrónica se hacen converger, a las siguientes disciplinas de ingeniería: la electrónica de comunicaciones, la electrónica de potencia, la electrónica de estado sólido, la electrónica de circuitos integrados (microcontroladores), la electrónica analógica y la digital, la electrónica de programación, juntamente con otras disciplinas, como el Control y la Automática, Todo ello para *la generación, control, distribución y gestión* de la ENERGÍA ELÉCTRICA, bajo el esquema de la generación distribuida y los recursos energéticos distribuidos, conviviendo juntamente con los sistemas eléctricos de potencia convencionales, actuales.

Todas estas disciplinas tecnológicas juntamente con el conocimiento científico que surge de ellas, estarán al servicio de la energía eléctrica, buscando ahora ya de forma renovable; la generación eléctrica, por medios como las fuentes: fotovoltaicas, eólica, medios de almacenamiento energético, acumuladores, y dispositivos intercambiadores de energía como las celdas de combustible, los volantes de inercia, juntamente con

toda la tecnología necesaria para la gestión energética que requieren para su manejo, su control y su distribución, buscando que todo ello sea de forma sostenible y por ende perdurable. Por tanto la ENERTRÓNICA es esta nueva visión conceptual innovadora en la que se amalgaman estos conocimientos y disciplinas maduras ya conocidas, para ofrecer al mundo soluciones integrales en el sector de la energía eléctrica, que sirvan para volver a tener seguridad de suministro energético de forma perdurable y con independencia de energéticos primarios contaminantes (Figura 3)

Siendo una fusión, o interacción de tecnologías, lo visible de la Enertrónica, al igual que la Ingeniería Mecatrónica su hermana mayor, la Enertrónica requerirá de una filosofía organizacional que la haga crecer y evolucionar tal como la tuvo la Mecatrónica en Japón y que la ha hecho crecer y dar frutos. En ese contexto los teóricos organizacionales como Mintzberg, Handy, y Nonaka y Takeuchi en la década de los 1990, Marroquín y Castroman (2003), señalan que en la actualidad, las organizaciones orientadas a la innovación son las que obtienen ventajas más perdurables. *Las estrategias de innovación* deben tener un campo fértil donde puedan germinar. Esto, con mayor razón dentro de la propia escuela de ingeniería. La cual debe estar organizada de tal manera que sea proactiva en la creación de innovaciones en el ámbito académico y, con ello, dar paso a innovaciones tecnológicas. Reasumiendo la ingeniería enertrónica se ocupará no solo de los recursos energéticos distribuidos y de la generación distribuida, sino también de las tecnologías asociadas al transporte eléctrico, híbrido, a las tecnologías basadas en vectores energéticos como el hidrógeno, así como con el procesamiento de la energía eléctrica en Líneas de alta tensión, como los FACTS y FACDS. (Figura 4)

La Enertrónica gestionará de forma integral los que hoy llamamos Redes inteligentes (SMART GRIDS), en ellas se interviene desde el diseño y la construcción de las mismas, se asegura con ello, la continuidad del suministro eléctrico, la calidad del mismo, con el consabido ahorro y eficiencia inherentes a la Enertrónica y al monitoreo que ello implica motivando una innovadora forma de suministro eléctrico, basado en renovables como punto de partida pero también incluyendo la posibilidad de generar con medios convencionales pero de alta eficiencia.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 3 Enertrónica, como fundamento en un modo de vida sostenible

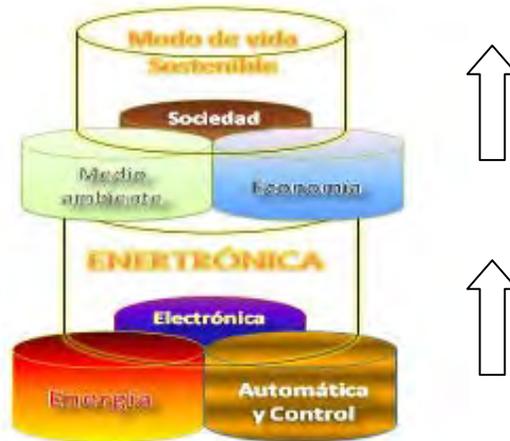


Figura 4. La Enertrónica en los sistemas eléctricos de potencia



Por ello se ensaya en los estudios de estas redes con modelos determinísticos y probabilísticos, juntamente con el análisis dinámico y en estado permanente, para asegurar el correcto funcionamiento de éste tipo de redes eléctricas. (Figura 5)

De igual forma se aprecia que la Enertrónica estará interviniendo en la gestión de otro concepto que en

ocasiones suele ser o estar muy emparentado con las redes inteligentes o smart Grids, como es el caso de las micro redes (micro Grids) mismas que al igual que las anteriores implican almacenamiento de energía, y generación propia basada en renovables pero que a diferencia de las smart Grids son de tamaño reducido y su gestión puede ser considerada como un cliente en su conjunto. Figura 6

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 5. La enertrónica creando redes inteligentes de energía eléctrica, basadas en renovables (Smart Grids)

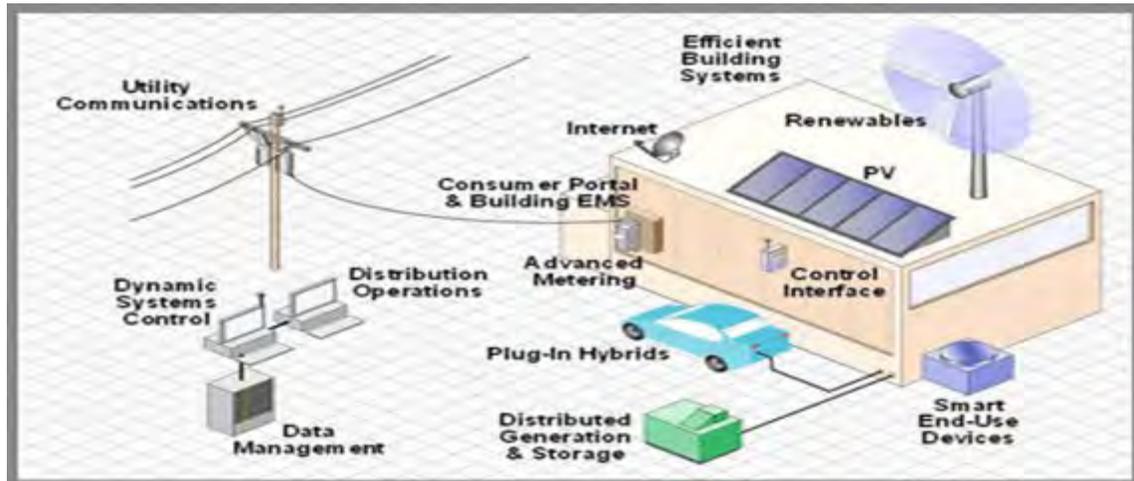
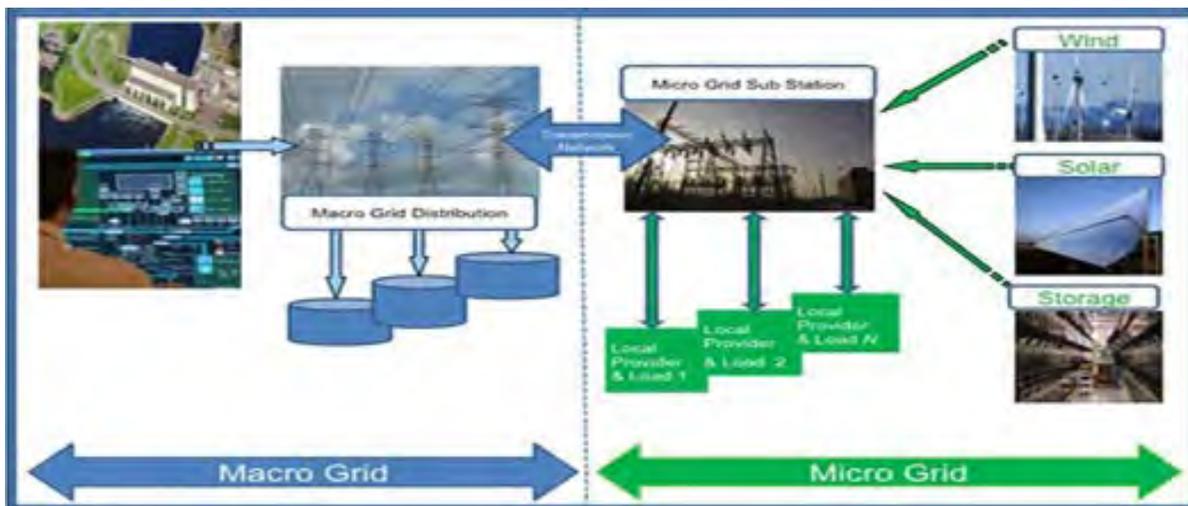


Figura 6 Comparativa entre las grandes redes y las micro redes.



Tomas Yebra Vega autor de la tesis titulada - *Nuevos retos en el diseño de redes eléctricas de distribución*-, menciona hoy día será necesario para garantizar una seguridad de suministro en el futuro:

- Crear la visión de futuro del sistema eléctrico de potencia.
- El desarrollo de una plataforma abierta para la integración de tecnologías críticas.
- Clarificación de áreas con incertidumbre.

- Desarrollo de casos de negocio para la nuevas funcionalidades del sistema eléctrico del futuro
- *Identificar nuevas tecnologías y ciencias necesarias para el desarrollo del nuevo sistema eléctrico.*
- Influencia y contribución a nuevas normas.
- Demostración de los aspectos críticos de las nuevas funcionalidades.

Es pues claro que con la Enertrónica se llevan a cabo las tareas enlistadas anteriormente, lo importante ahora, como lo fue con el concepto de

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Mecatrónica es avanzar hacia su consolidación, para que sea enseñada a nivel Licenciatura, buscando que sea el remplazo evolutivo de la ingeniería eléctrica de potencia, misma que en Latinoamérica, ha dejado de ser una carrera atractiva para las nuevas generaciones, que han optado últimamente por licenciaturas de las conocidas como “de tecnología avanzada” o de la nueva era.

### Conclusiones

Vivimos actualmente en una encrucijada, en la que nos encontramos justo por decidir como nación, si seguir apostando por las energías renovables y el apoyo para que estas crezcan y se desarrollen como una solución integral o aventurarse por las soluciones que se promueve en los mercados eléctricos, con su generación térmica, contaminante y sin garantizar una seguridad de suministro a precios competitivos a largo plazo.

En este trabajo traemos una propuesta de solución, a la que llamamos integral, puesto que contempla los tres aspectos del desarrollo sostenible y cuyas soluciones por fuerza deben estar restringidas a impactar en lo medioambiental, en lo social y en lo económico. Propuesta que es una contestación a la responsabilidad social de la tecnología. Misma que está por encima de conseguir crear riqueza a costa del deterioro medioambiental, o del deterioro del nivel de vida de muchos beneficiando solo a unos cuantos.

Finalmente ponemos ante los lectores de este trabajo; nuestra propuesta, como una respuesta de innovación educativa que a la postre sea el semillero de una serie de innovaciones tecnológicas que logren no solo el cambio que es necesario en este tiempo, en el que hay que cubrir a las necesidades sociales como responsabilidad de la ingeniería. Ello con la intención de seguir siendo competitivos a nivel internacional y seguir siendo locomotora económica de la región.

Para terminar cabe decir que la Enertrónica deberá ser ese concepto y posteriormente una disciplina de ingeniería que resuelva de forma integral los problemas energéticos de esta nación, y los futuros profesionales de esta ingeniería, hecha ex profeso para tal fin. Formados con una cultura de adaptabilidad, que propongan soluciones en este nuevo mundo de constantes cambios.

### Fuentes de consulta

Aquino Robles, José Antonio; C. Fernández Nava, Darío Cuervo Pinto. Mecatrónicamente Sostenible. Octavo Congreso de Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico CIINDET 2010 organizado por AMIME y la IEEE sección Morelos, sede Ciudad de Cuernavaca Noviembre del 2010.

Aquino Robles, José Antonio; Cecilia Fernández Nava. “La Estrategia de Enseñanza basada en Proyectos como medio para impulsar la Actitud de Innovación en Estudiantes de Ingeniería”. Presentado en el Segundo Congreso de Ingenierías Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica CIMEEM 2007 organizado por la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco. Ciudad de México Mayo y Junio del 2007

Aquino Robles, José Antonio; Víctor Darío Cuervo Pinto, Leonel Corona Ramírez, Cecilia Fernández Nava. La Seguridad de Suministro energético, en México –Parte I– Marco conceptual y análisis estadístico, 3er. congreso internacional de energías alternativas, organizado por el CICATA-IPN Querétaro. 31 de mayo al 3 de Junio del 2011. <http://www.cinea2011.ipn.mx/abs/E1-2.pdf>

García-Córdoba Fernando 2003 *La investigación tecnológica: investigar, idear e innovar en ingenierías y Ciencias Sociales* — 2a. ed. — México: Limusa, 2007. 456 p ISBN-13: 978-968-18-7003-4

Habib M. K. (2006). Mechatronics engineering the Evolution, the needs and the challenges. “IECON 2006 - 32nd Annual Conference on IEEE Industrial Electronics”, 4510 – 4515.

Miras Salamanca, Pedro -Energía y regulación en Iberoamérica- capítulo 5. ISBN: 978-84-470-2970-9 Comisión nacional de energía editorial Thomson CIVITAS

Pineda S. Leonardo (2010). Experiencias internacionales en la conformación de ciudades del conocimiento, tecno-ciudades, o polos de innovación, plataformas tecnológicas. [http://www.clad.org/documentos/otros-documentos/material-didactico-curso-eiapp-esap/leonardo-pineda-experiencias-internacionales-en-la-conformacion-de-ciudades-de-conocimiento/at\\_download/file](http://www.clad.org/documentos/otros-documentos/material-didactico-curso-eiapp-esap/leonardo-pineda-experiencias-internacionales-en-la-conformacion-de-ciudades-de-conocimiento/at_download/file). Consultado el 22 de febrero de 2011.

**Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación**

Retamales Lermada, Gonzalo P. Indicadores de la seguridad de suministro, Tesis de grado, Departamento de ciencias físicas y matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, 2005

Yebra Vega, Tomas; -Nuevos retos en el diseño de redes eléctricas de distribución Tesis Doctoral Universitat Politècnica de Valencia mayo de 2011 <http://hdl.handle.net/10251/8683>



## Emisiones de gases de efecto invernadero de la categoría residuos en el Estado de Morelos.

María Luisa Castrejón-Godínez<sup>1</sup> Rosa Estela Quiroz-Castañeda<sup>1</sup>  
Enrique Sánchez-Salinas<sup>1</sup> y María Laura Ortiz-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Gestión Ambiental Universitario  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

### Introducción

El explosivo incremento de la población humana y los consecuentes procesos de urbanización e industrialización, han provocado una nueva relación con la naturaleza, caracterizada por una intensa demanda y apropiación de recursos. El índice de bienestar humano alcanzado por las sociedades industrializadas, provoca un importante deterioro ambiental. Esta relación sociedad/naturaleza dificultan la capacidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres de recuperar su estado original una vez que los factores de perturbación han terminado, es decir su resiliencia.

En los procesos de producción, el flujo de materias primas, energía o emisiones, impactan al suelo, aire y agua (Elías, 2009). De los principales productos de dichos procesos, se encuentran los residuos, que de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) se definen como materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven. A partir de este concepto se ha generado una clasificación de residuos de acuerdo al estado físico en la cual se encuentran:

**Residuos sólidos urbanos:** Son principalmente los residuos domésticos, se encuentran generalmente en estado sólido y mezclados con residuos comerciales, pero en algunos casos pueden estar en estado semisólido Bustos (2009) y Aye y Widjaya (2006), clasifican los residuos sólidos en dos grandes grupos de acuerdo a su composición: en orgánicos e inorgánicos.

**Residuos peligrosos:** Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio. Entre este tipo de residuos, se encuentran los residuos hospitalarios, los cuales se disponen principalmente con el tratamiento de menor costo, incineración, en comparación de los tratamientos biológicos o químicos (Tangri, 2005).

La disposición final de los residuos se realiza en rellenos sanitarios, tiraderos a cielo abierto o sitios no controlados. Algunos residuos, como los peligrosos, son enviados a incineración. Los sitios que reciben los residuos invariablemente producen gases, como es el caso del metano y del CO<sub>2</sub>, mismos que se clasifican como gases de efecto invernadero (GEI), que contribuyen con el calentamiento global y por tanto, con el cambio climático.

Otros residuos importantes que se generan en los centros de población urbana, principalmente, son las *aguas residuales municipales e industriales*, que se definen como aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, y en general, de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Romero-Aguilar *et al.*, 2009). Estas aguas deben ser sometidas a un tratamiento de acuerdo con su composición y origen. En la última década se ha duplicado el número de plantas de tratamiento, sin embargo su eficiencia aún no es la deseada. De tal manera que en México se trata aproximadamente el 21% de las aguas residuales municipales y menos

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

del 15% de las aguas residuales industriales. Este proceso también genera GEI.

El conocimiento del tipo y cantidad de GEI que se generan en lugares más locales, es la principal herramienta para establecer estrategias de mitigación de dichos gases. Una de las categorías que se establecen como importante generadora de GEI, es la de residuos, por lo que es importante conocer su emisión para llevar a cabo acciones que permitan maximizar su manejo integral.

Una etapa fundamental para estimar las emisiones de GEI de la categoría residuos fue el acopio de los datos relacionados con la cantidad de residuos que se depositan en los diferentes sitios de disposición final (rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto). Los datos de la población total en el estado de Morelos, correspondientes a los años contemplados en el estudio, fueron incluidos. Además, se contó con la información de los volúmenes de aguas residuales (domésticas e industriales) generadas, su carga contaminante medida como kg de DBO o DQO por m<sup>3</sup> de agua residual, el tipo y la eficiencia de las tecnologías que emplean para su tratamiento y su disposición. Los datos de consumo de proteína *per cápita* acopiados, permitieron calcular las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O a través de los excrementos humanos.

En el caso de los residuos peligrosos, además de la cantidad y tipos generados, se debe identificar la tecnología de incineración en su caso. Sin embargo, en el estado de Morelos no existe información disponible en este rubro.

El inventario de GEI correspondiente a los residuos se estimó utilizando el módulo 6 del software gratuito (UNFCCC\_NAI\_IS\_132, 1996) dispuesto por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés). De acuerdo a las Directrices del IPCC y la información con la que se cuenta en el estado de Morelos, se siguió la metodología en un Nivel 1 (Tier 1).

En este trabajo se reportan las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes de residuos sólidos urbanos, aguas residuales municipales e industriales y excremento humano en el estado de Morelos para los años 2005, 2007 y 2009. Para ello se empleó la

metodología sugerida por el IPCC versión revisada 1996. El año 2005 fue considerado año base.

**Desarrollo del Tema**

Los datos obtenidos para la generación de residuos se muestran en el cuadro 1. Se puede observar la población beneficiada con la recolección, además del aumento de la generación de residuos a través de los años bajo estudio. Por su parte, la figura 1 muestra la generación de aguas residuales y la fracción que es tratada, a partir de lo cual se calcularon las emisiones GEI.

Las emisiones de GEI en Gg de la categoría residuos para el estado de Morelos, se muestran en el cuadro 2 por subcategoría, correspondientes a los años 2005, 2007 y 2009.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> aumentaron un 35.91% en el 2009 en comparación con el año base, debido principalmente al incremento en la generación de residuos sólidos urbanos estatales. Las emisiones de N<sub>2</sub>O indirectas provenientes de los excrementos humanos incrementaron un 25% en los mismos años, debido a que se reportó un incremento de la población y un mayor consumo de proteína *per cápita*.

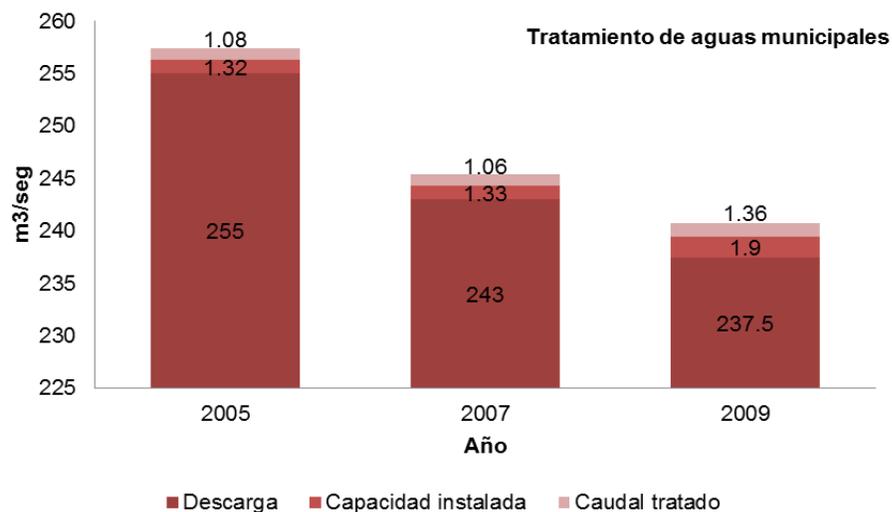
Con los datos del cuadro 2 y siguiendo la metodología establecida por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), se tomaron en cuenta los potenciales de calentamiento de cada gas y se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (eq). En el cuadro 3 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> eq de residuos. La mayor contribución en el estado se debe a la producción de metano, originado a partir del tratamiento de aguas residuales para los tres años en estudio, se observó un incremento del 20.74 y del 35.62% en los años 2007 y 2009 respectivamente, en comparación al año base 2005.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Cuadro 1. Datos reportados de RSU para los años 2005, 2007 y 2009.

Año	Generación total de RSU (Ton)	Población beneficiada por la recolección de RSU (Hab)	Población total (Hab)
2005	538,000	1,381,024	1,612,899
2007	538,000	1,401,194	1,678,060
2009	558,000	1,425,069	1,745,853

Figura 1. Descarga, capacidad instalada y tratamiento de aguas residuales municipales en el estado de Morelos para los años 2005, 2007 y 2009.



Cuadro 2. Emisiones de los GEI provenientes de la categoría Residuos en el estado de Morelos para los años 2005, 2007 y 2009.

Subcategoría	Emisión (Gg)					
	2005		2007		2009	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Tiraderos de residuos sólidos	35.35	-	35.35	-	36.66	-
Aguas residuales domesticas/comerciales	0.95	-	0.86	-	1.09	-
Aguas residuales industriales	61.31	-	81.74	-	94.91	-
Excremento humano	-	0.12	-	0.14	-	0.15
<b>Total</b>	<b>97.61</b>	<b>0.12</b>	<b>117.95</b>	<b>0.14</b>	<b>132.66</b>	<b>0.15</b>

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Cuadro 3. Emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq de los Residuos en el estado de Morelos para los años 2005, 2007 y 2009.

Subcategoría	Emisión de CO <sub>2</sub> eq (Gg)					
	2005		2007		2009	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Tiraderos de residuos sólidos	742.4	-	742.4	-	770.0	-
Tratamiento de aguas residuales (municipales e industriales)	1,307.3	38.4	1,734.6	44.1	2,016.0	45.9
<b>Total</b>	<b>2,049.7</b>	<b>38.4</b>	<b>2,477.0</b>	<b>44.1</b>	<b>2,786.0</b>	<b>45.9</b>

Cuadro 4. Comparación entre las emisiones de GEI del estado de Morelos y las nacionales de residuos en el año 2005.

CO <sub>2</sub> eq (Gg)		
Emisiones GEI Nacionales de la categoría residuos	Emisiones GEI estado Morelos de la categoría residuos	%
92,286.4	2,088.1	2.26

Fuente: México-Cuarta Comunicación Nacional, año 2005 y cálculos de este trabajo.

La contribución de los GEI provenientes del sistema de tratamiento de aguas residuales, corresponden al 64.45%, seguidas por las emisiones de los tiraderos de residuos sólidos que corresponden al 35.55% del total de la categoría de los residuos para el año 2005. Al comparar las emisiones de GEI generadas en la categoría de residuos en Morelos en el año base con respecto a las emisiones reportadas por el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero-Cuarta Comunicación Nacional, correspondiente al mismo año y categoría, se observa que la contribución del estado de Morelos corresponde al 2.26% del total nacional (cuadro 4).

### Conclusiones

- En Morelos los sistemas de tratamiento de aguas residuales y tiraderos de residuos sólidos generan prácticamente el total de las emisiones de GEI correspondiente a la categoría de residuos.
- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales, contribuyen con más del 64% de los GEI en el estado en el año base.
- Las emisiones de la categoría de Residuos producidas en el estado de Morelos contribuyen con el 2.26% de las emisiones de GEI a nivel nacional en la misma categoría.
- Finalmente, de acuerdo con la estimación de emisiones de GEI, derivadas de la categoría de residuos, calculadas para los años 2005, 2007 y

2009 en este inventario, se observó para el año 2009 un aumento del 35.62% respecto a 2005 en las unidades de CO<sub>2</sub> eq, está ampliamente relacionada con incremento en la disposición de residuos sólidos en sitios de disposición final y al impulso del tratamiento de aguas residuales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración y disposición del personal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI) Morelos y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

### Fuentes de consulta

- Aye L. y Widjaya E. (2006). Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia. *Waste Management*. 26 (10): 1180-1191.
- Bustos F.C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*. XXXIV. (27): 121-144.
- CONAGUA-SEMARNAT (2006). Estadísticas del Agua en México. México. 198 pp
- CONAGUA-SEMARNAT (2008). Estadísticas del Agua en México. México. 228 pp.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

CONAGUA-SEMARNAT (2010). Estadísticas del Agua en México. 10 años de presentar al agua en cifras. México. 249 pp.

Elias X. (2009). Capítulo 1. Generalidades, concepto y origen de los residuos. En: Elias X. (ed.) Reciclaje de residuos Industriales: Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. Ed. Diez de Santos. España. 1251 pp.

FAO (2010). Country Profile: Food security Indicators. Country México. Roma. 5 pp.

INEGI (2005). Segundo conteo de población y vivienda 2005. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=10398&s=est>. Consultado marzo 2011.

INE-IEE (2008). Actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2006 en la categoría de desechos". Parte 1. Desechos. México. 7/1-7/137.

INE-SEMARNAT (2006). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002. 8 Desechos (6). México. pp. 203-211.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996) Software for Workbook. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/ql/software.html>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1997b) Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada en 1996. Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 2. London. RU.

LGPGIR (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003. Última reforma publicada el 19 de junio de 2007.

Martínez J.I. y Villezca B.P.A. (2005). La alimentación en México, un estudio a partir de la encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares y de las hojas de balance alimenticio de la FAO. *Ciencia UANL*. VIII (2): 196-208.

Romero-Aguilar M., Colín-Cruz A, Sánchez-Salinas E. y Ortiz-Hernández M. L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25 (3): 157-167.

SEMARNAT (2010). El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida. México. 60 pp.

SNIARN-SEMARNAT (2010). Módulo de consulta temático, dimensión ambiental, generación de residuos sólidos urbanos. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_RSM01\\_04&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RSM01_04&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce). Consultado marzo de 2011.

Tangri N. (2005). Incineración de residuos: una tecnología muriendo. Alianza Global para Alternativas a la Incineración. Alianza Global Anti-Incineración. Buenos Aires. 113 pp.



## Prospectiva de emisiones vehiculares en la ZMVM

Carlos Chávez Baeza<sup>1</sup> y Claudia Sheinbaum Pardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Energía, Universidad Autónoma de la Ciudad de México

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM

### Introducción

Poco a poco las ciudades se están transformando en grandes urbes y los medios de transporte terrestre en una de las principales fuentes que degradan el medio ambiente y la salud de sus habitantes debido al acelerado crecimiento demográfico y sus necesidades de movilidad que incrementan a su vez el tránsito vehicular y el consumo de combustibles fósiles.

Es sabido que la quema excesiva de combustibles fósiles en la industria y todas las actividades humanas derivadas, como el transporte, han aumentado considerablemente la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera en los últimos años. Esto ha ocasionado que la atmósfera retenga más calor de lo debido y provoque un incremento de la temperatura sobre la superficie de la Tierra; traduciéndose en un cambio climático global.

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI (INE, 2006), México ocupa el lugar 12 a nivel mundial en las emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles, de una lista de 55 países que concentra el 95% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. A nivel país, las emisiones totales de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente fueron de 553 millones de toneladas para 2002, donde la contribución del sector transporte fue de 20,6%, del cual el automotor asume la mayor participación con 91%; seguido del aéreo 6%; marítimo 2% y ferroviario 1%.

De 2002 a 2008, México ha incrementado sus emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles en un 16% aproximadamente 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).

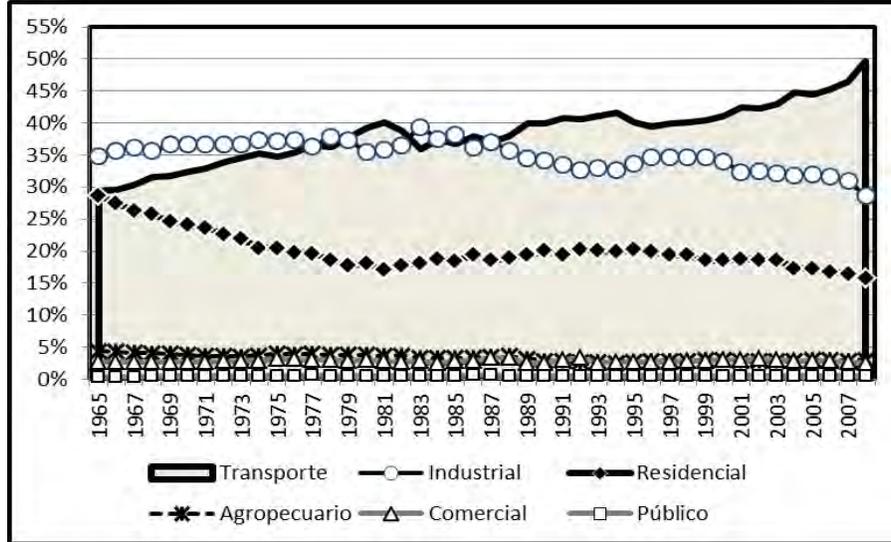
Por otra parte, las emisiones de GEI no son los únicos gases que genera el transporte, también produce una serie de gases contaminantes que están vinculados con múltiples problemas para la salud humana y para el medio ambiente.

Al respecto, la Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas hace referencia a diversos estudios llevados a cabo en México en donde se ha identificado una asociación entre la contaminación atmosférica, en particular por partículas y ozono, y el aumento en las visitas a salas de emergencia por ataques de asma (Romieu et al., 1995; Rosas et al., 1998), la incidencia de infecciones respiratorias (Tellez-Rojo et al., 1997; Torres-Meza, 2000; Hernandez-Cadena et al., 2000), los casos de bronquitis crónica (Romano, 2000), el ausentismo escolar (Romieu et al., 1992), la presencia de síntomas respiratorios (Sánchez Costanza, 1999), así como la disminución de la función pulmonar en niños (Castillejos et al., 1992 y 1995; Gold et al., 1999), la reducción en la variabilidad cardiaca (Holguin et al., 2003), y un incremento en la mortalidad en adultos (Borja-Aburto et al., 1998; Castillejos et al., 2000; Tellez-Rojo et al., 2000; O'Neill et al., 2004) e infantes (Loomis et al., 1999).

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, y ha sido el único sector que presenta un crecimiento sostenido en el consumo energético final (Figura 1), 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).

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 1. Evolución del consumo energético en México por sector, 1965-2008.



Nota: cifras del Sistema Información Energética, SENER

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 participación 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. Entre los combustibles fósiles utilizados en el transporte se encuentran las gasolinas (Magna y Premium) con 73,8% y el Diesel con 22,8%, que en su conjunto representan el 96,6%, el restante 3,4% lo constituyen el GLP y GN.

**Metodología**

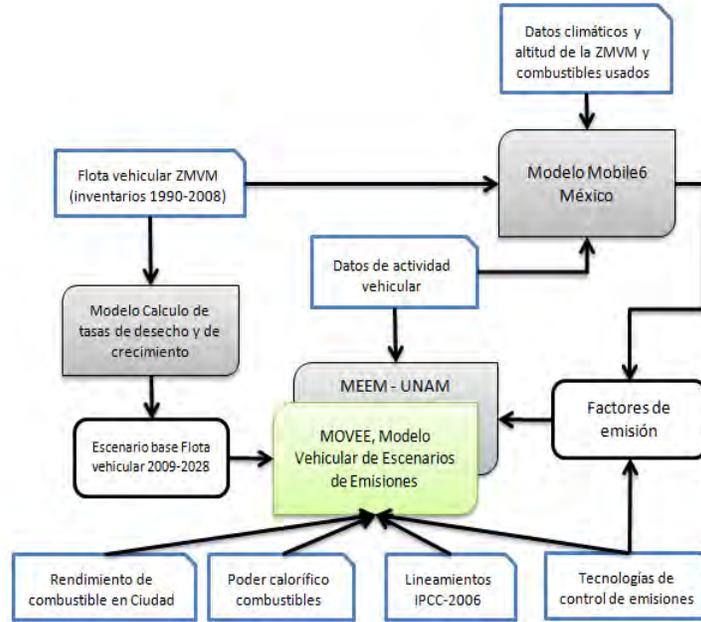
En la metodología para el escenario base de las emisiones de gases contaminantes que generan los vehículos de pasajeros que circulan en la Zona Metropolitana del Valle de México y su consumo energético, se desarrolló un modelo de abajo hacia arriba llamado Modelo Vehicular de Escenarios de Emisiones (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 base de los siguientes productos:

- Emisiones de contaminantes Criterio:
  - ✓ Material Particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>)
  - ✓ Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)
  - ✓ Monóxido de Carbono (CO)
  - ✓ Óxidos de nitrógeno (NOx)
  - ✓ Compuestos Orgánicos Totales (COT)
  - ✓ Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)
  - ✓ Amoníaco (NH<sub>3</sub>)
- Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI):
  - ✓ Metano (CH<sub>4</sub>)
  - ✓ Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
  - ✓ Bióxido de carbón (CO<sub>2</sub>)
- Consumo energético

Figura 2. Diagrama esquemático del modelo MOVEE.



### Emisiones de contaminantes criterio

Las emisiones de contaminantes criterio, debidas principalmente al proceso de emisiones del tubo del escape del vehículo, se determinan con la siguiente expresión:

$$EGC = \sum_{i,j} [(FV_{i,j}) \cdot (KRV_{i,j}) \cdot (FE_{i,j})]$$

Donde:

EGC = Emisiones de contaminantes criterio:

PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, COV, COT, NH<sub>3</sub>

FV<sub>*ij*</sub> = Flota Vehicular, cantidad de vehículos del tipo *i* que utilizan combustible *j*.

KRV<sub>*ij*</sub> = Actividad vehicular, expresada en kilómetros anuales recorridos por vehículo de tipo *i*, que usan combustible *j*.

FE<sub>*ij*</sub> = Factor de Emisión para el contaminante criterio, expresado en unidades de masa por distancia recorrida (g/km) por vehículos de tipo *i* que utilizan combustible *j*.

*i* = Tipo de vehículo (p. ej. automóvil, taxi, autobús)

*j* = Tipo de combustible (p. ej., gasolina para motores, diesel, gas natural, GLP)

#### a) Flota vehicular (FV)

En la flota vehicular del transporte de pasajeros en la ZMVM, se contabilizaron más de 4,2 millones de vehículos durante 2008, de los cuales 68% corresponde a unidades registradas en el Distrito Federal y el 32% restante a unidades registradas en el Estado de México. En la Figura 3 muestra la distribución de la flota vehicular de la ZMVM por tipo de vehículo y en la Figura 4 por tipo de combustible

#### b) Actividad Vehicular (KRV)

En la evaluación de la actividad vehicular se consideraron dos factores: la actividad diaria y el tipo de holograma que porte el vehículo (doble cero, cero y dos).

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 significa un máximo de 299 días en circulación al año, y los hologramas cero y doble cero circulan los 365 días del año. La restricción del Programa Hoy No Circula excluye a todos los autobuses, motocicletas y Metrobús.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

c) Factores de emisión (FE)

En el caso de los vehículos automotores, los factores de emisión se expresan en unidades de

masa del contaminante emitido por distancia recorrida. En México estos factores tienen unidades de gramos por kilómetro recorrido (g/km).

Figura 3. Distribución de la Flota vehicular de la ZMVM por tipo de vehículo.

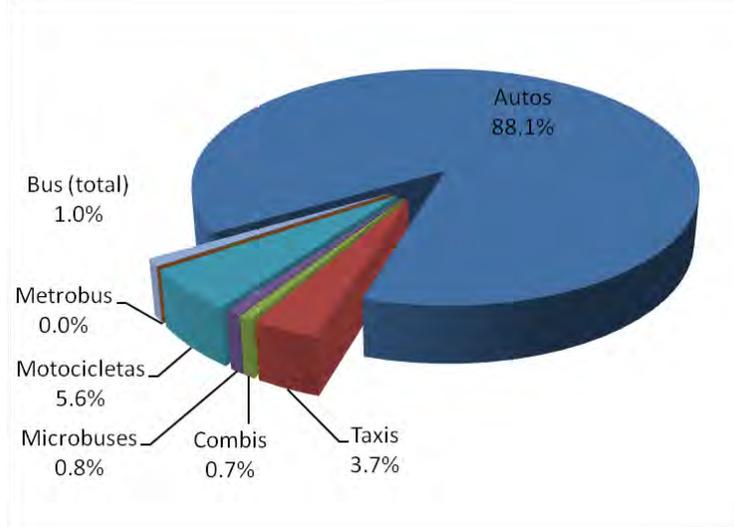
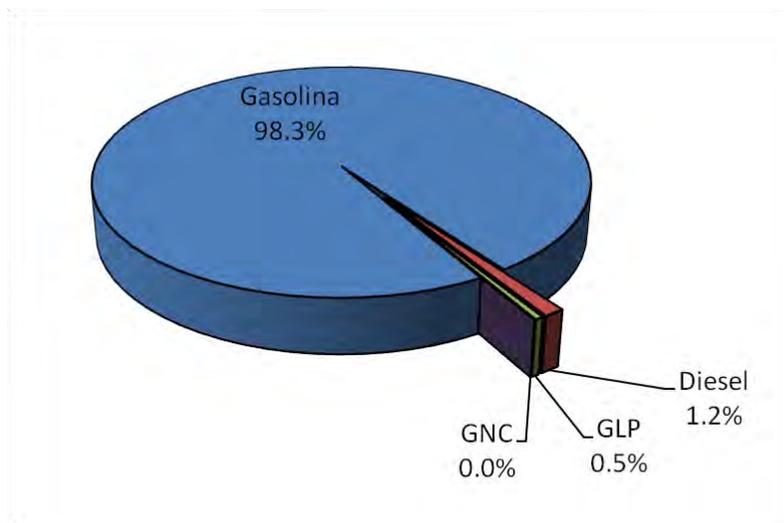


Figura 4. Distribución de la Flota vehicular de la ZMVM por tipo de combustible.



Las emisiones contaminantes de un vehículo son influenciadas por su edad, la tecnología del motor, la velocidad de circulación, las características del

combustible, las condiciones de operación, las condiciones meteorológicas y muchos otros elementos; variables que son complejas y

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

dinámicas, lo que dificulta la determinación de sus factores de emisión. Sin embargo, a través de los años se han desarrollado técnicas indirectas para la determinación de los factores de emisión de fuentes móviles.

Las técnicas indirectas no involucran mediciones en cada fuente en el lugar o zona de estudio, sino que utilizan los resultados de miles de mediciones directas realizadas en otros lugares y las correlacionan con la flota específica que se estudia y los parámetros locales que afectan sus emisiones mediante modelos diseñados expresamente para estimar los factores de emisión de las fuentes vehiculares.

En nuestro caso, se utiliza el modelo Mobile6-Mexico, con información que influye en los factores de emisión de la ZMVM, como: la Presión de Vapor Reid (PVR) de las gasolinas, el contenido de azufre de los combustibles, la velocidad de circulación, la temperatura ambiente y la altitud, por mencionar los más importantes.

Los factores de emisión obtenidos del modelo Mobile6-Mexico se estimaron para el Distrito Federal y el Estado de México, así como por tipo de vehículo, tipo de combustible y año modelo.

**Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)**

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los vehículos automotores están enfocados generalmente a los principales gases compuestos que son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). No obstante, sin ser parte de este análisis, recientemente el carbón negro del material particulado ha sido identificado por su participación en el calentamiento global, además de ser un contaminante tóxico (SMA-GDF, 2010b).

**Emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O**

En la evaluación de las emisiones del metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son consideradas las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006a), realizando los cálculos tanto por el proceso de emisiones del tubo

de escape como por el proceso de emisiones evaporativas debidas al arranque en frío de los vehículos.

A diferencia de las emisiones de contaminantes criterio, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependen principalmente de la distribución de los dispositivos de reducción de las emisiones en la flota, por lo que el IPCC recomienda como buena práctica utilizar el método de abajo hacia arriba teniendo en cuenta los diversos factores de emisión correspondientes a las distintas tecnologías de reducción de la contaminación (IPCC, 2006b). La fórmula utilizada es la siguiente:

$$EGEI_x = \sum_{i,j,k} [(FV_{i,j,k})(KRV_{i,j,k})(FE_{i,j,k})] + \sum_{i,j,k} [(FV_{i,j,k})(FC_{i,j,k})(AF_{i,j,k})]$$

- Donde:
- EGEI<sub>x</sub> = Emisiones del GEI para: CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O
  - FV<sub>i,j,k</sub> = Flota Vehicular, cantidad de vehículos del tipo *i* que utilizan combustible *j* y tecnología de control de emisiones *k*.
  - KRV<sub>i,j,k</sub> = Actividad vehicular, expresada en kilómetros anuales recorridos por vehículo de tipo *i*, que usan combustible *j* y tecnología de control de emisiones *k*.
  - FE<sub>i,j,k</sub> = Factor de Emisión para el GEI, expresado en unidades de masa por distancia recorrida (g/km) por vehículos de tipo *i* que utilizan combustible *j* y tecnología de control de emisiones *k*.
  - FC<sub>i,j,k</sub> = Factor de Emisión durante la fase de calentamiento (arranque en frío), expresado en unidades de masa por arranque (g/arranque) por vehículos de tipo *i* que utilizan combustible *j* y tecnología de control de emisiones *k*.
  - AF<sub>i,j,k</sub> = Arranques en frío, cantidad de arranques al año por vehículos del tipo *i* que utilizan combustible *j* y tecnología de control de emisiones *k*.
  - i* = Tipo de vehículo (p. ej., automóvil, taxi, autobús)
  - j* = Tipo de combustible (p. ej., gasolina para motores, diesel, gas natural, GLP)
  - k* = Tecnología de control de emisiones (como convertidor catalítico no controlado, etc.)

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Las consideraciones aplicadas a la flota vehicular (FV) y la actividad vehicular (KRV) son análogas a las establecidas en la evaluación de las emisiones de contaminantes criterio, con la diferencia de que ahora se distingue el tipo de tecnología de control de emisiones que se encuentra correlacionada con antigüedad de la flota vehicular.

a) Factores de emisión (FE)

Los factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se obtuvieron de las Directrices para los inventarios nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

Emisiones de CO<sub>2</sub>

En la evaluación de las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes del transporte por carretera, se utiliza el método "de abajo hacia arriba", evaluando las emisiones en dos pasos.

El primer paso consiste en calcular el Rendimiento Vehicular (RV) por tipo de vehículo *i* que usan combustible tipo *j* para el año *t*, expresado en MJ por km, utilizando la siguiente expresión:

$$RV_{i,j,t} = (PC_{j,t}) / (RC_{i,j,t})$$

Donde:

PC = Poder Calorífico del combustible tipo *j* para el año *t*, expresado en MJ/litro.

RC = Rendimiento de Combustible en Ciudad promedio anual por tipo de vehículo *i* que usan combustible tipo *j* para el año *t*, expresado en km/litro.

*i* = Tipo de vehículo

*j* = Tipo de combustible

*t* = Año

El segundo paso consiste en calcular las emisiones totales de CO<sub>2</sub> multiplicando el rendimiento vehicular por un factor de emisión apropiado para el tipo de combustible, el tipo de vehículo y la actividad vehicular, con la siguiente expresión:

$$EGEL_y = \sum_{i,j} [(FV_{i,j}) \cdot (KRV_{i,j}) \cdot (FE_j) \cdot (RV_{i,j})]$$

Donde:

EGEL<sub>y</sub> = Emisiones del GEI para CO<sub>2</sub>

FV<sub>*ij*</sub> = Flota Vehicular, cantidad de vehículos del tipo *i* que utilizan combustible *j*.

KRV<sub>*ij*</sub> = Actividad vehicular, expresada en kilómetros anuales recorridos por vehículo de tipo *i*, que usan combustible *j*.

FE<sub>*j*</sub> = Factor de Emisión para el contaminante criterio, expresado en unidades de masa por energía (kg/TJ) para el combustible tipo *j*.

RV<sub>*ij*</sub> = Rendimiento vehicular, expresada en MJ/km promedio anual por vehículo de tipo *i*, que usan combustible *j*.

*i* = Tipo de vehículo (p. ej., automóvil, taxi, autobús)

*j* = Tipo de combustible (p. ej., gasolina para motores, diesel, gas natural, GLP)

Modelo para la determinación del escenario base de la flota vehicular de la ZMVM

Este modelo permite determinar el crecimiento de la flota vehicular para cada tipo de vehículo (autos particulares, taxis, combis, etc.), insumo para el modelo MOVEE. Por un lado, se determina la tasa de desecho (TD) registrada en los inventarios de vehículos de 1990 al 2008 del Distrito Federal y del Estado de México, y por otro lado, la tasa de crecimiento (TC) debido a las ventas de vehículos registradas por el INEGI en ambas entidades.

A manera de ejemplo, en las Figuras 5 y 6 se muestran los escenarios de crecimiento de la flota de autos particulares en el Distrito Federal (DF) y en el Estado de México (EM), respectivamente.

En el caso del DF, el escenario base 2010-2028 presenta una reducción por el desecho de autos viejos. Sin embargo, en el Estado de México se presenta una situación contraria, pues en lugar de registrarse un desecho de autos viejos, se registra un aumento de autos viejos.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 5. Escenario base autos particulares a gasolina, Distrito Federal.

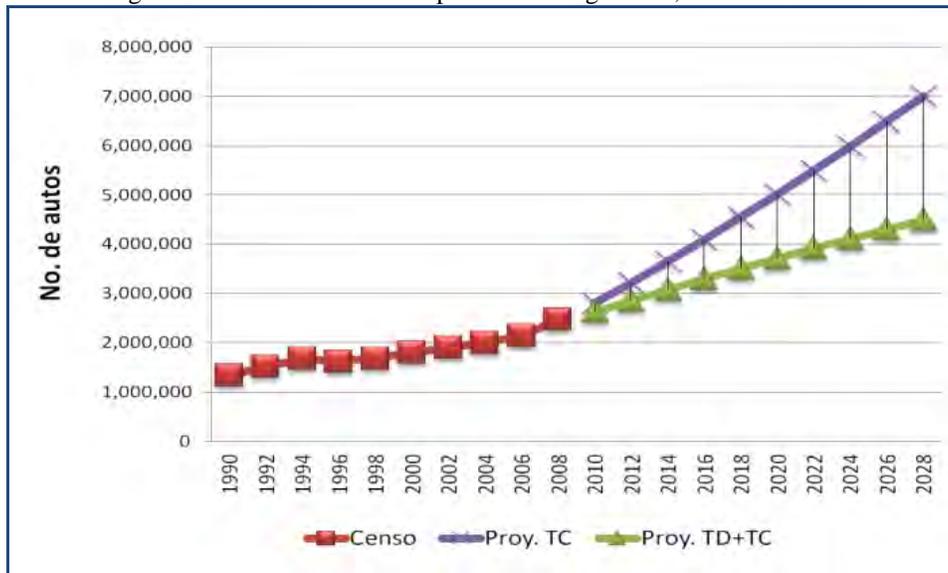
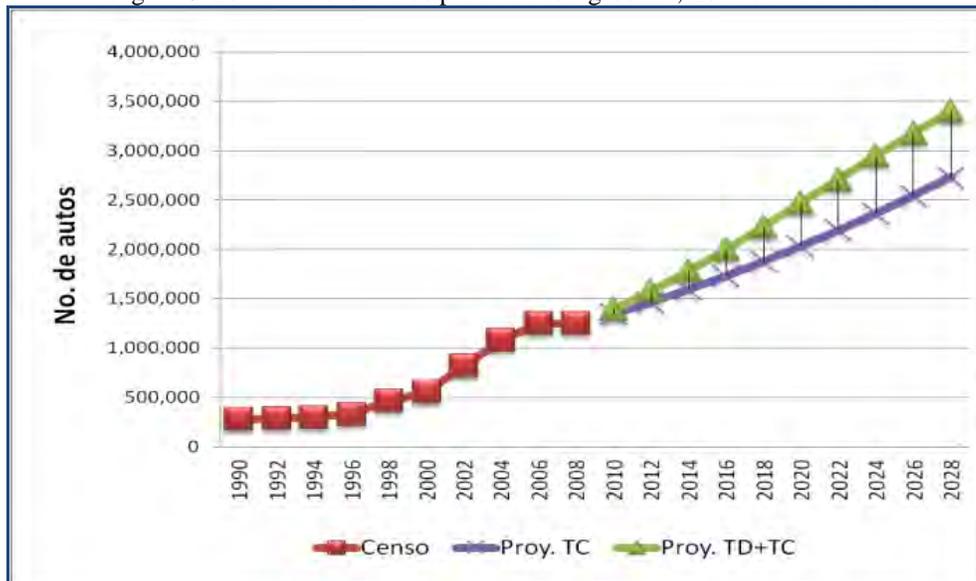


Figura 6. Escenario base autos particulares a gasolina, Estado de México.



Resultados

La integración de la información en el modelo MOVEE, permite obtener las emisiones generadas y el consumo energético por cada tipo de vehículo, por año-modelo, por tipo de combustible, para cada año par, desde 2008 hasta el 2028 y por región: DF, Estado de México o ZMVM.

Cabe señalar que el modelo toma el año 2008 como año base, a fin de cotejar los resultados con los Inventarios de Emisiones Criterio y GEI reportados por la SMA-GDF para 2008, encontrando que los valores presentan diferencias pero coinciden en orden de magnitud, lo que se explica al hacer uso de metodologías distintas.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

En el tenor energético, la tendencia esperada en el consumo de energía es que el transporte de personas en la ZMVM pase de 241 PJ en 2008 a

417 PJ en 2028 (Figura 7), lo que refleja un crecimiento de 73% en el periodo, mientras que en el DF será de 53% y en el Estado de México 113%.

Figura 7. Escenario base del consumo de energía en el transporte de pasajeros por región.

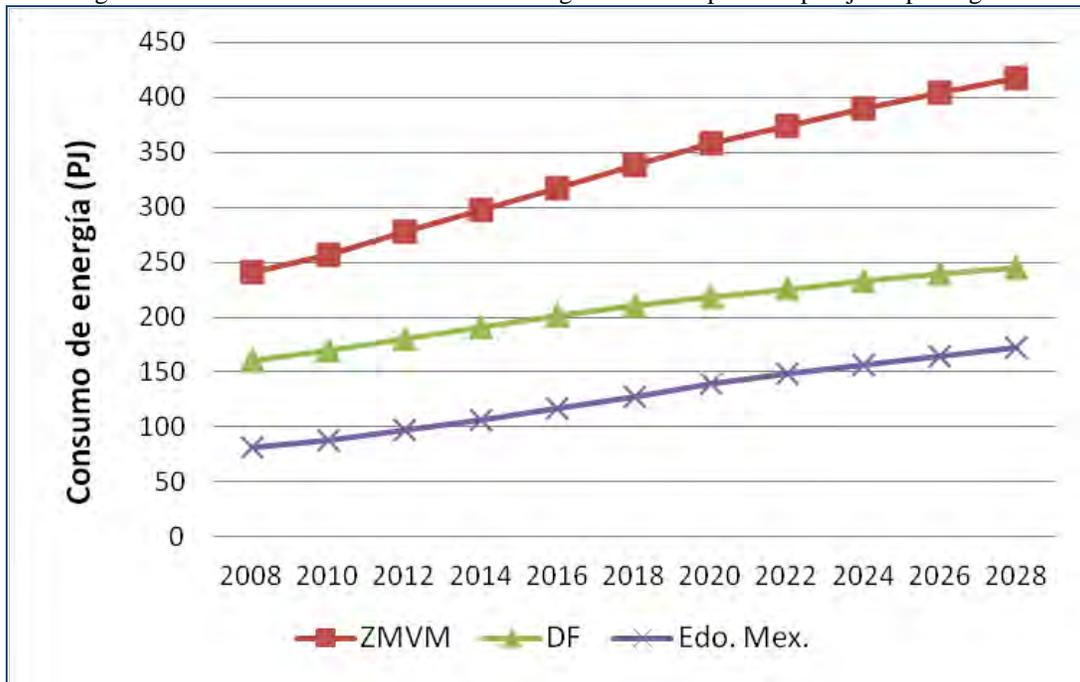


Tabla 1. Emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente en el transporte de pasajeros de la ZMVM por tipo de vehículo, 2028.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
Autos part.	19.609.253	25.218	407.983	20.042.454
Taxis	1.805.213	1.926	29.386	1.836.525
Combis	1.017.849	622	9.790	1.028.261
Microbuses	673.516	3.946	25.349	702.811
Autobuses	4.353.497	491	3.640	4.357.628
Motocicletas	1.563.228	30.621	21.824	1.615.672
Metrobús	120.553	859	74	121.486
Total	29.143.109	63.682	498.045	29.704.837

Nota: Equivalencia en CO<sub>2</sub> de una medida de gas (CO<sub>2</sub>e). Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), 1; Metano (CH<sub>4</sub>), 25; Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), 298.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 8. Participación porcentual de GEI en el transporte de pasajeros de la ZMVM, 2028.

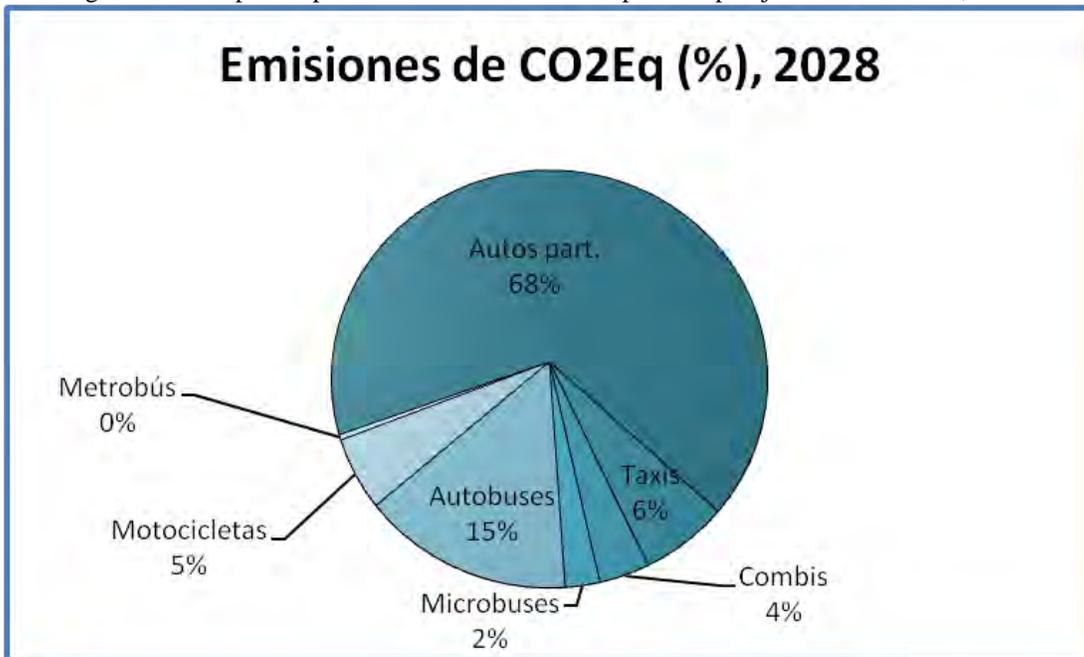
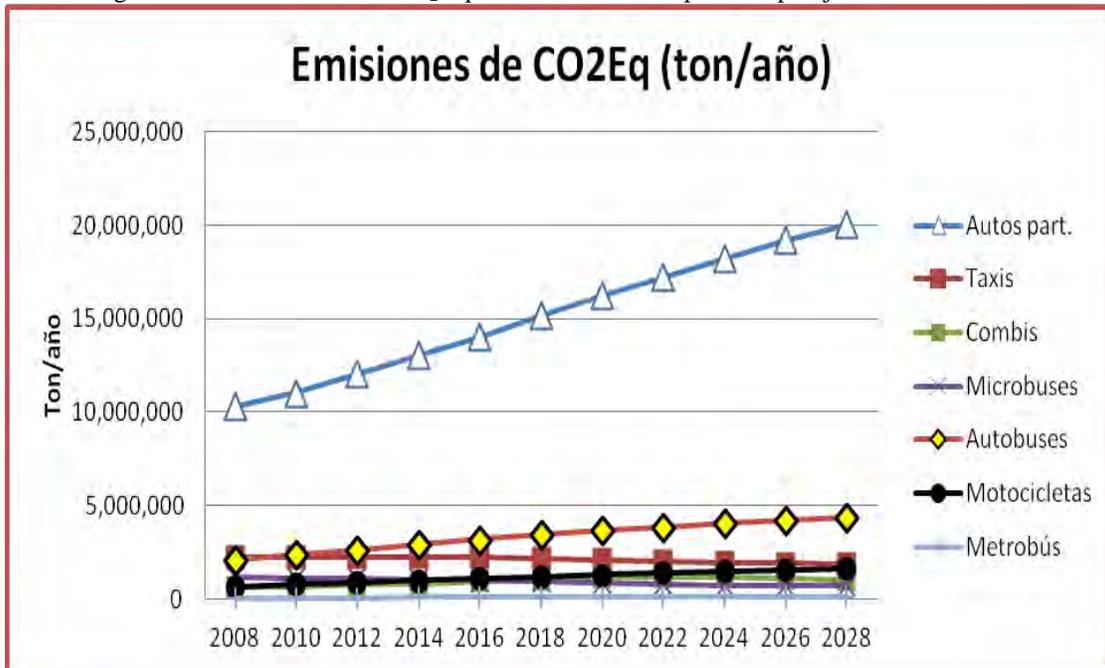
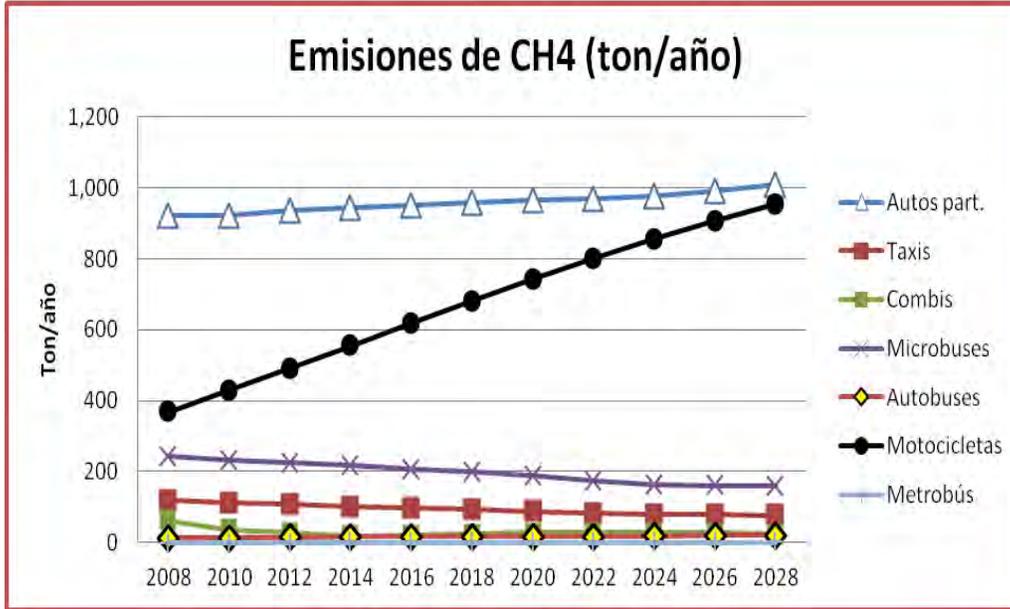


Figura 9. Escenario base de CO<sub>2</sub> equivalente en el transporte de pasajeros de la ZMVM.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 10. Escenario base de emisiones de CH<sub>4</sub> en el transporte de pasajeros de la ZMVM.



Con respecto a los GEI, se calcula que en el 2028 se generen casi 30 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Tabla 1), en donde el auto particular seguirá siendo el principal causante con 68% del total (Figura 8).

De igual forma, en el escenario base las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (Figura 9) se confirma que el auto particular tendrán el mayor crecimiento dentro de los vehículos del transporte de pasajeros de la ZMVM, al duplicar sus emisiones de 10 a 20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en el periodo de 2008 a 2028, mientras que en su conjunto se incrementará un 74%.

Podría esperarse que en todos los escenarios de las emisiones contaminantes realizadas al transporte de pasajeros de la ZMVM, se obtuvieran resultados similares, donde el auto particular sobresale de cualquier otro tipo de vehículo; sin embargo, no siempre es así, los escenarios de CH<sub>4</sub> indican que las tecnologías para la reducción de contaminantes tendrán un impacto favorable en el auto particular (Figura 10), mientras que motocicletas al no contar con dicha tecnología manifestarán un crecimiento importante (158%) en las emisiones de CH<sub>4</sub>.

**Conclusiones**

Si el escenario base del modelo es cierto, las tendencias en el consumo de energía y la generación de emisiones contaminantes y GEI, debidas al transporte de personas en la ZMVM, pronostican un fuerte impacto negativo en la economía al incrementar sus necesidades de energía (73% más en un periodo 2008 a 2028), la cual está basada en combustibles fósiles; y por ende, en la salud de sus habitantes y en el medio ambiente, este último afectado por el incremento de 74% del CO<sub>2</sub> equivalente en un lapso de 20 años.

El principal causante continuará siendo el auto particular, aunque se observa que las motocicletas encienden un foco de alerta en las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), gas de efecto invernadero con un efecto 25 veces mayor al CO<sub>2</sub>.

Con respecto al modelo MOVEE, el siguiente paso será la evaluación de distintos escenarios sobre alternativas o acciones para mitigar los impactos económicos, de salud y medio ambiente, por ejemplo: normas para el incremento del rendimiento de combustible en autos nuevos, modos con menor consumo energético por pasajero transportado y

**Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación**

utilizar combustibles con menor o nulo contenido de carbono, entre otros.

invernadero, Volumen 2: Energía, Capítulo 3: Combustión móvil, pp 10-32.

**Agradecimientos**

Los autores desean agradecer el apoyo del Dr. Víctor Hugo Páramo y su equipo de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la SMA-GDF por la información proporcionada.

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006b). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Capítulo 2: Energía, pp 44-53.

U.S. Energy Information Administration (US-EIA, 2011). Administración de Información Energética de Estados Unidos. <http://www.eia.gov/>

**Fuentes de consulta**

Instituto Nacional de Ecología (INE, 2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. INE-SEMARNAT-Western Governors' Association.

Instituto Nacional de Ecología (INE, 2006). Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2002. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-GDF, 2010a). Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2008. México.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-GDF, 2010b). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y carbón negro de la ZMVM 2008. México.

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. Documento preparado para el Centro Virtual de Cambio Climático. México.

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;

Sistema de Información Energética, SENER, (SIE-SENER, 2011). <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006a). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

## Mitigación en el sector energético Tecnologías, potenciales y costos

Jorge Raúl Gasca Ramírez<sup>1</sup> Moisés Magdaleno Molina<sup>1</sup>  
María Esther Palmerín<sup>1</sup> y Luis Alberto Melgarejo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Petróleo

### Introducción.

La energía sustentable es aquella que en su transformación y consumo tiene impactos negativos mínimos en la seguridad y salud humana y en el funcionamiento correcto de sistemas ecológicos vitales incluido el medio ambiente global (modificado de Omer, 2008).

Es un hecho aceptado que las energías renovables son una forma de energía sustentable en el largo plazo por lo que su uso ha atraído la atención durante los años recientes para resolver los problemas de contaminación local y global. Por otra parte, el uso de combustibles fósiles es considerado no sustentable tanto por los impactos negativos en la salud humana derivados de su uso como por la posibilidad de su agotamiento en el mediano plazo. Sin embargo, el desarrollo tecnológico de las energías renovables todavía no permite la sustitución completa de las tecnologías basadas en combustibles fósiles considerando que los costos de inversión de algunos tipos de energía renovable todavía no son competitivos. Por lo tanto, existe un compromiso entre el uso de las energías renovables y el uso de las energías fósiles si se considera además que es posible el desarrollo de tecnologías que mitiguen el impacto de los combustibles fósiles como la captura y almacenamiento del bióxido de carbono (Pires, et.al., 2011). En este trabajo se analizan los potenciales y costos de diferentes tecnologías de mitigación para el sector transporte mexicano.

### Impulsores para el Aumento de las Emisiones de GEI.

Las emisiones del mundo, de una región o de un país se estiman a partir de la suma de la contribución de varios sectores económicos, a saber: transformación y uso de energía y quema de gas ( $E_E$ ), procesos industriales y solventes ( $E_{PI}$ ), manejo de residuos ( $E_R$ ) y cambio de uso de suelo que incluye los sectores agricultura ( $E_A$ ) y forestal ( $E_F$ ). De estos los principales son el primero y el

último. La suma de emisiones puede expresarse pues como:

$$E_{CO_2} = E_E + E_{PI} + E_R + E_A + E_F \quad (1)$$

Las emisiones generalmente se expresan como equivalentes de  $CO_2$ . Obviamente cada uno de estos sectores tiene impulsores característicos para el aumento de las emisiones aunque se puede considerar al aumento de la población y al aumento de la prosperidad económica como los principales. Las emisiones también se pueden expresar por persona, es decir de manera intensiva

$$e = e_E + e_{PI} + e_R + e_A + e_F \quad (2)$$

donde:  $e_i = E_i/P$   
 $P$  [=] número de habitantes

Para el caso del sector energético, el Profesor Kaya de la Universidad de Tokio desarrolló la expresión dimensional (Raupach, M. R. et. al. 2007) expresada de manera intensiva en este trabajo:

$$e_E = (PIB/P) \times (En/PIB) \times (E_{CO_2}/En) \quad (3)$$

En donde  $(PIB/P)$  es el producto interno bruto per cápita, que es una medición del nivel de vida de una sociedad;  $(En/PIB)$  es la intensidad energética de la economía, es decir la cantidad de energía utilizada para generar una unidad monetaria de riqueza y  $(E_{CO_2}/En)$  es la intensidad en carbono de la energía utilizada en dicha economía, es decir la cantidad de emisiones de  $CO_2$  por unidad de energía utilizada. Todas estas variables son intensivas y el primer término a la derecha del signo de igualdad explica de manera clara porqué los países de mayor desarrollo económico han emitido históricamente una mayor cantidad de  $CO_2$ .

### Opciones Generales de Mitigación para el Sector Energético.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Con base en la ecuación (3) se pueden analizar las opciones generales de mitigación en el sector energético. En primer término se debe considerar que la población aumentará en nuestro país en los próximos 20 años y desde luego es necesario que aumente el PIB per cápita. Estas dos consideraciones dejan dos posibles opciones generales de mitigación para el sector energético, a saber: la reducción de la Intensidad Energética, es decir el aumento de la eficiencia energética de la economía y la disminución de la intensidad de carbono de la energía utilizada en nuestro país. El aumento de la eficiencia energética es una medida que puede implantarse a lo largo de toda la cadena de transformación y uso de energía y de hecho la Intensidad Energética muestra una disminución a nivel mundial de -0.75% anual (Raupach, M. R. et. al. 2007). Obviamente es necesario hacer un mayor esfuerzo de ahorro de energía pero por limitaciones termodinámicas es imposible lograr toda la mitigación necesaria sólo con medidas de eficiencia energética.

La otra opción general es la disminución de la Intensidad de Carbono de la Energía que puede lograrse mediante varias maneras: (a) descarbonizando la transformación y uso de energía (por ejemplo utilizando energía renovable); (b) reciclando el CO<sub>2</sub> a la cadena de transformación y uso de energía (por ejemplo mediante la producción de biodiesel utilizando algas y gases de combustión); (c) utilizando el CO<sub>2</sub> en productos que lo fijen por un periodo largo de tiempo (por ejemplo polímeros) y (d) secuestrando el CO<sub>2</sub> en la biósfera o en medios geológicos. Obviamente la opción (a) y la opción (d) son las de mayor impacto porque implican una descarbonización intensiva de la economía. Las opciones de la (b) a la (d) requieren generalmente el uso de corrientes con concentraciones altas de CO<sub>2</sub> o la captura (separación) de CO<sub>2</sub> de gases de combustión.

Cuando se incluyen las opciones de mitigación las emisiones del sector energético se pueden expresar per cápita como:

$$e_E = (\text{PIB}/P) \times ([E_n - \Delta E]/\text{PIB}) \times ([E_{\text{CO}_2} - \Delta \text{CO}_2]/E_n) \quad (4)$$

y de manera extensiva como

$$E_E = \{(\text{PIB}/P) \times ([E_n - \Delta E]/\text{PIB}) \times ([E_{\text{CO}_2} - \Delta \text{CO}_2]/E_n)\} \times P \quad (5)$$

donde  $\Delta E$  representa la suma de la energía ahorrada en un cierto periodo de tiempo tanto para

el sector de la transformación como el de demanda de energía y  $\Delta \text{CO}_2$  es la suma de la reducción de emisiones por la utilización de energía renovable, por el reciclado de CO<sub>2</sub> y por el uso o secuestro de CO<sub>2</sub>. Este último término fue propuesto por Bachu (2008) sólo para el caso de secuestro de CO<sub>2</sub> pero en este trabajo se incluyen las demás opciones de mitigación.

**Tecnologías para el Ahorro de Energía.**

En nuestro país los sectores importantes para la disminución de la intensidad energética son: el del transporte, el eléctrico, el petrolero, el industrial y el residencial reunido con el comercial bajo el rubro de edificaciones.

Para el caso del sector transporte la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2009) revisó las tecnologías que se están desarrollando para vehículos automotores ligeros y que en el corto y mediano plazo impactarán su eficiencia energética, a saber:

- i. Vehículos de gran eficiencia con motores a gasolina (con ignición por chispa eléctrica). Motor a gasolina con inyección directa avanzada (auto ignición controlada + válvula variable de tiempo y posición) + motor de arranque y generador integrado + turbo cargado + disminución de tamaño + sistema de enfriamiento avanzado con bomba eléctrica + mejoras en la transmisión + reducción fricción en el motor.
- ii. Vehículos de gran eficiencia con motores a diesel. Motor a diesel con combustión mejorada + motor de arranque y generador integrado + sistema de enfriamiento avanzado con bomba eléctrica + mejoras en la transmisión + reducción fricción en el motor.
- iii. Vehículos híbridos con motor eléctrico y motor a gasolina de gran eficiencia.
- iv. Vehículos híbridos con motor eléctrico y motor a diesel de gran eficiencia.
- v. Vehículos híbridos conectables a la red con motor eléctrico y motor a gasolina de gran eficiencia.
- vi. Vehículos híbridos conectables a la red con motor eléctrico y motor a diesel de gran eficiencia.
- vii. Vehículos eléctricos.
- viii. Vehículos con celda de combustible.

En la tabla 1 se muestran los potenciales de ahorro de energía, de reducción de emisiones y el costo de reducción para las opciones de la (i) a la (iv), que

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

son las medidas que pueden considerarse de ahorro energético, con respecto a un vehículo a gasolina privado modelo 2005 con una eficiencia en el consumo de gasolina de 0.095 litros/km. Se consideró un periodo de vida útil de 15 años en los cuáles el vehículo base recorrería 200,000 km, consumiría 19,000 litros de gasolina y emitiría 44.1 toneladas de CO<sub>2</sub>. El análisis se hizo considerando dos costos de petróleo crudo, a saber: 60 USD/barril y 120 USD/barril; se consideraron además dos escenarios de precios incrementales de vehículos por la introducción de la tecnología: en el corto y en el mediano/largo plazo. En el largo plazo se considera que hay una reducción del costo incremental por una mayor penetración de la tecnología. Se tomó una tasa de descuento baja del 3% considerando se está resolviendo un problema que no justifica una visión de corto plazo (AIE, 2009).

Puede observarse una gran sensibilidad al costo de los combustibles pues la medida puede pasar de un costo a un beneficio de acuerdo al precio del petróleo pero también se tiene bastante sensibilidad al costo de inversión.

En la tabla 2 se muestran las medidas de mitigación identificadas en diferentes estudios para nuestro país relacionadas con las tecnologías de ahorro energía en el sector transporte con sus correspondientes potenciales de reducción de emisiones y sus costos incrementales de reducción. Desafortunadamente los costos han sido calculados con diferentes suposiciones por lo que no son directamente comparables. Los parámetros que más

impactan en los costos unitarios son la tasa de descuento y el costo de los combustibles (como ya se comentó para en el párrafo anterior) pero hay otras suposiciones que también influyen en la diferencia como la proporción de vehículos híbridos, eléctricos, etc.

Tabla 2. Opciones de Mitigación de Tecnológicas de Ahorro de Energía en el Sector Transporte.

Tecnología	Potencial de Reducción Emisiones en 2030 (MtonCO <sub>2e</sub> )	Costo de mitigación (USD/ton CO <sub>2</sub> )	Estudio
Aumento de eficiencia en vehículos a gasolina, norma de eficiencia y verificación.	41.9	-32.0	MEDEC
	39.0	22.5	McKinsey_INE
Aumento de eficiencia en vehículos pesados a diesel.	8	87.0	McKinsey_INE
Aumento de eficiencia en vehículos a gasolina y diesel	124	211	IIE_INE
Sistema de Autobuses Rápidos (BRT)	4.2	-50.5	MEDEC
Sistemas de Autobuses Rápidos y Metro	16.0	75.9	McKinsey_INE

Tabla 1. Tecnologías para el ahorro de energía en vehículos privados.

Tecnología	Costo Incremental por Vehículo (USD)	Ahorro de Energía (%)	Potencial de Reducción (tonCO <sub>2</sub> /vehículo)	Costo de Petróleo (USD/barril)	Costo de Mitigación (USD/ton CO <sub>2</sub> )
Motor a gasolina gran eficiencia	Corto plazo 2,200	24	10.6	60	50
				120	-90
Mediano/largo plazo 2,150	28	12.4	12.4	60	15
				120	-140
Motor a diesel gran eficiencia	Corto plazo 3,220	30	13.2	60	67
				120	-91
Mediano/largo plazo 3,160	33	14.6	14.6	60	47
				120	-108
Vehículos híbridos con motor gasolina gran eficiencia	Corto plazo 2,980	41	18.1	60	32
				120	-121
Mediano/largo plazo 2,640	48	19.9	19.9	60	-8
				120	-156
Vehículos híbridos con motor diesel gran eficiencia	Corto plazo 4,470	42	18.5	60	80
				120	-74
Mediano/largo plazo 3,260	43	19.0	19.0	60	-36
				120	-117

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

**Tecnologías para Descarbonizar.**

Como ya se mencionó en la sección 3, las tecnologías de descarbonización más prometedoras son el uso de energía renovable y la captura y secuestro de CO<sub>2</sub>. Para el caso del sector transporte las tecnologías relevantes son:

- a) Introducción de biocombustibles como bioetanol y biodiesel. Esta opción tecnológica impacta tanto si estos biocombustibles se utilizan en vehículos de baja eficiencia como si se usan en vehículos híbridos con motores de gran eficiencia.
- b) Generación eléctrica con fuentes renovables. Esta opción tecnológica es fundamental para que la introducción de vehículos híbridos conectados a la red y de vehículos eléctricos sea una medida importante de mitigación.
- c) Generación eléctrica con captura y secuestro de CO<sub>2</sub>. Esta opción tecnológica es similar en alcance e importancia a la anterior pero también es relevante para aumentar la sustentabilidad de los combustibles fósiles.

En la tabla 3 se muestran los potenciales y costos de mitigación estimados para México en varios por el uso de biocombustibles en el sector transporte.

Tabla 3. Opciones de Mitigación de Tecnológicas de Introducción de Biocombustibles.

Tecnología	Potencial de Reducción Emisiones en 2030 (MtonCO <sub>2e</sub> )	Costo de mitigación (USD/ton CO2)	Estudio
Bioetanol de Caña de Azúcar.	16.8	11.3	MEDEC
	6.0	-5.6	McKinsey_INE
Bioetanol de Celulosa (Pasto)	10	5.0	McKinsey_INE
Bioetanol de Sorgo	5.1	5.3	MEDEC
Biodiesel de Aceite de Palma	2.4	6.4	MEDEC

Como ya se mencionó antes la diferencia en los costos se debe principalmente a la suposición de la tasa de descuento y el escenario de precios de los combustibles fósiles. Sin embargo, para el caso de los biocombustible interviene también el costo de

producción del combustible renovable que depende de la economía agrícola de cada país.

En la tabla 4 se muestran los costos de producción de etanol a partir de caña de azúcar para diferentes países incluido México (IPCC, 2011). Estos costos se estimaron para una planta de producción de etanol con capacidad de entre 170 y 1,000 MW térmicos, un tiempo de vida de 20 años y un factor de planta del 50%. Además, se supuso una eficiencia del 39% incluyendo la producción de azúcar que aporta 4.3 dólares extras por cada GJ de caña alimentada.

En la tabla 4 también se puede ver la influencia de la tasa de descuento en el costo de etanol en el caso de México que pasa de un intervalo de 19 a 37 USD/GJ a una tasa de 3% a un intervalo de 20 a 42 USD/GJ a una tasa de 10%. Aunque nuestro país tiene una cierta ventaja en el costo de inversión y el costo de operación fijo con respecto a la mayoría de los países es el costo de la caña de azúcar lo que hace más competitivos a países como Brasil, India y los de la cuenca del Caribe en la producción de etanol.

Para que la introducción de vehículos híbridos conectables a la red y de vehículos eléctricos sea sustentable es necesario que se tenga una mayor proporción de generación eléctrica a partir de fuentes renovables. En la tabla 5 se muestran los diferentes potenciales y costos de mitigación estimados en varios estudios para el caso de México para la introducción de mayor proporción de fuentes renovables de tecnología madura.

Aun en el caso de las tecnologías renovables maduras no existe una similitud en las estimaciones de potencial y costo de mitigación. Sólo en el caso de la generación con energía eólica se tienen valores similares en el potencial pero los costos muestran diferencias apreciables.

En la tabla 6 se dan las estimaciones del potencial y costos de mitigación para el caso de la captura y secuestro en la industria del petróleo. En este caso hay una diferencia en un orden de magnitud en la estimación del potencial de mitigación y de cinco veces en el costo de mitigación.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Tabla 4. Costo de Producción de Etanol Renovable a Partir de Caña de Azúcar.

País	Costo de Inversión (USD/kW térmico)	Costo Fijo Operación Anual (USD/kW térmico)	Costo Variable de Operación (USD/GJ Alim)	Costo de Materia Prima (USD/GJ Alim)	Costo de Producción (tasa 3%) (USD/GJ Prod)	Costo de Producción (tasa 10%) (USD/GJ Prod)
México	83–260	16–25	0.87	5.2–7.1	19 - 37	20 - 42
Brasil	100–330	20–32	0.87	2.1–6.5	2.4–38	4.5–44
Cuenca del Caribe	110–360	22–35	0.87	2.6–6.2	6.4–38	8.8–46
Argentina	110–340	21–34	0.87	6.5	28–39	31–46
Colombia	100–320	20–31	0.87	5.6	23–32	25–39
Estados Unidos	100–320	20–31	0.87	6.2	27–36	29–43
India	110–340	21–33	0.87	2.6–6.2	5.9–37	8.2–44

Tabla 5. Opciones de Mitigación en la Generación Eléctrica.

Tecnología	Potencial de Reducción Emisiones en 2030 (MtonCO <sub>2e</sub> )	Costo de mitigación (USD/ton CO <sub>2</sub> )	Estudio
Geotermia	48.0	11.7	MEDEC
	11.0	3.5	McKinsey_INE
	61.2	-55.6	IIE_INE
Mini hidráulica	8.8	9.4	MEDEC
	16.0	-7.0	McKinsey_INE
	9.4	14.6	IIE_INE
Eólica tierra adentro	23.0	2.6	MEDEC
	21.0	49.3	McKinsey_INE
	37.6	-38.3	IIE_INE

Tabla 6. Costos y Potenciales de Mitigación de la Captura y Secuestro de CO<sub>2</sub>

Tecnología	Potencial de Reducción de Emisiones en 2030 (MtonCO <sub>2e</sub> )	Costo de mitigación (USD/ton CO <sub>2</sub> )	Estudio
Captura y secuestro de CO <sub>2</sub> en la Industria Petrolera	80.0	19.0	IIE_INE
	8.0	88.0	McKinsey_INE

**Conclusiones.**

Para la mitigación en el sector transporte se cuenta con un amplio espectro de posibles tecnologías que incluye las correspondientes al ahorro de energía las cuales se encuentran en desarrollo por parte de la industria automotriz. El ahorro de energía en el largo plazo puede ser casi del 50% y los costos de mitigación tienen una fuerte dependencia con el costo de los combustibles fósiles. Si estos son superiores a los actuales estas medidas pueden ofrecer beneficios económicos. Los estudios para México para la mejora de la eficiencia energética muestran una gran dispersión, tanto en el potencial como en el costo de mitigación al año 2030.

Otra medida importante es la introducción de combustibles renovables. El costo de mitigación muestra una fuerte dependencia con el costo de la

materia prima agrícola. Este costo varía hasta en 300% en los diferentes países en donde es posible cultivar caña de azúcar. Los estudios para México para la introducción de biocombustibles muestran una gran dispersión, tanto en el potencial como en el costo de mitigación al año 2030, pero este último siempre es inferior a 15 USD/ton CO<sub>2</sub>.

La generación de energía eléctrica con una mayor proporción de fuentes renovable es importante para que la introducción de vehículos eléctricos y vehículos híbridos conectables a la red sea sustentable. Los estudios para México para la generación con energías renovables con tecnología madura muestran una gran dispersión, tanto en el potencial como en el costo de mitigación al año 2030, pero este último siempre es inferior a 15 USD/ton CO<sub>2</sub> a excepción de la generación eólica

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

tierra adentro en uno de los estudios que es casi 50 USD/ ton CO<sub>2</sub>.

La generación de energía eléctrica con captura y secuestro de CO<sub>2</sub> es importante para que la introducción de vehículos eléctricos y vehículos híbridos conectables a la red sea sustentable y para aumentar la sustentabilidad de los combustibles fósiles. Los estudios para México para la captura y secuestro de CO<sub>2</sub> en la muestran una gran dispersión, tanto en el potencial como en el costo de mitigación al año 2030; hay una diferencia en un orden de magnitud en la estimación del potencial de mitigación y de cinco veces en el costo de mitigación.

**Fuentes de consulta**

Bachu, S. (2008). CO<sub>2</sub> storage in geological media: role, means, status and barriers to deployment. Prog. Energ. Combust. vol. 34, pag. 254–273.

IIE\_INE (2009). Castrejón Botello, D.; García Trujillo, M. E.; Flores López, M.P.; González Santaló J. M.; Bauer Ephrussi M. Estudio Sobre el Impacto de Fuentes Renovables de Energía en las Emisiones de GEI en el Mediano y Largo Plazos en México. Instituto de Investigaciones Eléctricas para el Instituto Nacional de Ecología. Temixco, Mor.

INE\_McKinsey (2010). Potencial de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en el Contexto de la Cooperación Internacional. Instituto Nacional de Ecología. México.

IPCC (2011). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Intergovernmental Panel in Climatic Change. Working Group III Mitigation of Climatic Change.

MEDEC (2009). Johnson, T.; Alatorre, C.; Romo, Z.; Liu, F. México: Estudio para la Disminución de Emisiones de Carbono. Banco Mundial. Washington, USA.

Omer, A.M. (2008). Green energies and the environment. Renewable and Sustainable Energy Reviews vol. 12 pag.1789–1821.

Pires, J.C.M.; Martins, F.G.; Alvim-Ferraz, M.C.M.; Simões, M. (2011). Recent developments on carbon capture and storage: An overview. Chemical Engineering Research and Design vol. 89 pag. 1446–1460.

Raupach, M.R.; Marland, G.; Ciais, P.; Le Quéré, C.; Canadell, J.G.; Klepper, G. y Field, C.B. (2007) Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions PNAS, vol. 104, num. 24 pag. 10288–10293.

# Metodología para estimación de biomasa utilizable en un gasificador de flujos paralelos a través de modelos de poda en *fraxinus uhdei*, *ligustrum lucidum* y *pinus radiata* para la generación de energía eléctrica en el campus de ciudad universitaria

Brenda Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería

## Introducción.

A lo largo del tiempo, el uso inadecuado que el hombre le ha dado a los recursos naturales renovables y no renovables, ha ocasionado alteraciones en los ciclos biogeoquímicos generando un desequilibrio y degradación de los ecosistemas provocando la gradual extinción de diferentes especies de plantas y animales. Hoy en día el uso de la bioenergía resulta ser una de las alternativas para el cuidado del medio ambiente, esta es considerada como la energía que es obtenida de la biomasa (Red Mexicana de Bioenergía, 2006) por otro lado la biomasa es un recurso renovable y se define como la materia viva, de organismos animales o vegetales que proviene directa o indirectamente del proceso de la fotosíntesis (Delgado,2000). La gasificación es una forma de aprovechar la bioenergía, que es un sistema generador de energía a través de la utilización de biomasa, este puede favorecer en gran medida a los ecosistemas, pues el uso de los residuos orgánicos evita el almacenamiento de grandes cantidades de esta basura orgánica, actualmente en el Instituto de Ingeniería de la UNAM se investiga sobre un proceso de gasificación de flujos paralelos que utilice biomasa para la producción de energía eléctrica y motriz. A continuación se presenta en forma de esquema el proceso de gasificación del actual modelo del Instituto de Ingeniería (Figura 1).

Una forma de obtener biomasa es a través de la poda, la ANSI A300 es una norma Americana realizada para el cuidado y mantenimiento de los árboles, arbustos y otras plantas leñosas, en ella se describen el modo de aplicación de las podas, las diferentes herramientas para podar, los tipos de cortes a realizar en las ramas, los objetivos y tipos

de podas a efectuar en las especies de plantas. La ANSI A300 define a la poda como el corte de alguna parte del organismo vegetal, dicho corte lo precede el planteamiento de un objetivo o meta específica. Así como lo establece la norma, es importante el plantear un objetivo previo a la poda, conocer la biología de la especie y los factores bióticos y abióticos bajo los cuales se desarrollan, para poder mantener al arbolado en buen estado (García, 2009).

El presente trabajo propone una metodología para la estimación de biomasa a través de diferentes modelos de poda para las especies arbóreas *Fraxinus uhdei* (fresno), *Ligustrum lucidum* (trueno) y *Pinus* var. *Radiata* (pino) más abundantes de los jardines de Ciudad Universitaria.

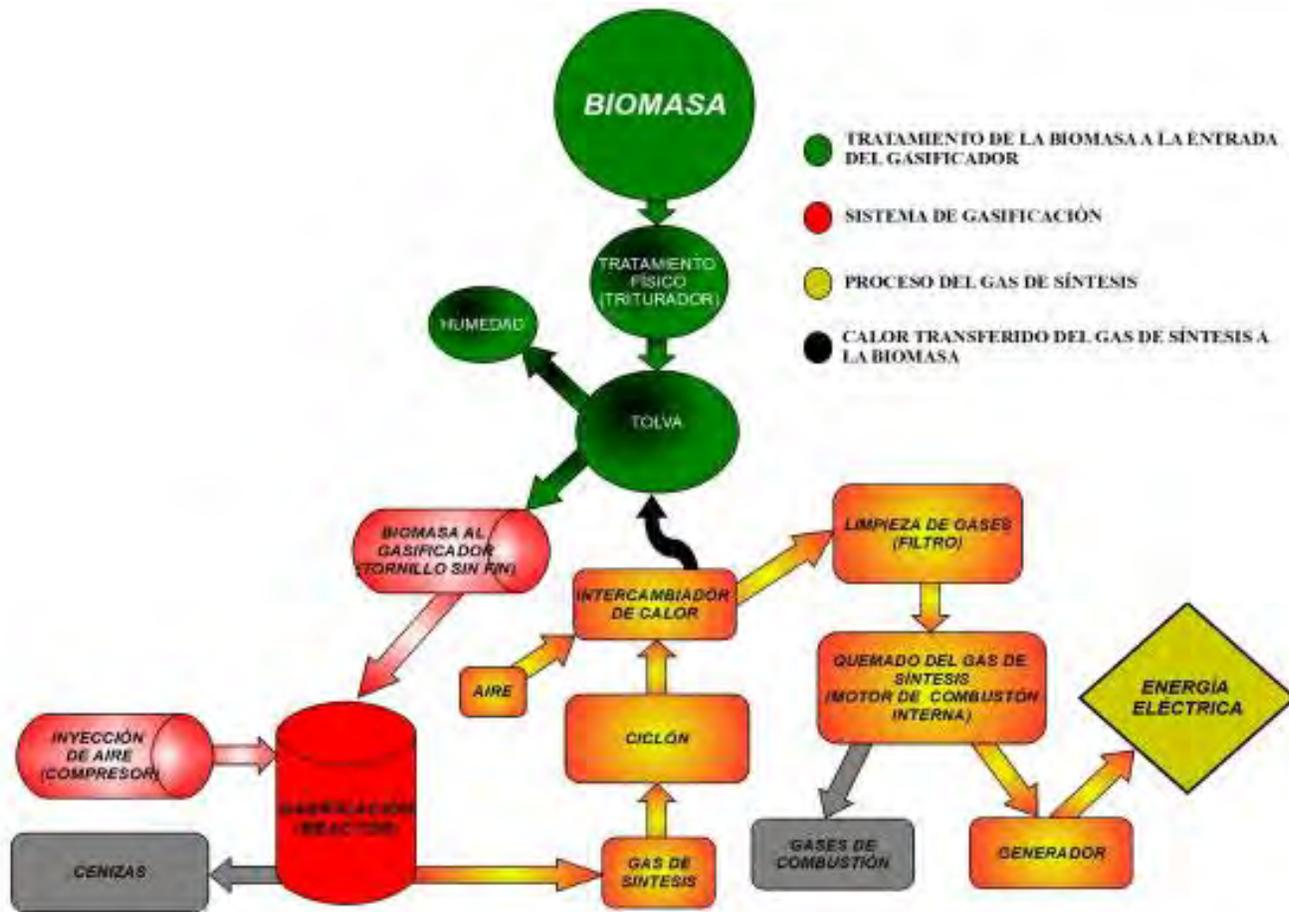
La biomasa potencialmente utilizable en un rodal coetáneo o incoetaneo que contenga un estrato arbóreo adulto puede ser estimada a partir de una metodología basada en la aplicación de diferentes tipos de poda y con la cual se puede diseñar un gasificador idóneo para la producción de energía en el sitio seleccionado.

## **Materiales y métodos**

**Sitio de estudio.** Ciudad Universitaria (C.U.) se compone de elementos importantes que la proveen de servicios ecosistémicos, por un lado la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), que se caracteriza por la presencia de matorrales xerófilos (Redowski 1954) y el otro componente importante son las áreas de jardines, en los cuales se llevó a cabo al aparte experimental de esta investigación, cabe mencionar que el muestreo solo se llevó a cabo en áreas jardinadas, las áreas de amortiguamiento y la Reserva no fueron alteradas.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 1. Proceso de gasificación de la Planta piloto del Instituto de Ingeniería de la UNAM (realización propia)



Datos registrados revelan que 95ha de 725ha que comprenden a C.U. pertenecen a estos jardines (Santana *et al*, 2007.) Este sitio presenta un clima templado subhúmedo (Cwbg) con régimen de lluvias en verano, una temperatura media anual de 15.5 °C y precipitación de 870 mm; el tipo de vegetación corresponde a matorral xerófilo con una edad aproximada de 2000 años. La topografía del lugar es accidentada, suelo se originó a partir de la erupción del volcán Xitle, se pueden encontrar otras áreas de origen eólico y orgánico (con materia orgánica, potasio y calcio). El suelo es caracterizado por un sustrato basáltico gris oscuro con microcristales de olivino, también se caracteriza por un drenaje eficiente, (Redowski1954, Valiente Banuet y de Luna 1990; Cano Santana, 1994).

**Descripción de especies.**

Para este trabajo se decidió trabajar con las especies arbóreas más abundantes de los jardines del campus. A través del inventario realizado por el Jardín Botánico, se registra que para *Fraxinus uhdei* existen alrededor de 3377 ejemplares, *Ligustrum lucidum* cuenta con 1323, y *Pinus radiata* 901, como las especies más abundantes para el año 2006. *Fraxinus uhdei* es una especie caracterizada por tener una área de distribución natural, el fresno se extiende desde el área central occidental de México a través de Guatemala, desde las latitudes 25° a la 14° N, perteneciente a la familia Olaceae, algunos de sus nombres comunes son fresno, shamel ash, evergreen ash. Es un árbol grande con copa irregular, y con follaje deciduo, es común en el distrito federal y su fructificaciones es a finales del

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

verano<sup>1</sup>. *Ligustrum lucidum*, conocido como trueno es característico por tener su país de origen en China, Corea y Japón. Vive alrededor de 35 años, es una especie también de la familia Oleaceae, alcanza alturas de 25 m, sus hojas perenes son opuestas<sup>2</sup>. Presenta flores hermafroditas, amarillentas. Florece a fines de primavera y comienzos del verano es muy resistente a las condiciones urbanas y a los insectos<sup>3</sup>. *Pinus radiata*, tiene como sinónimo *Pinus insignis* pertenece a la familia Pinaceae; algunos de sus nombres comunes son: pino candelabro y pino de Monterrey, es una especie originaria de Monterrey. Alcanza una altura de 60 m y más de 10 m de diámetro. Presenta tronco cónico, recto, con raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas. Presenta acículas en grupos o fascículos de tres<sup>4</sup>.

**Métodos.**

La ANSI A-300 es una norma Americana realizada para el cuidado y mantenimiento de los árboles, arbustos y otras plantas leñosas, en ella se describen el modo de aplicación de las podas, las diferentes herramientas para podar, los tipos de cortes a realizar en las ramas, los objetivos y tipos de podas a efectuar en las especies de plantas. En base a esta Norma se establecieron objetivos para adecuar el tipo de poda necesario para los individuos a muestrear.

En la tabla 1 se describe la relación entre los objetivos y la selección de los tipos de poda que fueron aplicados a las tres especies arbóreas, cabe mencionar que la poda mixta no se encuentra como parte de los tipos de poda en la norma, esta es una propuesta de poda compuesta por limpieza y aclareamiento para este trabajo.

Una vez establecidos tanto los objetivos como los tipos de podas adecuados para cada individuo, en base a bibliografía encontrada, se establecieron tres condiciones importantes para la realización de una poda con la finalidad del buen mantenimiento del arbolado:

1.- Retirar menos del 25% del ramaje de la copa, para evitar daños en el desarrollo del individuo, pues la descompensación del peso y estructura del follaje puede afectar su crecimiento (ANSI A-300 y NADF-001-RNAT-2006)

2.- Eliminar ramas, primarias, secundarias y consecuentes con un diámetro menor a 4cm, ya que la probabilidad de que un árbol no se enferme se reduce, pues las heridas son más pequeñas y el individuo es menos propenso a infectarse (García, 2009).

3.- Cortar de 13 a 15 ramas por individuo, estudios previos realizados por parte del Dr. Cano en relación con dendrometría y estimaciones de biomasa, presentan el mejor ajuste para la r<sup>2</sup> con este número de muestras por organismo.

El tamaño de la muestra para cada una de las tres especies fue de 16 individuos adultos en condiciones sanitarias buenas distribuidos en todos los jardines del campus, de acuerdo con Acosta, *et al.*, en el 2002 y Diaz, *et al.*, en el 2007, con la finalidad de que las categorías diamétricas sean variables, además de que el aumento del intervalo de variación de los árboles medidos fuera mayor y así dar validez a las ecuaciones de regresión. De acuerdo con las descripciones mencionadas en la norma y las condiciones descritas anteriormente, se podaron 48 árboles con el apoyo del personal de DGDO de la UNAM, de cada especie se podaron 4 árboles para cada uno de los cuatro diferentes tipos de poda en total 16 árboles por especie y de cada individuo se cortaron de 13 ramas de acuerdo al tipo de poda, para la eliminación de las ramas se consideraron los siguientes tipos: primarias y laterales (secundarias, terciarias).

El sistema llevado a cabo para obtener las muestras necesarias de esta investigación se resume en el siguiente esquema (Figura.2) donde se observa como base el estudio de la biología de la especie, el establecimiento de objetivos permite tomar una decisión sobre el tipo de poda a realizar en base a la ANSI-A300, también se muestran las variables dendrométricas consideradas para finalmente realizar la determinación de ecuaciones alométricas.

<sup>1</sup> Consulta de fichas taxonómicas del inventario del Laboratorio de Ecología

<sup>2</sup> Sánchez de L. C. J. M. 2005. Las especies del género *Ligustrum* cultivadas en España. In: Árboles ornamentales. Disponible en: <http://www.arrakis.es/~jmanuel/Ligustrum.pdf>

<sup>3</sup> <http://hort.ufl.edu/trees/LIGLUCA.pdf> Fecha de consulta 13 de octubre de 2010

<sup>4</sup> <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf> consulta 18/10/2010

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Tabla 1 Objetos y tipo de poda

Objetivos determinados para Fresno, Trueno y Pino, en base a ANSI-A300	Tipos de poda seleccionados a partir de la ANSI-A300
<p><i>seguridad.- se orienta a la reducción de riesgos al hombre y a la infraestructura urbana</i></p> <p><i>Sanidad.- este objetivo se enfoca a la mejora del árbol e n cuando a su salud y buen mantenimiento, provee de un buen desarrollo fisiológico y fisonómico</i></p> <p><i>Estética.- va en relación con la mejora visual y arquitectónica del arbolado</i></p> <p><i>Restauración.- con el objetivo de la recuperación de la estructura natural del árbol</i></p> <p><i>Estética .- va en relación con la mejora visual y arquitectónica del arbolado</i></p> <p><i>Paso de luz y viento</i></p> <p><i>Seguridad.- se orienta a la reducción de riesgos al hombre y a la infraestructura urbana</i></p> <p><i>Estética .- va en relación con la mejora visual y arquitectónica del arbolado</i></p> <p><i>Corrección estructural</i></p> <p>Contiene tanto los objetivos de Limpieza así como también los planteados para Aclareamiento</p>	<p><i>Limpieza (Clean).</i>-la poda de limpieza debe consistir en podar para remover una o más de las siguientes partes no beneficiosas: muertas, decaimiento, y/o ramas rotas.</p> <p><i>Aclareamiento (Raise).</i>- debe consistir en una poda que proporcione un aclareamiento vertical. La relación de la copa viva con la poda no debe ser reducida menos del 50%.</p> <p><i>Reducción de densidad (Thin).</i>- debe consistir en la poda selectiva para reducir la densidad de ramas vivas. La reducción debe resultar de una distribución de ramas sobre ramas individuales y a lo largo de la corona. No mas del 25% de la corona debe ser removida dentro de una estación de crecimiento anual. La localización de las partes a remover deben estar especificadas</p> <p><i>*Mixta .-</i> se compone por la combinación de las podas de limpieza y aclareamiento</p>

\*Esta poda no se encuentra establecida en la norma

**Método para determinación del peso de las muestras obtenidas por medio del método propuesto.**

Los datos fueron capturados en Excel, se agruparon los individuos por especie, para cada individuo se realizó un cuadro con sus respectivas variables obtenidas, las variables longitud y diámetro fueron utilizadas para el cálculo del volumen de cada una de las ramas, se consideraron dos promedios de los diámetros tomados de cada rama debido a que la variación del diámetro a lo largo de esta fue muy grande, ya que el grosor del la rama es irregular a lo largo de su crecimiento. Se estimó el volumen para cada rama a través de la siguiente fórmula:

$$(Volumen de la rama) Vol_r = \left[ \frac{\pi L_1}{4 \cdot 2} D_1^2 \right] + \left[ \frac{\pi L_2}{4 \cdot 2} D_2^2 \right] = \left[ \frac{\pi \times L_1}{8} \right] [D_1^2 + D_2^2]$$

Una vez obtenido el volumen se procedió al cálculo del peso de cada rama primaria o secundaria sin considerar brotes o ramas en crecimiento, se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_{ps} = \frac{m}{vol}$$

Despeje

$$m = vol_r \times \delta$$

Donde:

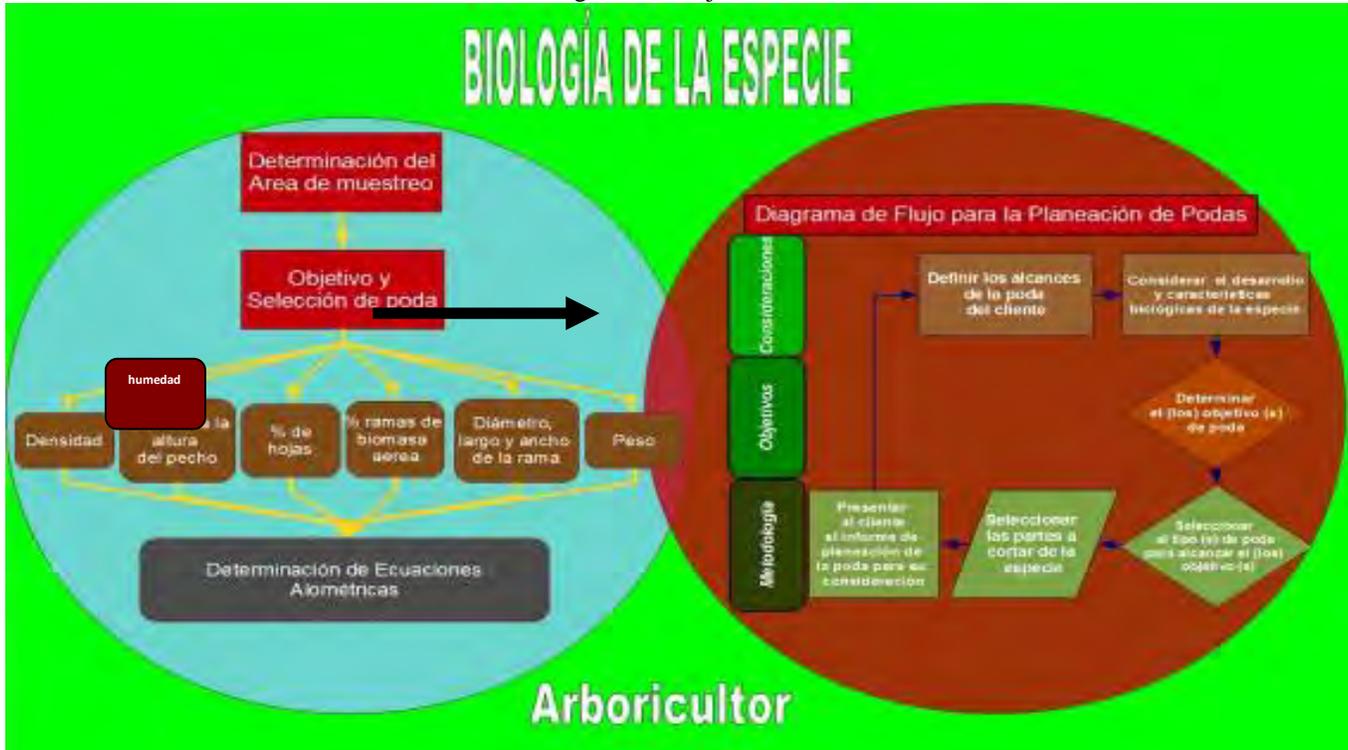
Pps= peso de las ramas (primarias o secundarias) sin considerar hojas ni ramas o brotes en crecimiento de la misma

vol= volumen de cada rama

δ= densidad de la especie en las ramas con valores de densidad: Trueno 700.72, Fresno 712.99 y Pino 772.38

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura. 2. Se observan los pasos que se siguieron para la obtención de las variables que fueron utilizadas para la determinación de las ecuaciones alométricas, la flecha en negro indica que en el objetivo y selección de poda es necesario consultar el diagrama de flujo de la norma A300.



**Metodología para estimación del peso calculado de biomasa**

En las ecuaciones que se muestran enseguida se incluyen variables como pesos en fresco y seco, humedad de hojas, ramas centrales y ramas laterales. En dichas ecuaciones se incluyen fracciones peso para poder llevar a cabo las respectivas operaciones.

Para el peso calculado de biomasa se estructuró la siguiente ecuación:

$$P_c = P_{sr} + FH \times P_{sr} + F_{ho} \times P_{sr} + f_{rl} \times P_{sr} \rightarrow P_c = P_{sr} (1 + FH + F_{ho} + f_{rl})$$

- Psr=peso seco de rama
- FH=fracción de humedad
- Fho=fracción de hojas
- Frl=fracción de ramas laterales

**Resultados**

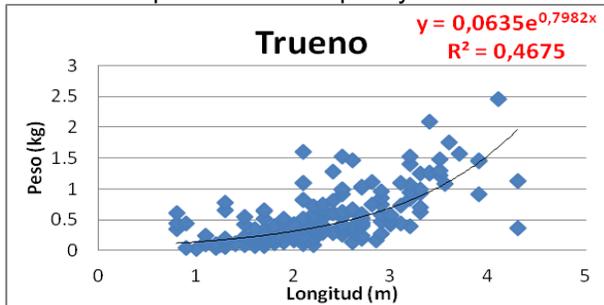
En base a los pesos obtenidos de las muestras por el método establecido, se obtuvieron los siguientes resultados.

Las graficas 1 a la 6 muestran un valor de r2 considerable, a dispersión de datos no es muy marcada, es decir, si existe una relación entre el peso y longitud de las ramas.

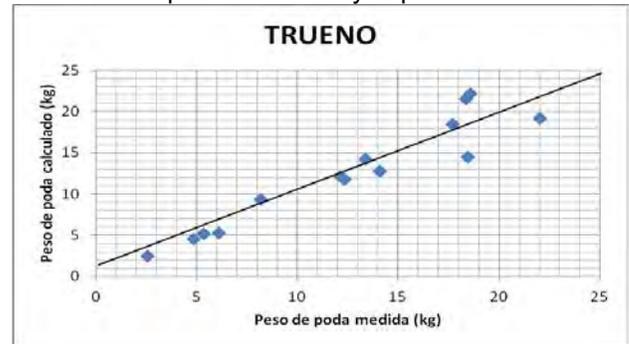
Para el pino se muestra el valor de r2 más alto en comparación con las otras especies. Para el fresno observamos poca dispersión de datos con respecto a la pendiente también muestra un valor de r2 alto en comparación con el trueno.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

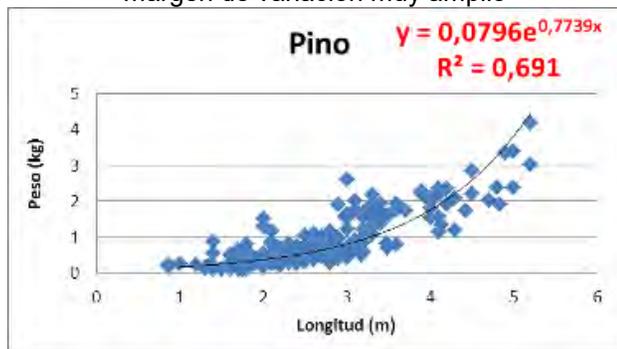
Gráfica 1. Se observa que los datos no muestran mucha dispersión, el valor de r2 se muestra bajo en comparación con el pino y el fresno.



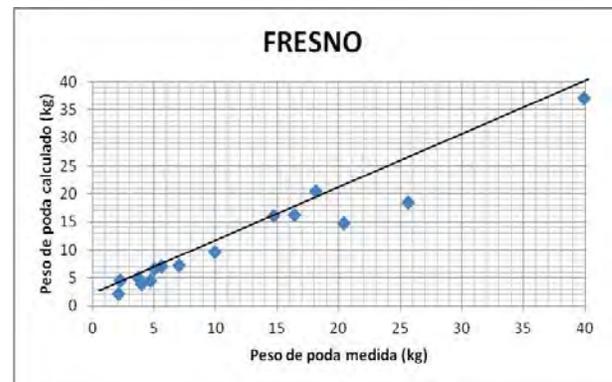
Gráfica 4. Se observa que el margen de variación es bajo, esta matriz espejo revela pocas diferencias entre el peso calculado y el peso obtenido



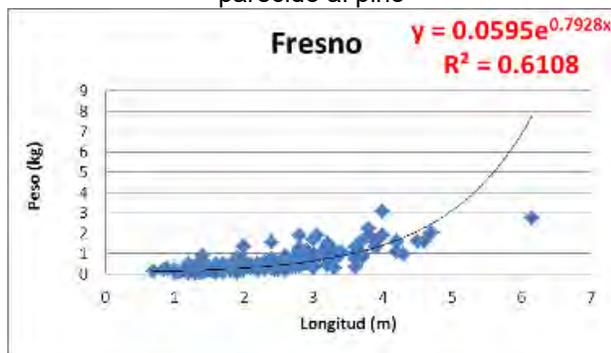
Gráfica 2. La mayoría de los pesos se muestran tendentes a un crecimiento exponencial, sin un margen de variación muy amplio



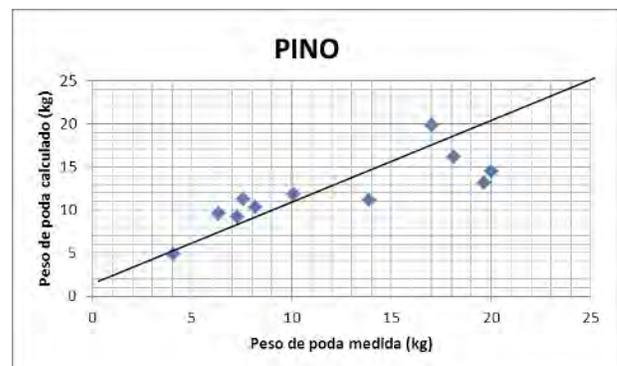
Gráfica 5. La dispersión de los datos es poca entre los pesos estimados y los obtenidos de las muestras.



Gráfica 3. De las tres especies el fresno, muestra menor dispersión de pesos, presenta un valor de r2 parecido al pino



Gráfica 6. Se observa, igualmente, una dispersión muy baja para el caso de Pinus radiata



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

De acuerdo con la fórmula para la estimación del peso calculado, se obtuvieron los resultados que se muestran en las gráficas para cada especie, existe una comparación entre el peso obtenido de las mediciones *in situ* y el peso calculado por la fórmula determinada para este trabajo:

Se puede observar que para los tres casos no existe una dispersión entre los datos obtenidos y los calculados, es decir el margen de variación entre los datos obtenidos por la metodología propuesta y los calculados por la fórmula de peso calculado es muy pequeño, lo que muestra que la metodología utilizada para este estudio es confiable.

### Conclusiones

Las conclusiones preliminares de la metodología propuesta para la estimación promedio de la generación de biomasa con un %12 de humedad son las siguientes: de *Pinus radiata* (Pino) se pueden obtener 13.75 ton, de *Ligustrum lucidum* (Trueno) 18.6 ton y de *Fraxinus uhdei* (Fresno) 40.45 ton de biomasa como cantidades mínimas que se pueden obtener de cada una de las especies con la aplicación de un modelo de podas cada dos años.

Estos resultados demuestran que la propuesta del modelo para la estimación de biomasa a través de un sistema de podas es viable, pues tal sistema se enfoca en dos visiones importantes, por un lado el mantenimiento y revalorización del cuidado del arbolado urbano, pues en una ciudad la existencia de estas áreas verdes nos proporciona diferentes servicios ecosistémicos, por otro lado resuelve el problema del aprovechamiento de residuos orgánicos a través de la generación de energía eléctrica a través de un sistema de gasificación, esto es un ejemplo de generación de energía limpia para el cuidado del ambiente.

### Fuentes de consulta

Acosta-Mireles J., J Vargas-Hernandez, AVazquez-Martinez y J D. Etchevers-Barra, 2006, Estimación de biomasa mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México, Agrociencias. Año/vol 36, número 006, pp: 725-736

American National Standard, ANSI A300 (part 1)-2008 Pruning Revision of ANSI A300 (PART 1)-2001, pp. 13

Arias, D., 2005, Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. Kuru:Revista Forestal, 2(5). Pp13

Brayton, W., 2000, Apical control of branch growth and angle in woody plants, American Journal of Botany, 87(5): 601-607

Cano-Santana, Z., J. Castillo-López y P. Moreno-Quintana. 2007. Generación de energía eléctrica para el alumbrado de algunas calles de la Ciudad Universitaria por medio de gasificación de residuos biomásicos orgánicos. Informe de circulación restringida, mayo 2007

Castañeda-Mendoza, A., J. Vargas-Hernandez, Gomez-Guerrero A., J. Valdez-Hernandez y H. Vaquera Huerta, 2005, Carbon accumulation in the aboveground biomass of a *Bambusa oldhamii* plantation, Agrociencia, Año/vol 39, número 001, pp: 107-116

Consulta de fichas taxonómicas del inventario del Laboratorio de Ecología <http://hort.ufl.edu/trees/LIGLUCA.pdf>, Fecha de consulta 13 de octubre de 2010

De la Rosa-Urbalejo, D., 2010, Estudio de la producción de gas de síntesis en un gasificador que opera con residuos sólidos. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., pp 92

Díaz-Franco, R., M. Acosta-Mireles, F. Carrillo-Anzures, E. Buendía-Rodríguez, E. Flores-Ayala y J.D. Etchevers-Barra. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. Madera y Bosques 13(1):25-34

Djomo, A., *et al*, 2010 Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. Forest Ecology and Management, ScienceDirect, No. 260, pp. 1873-1885.

Fehrmann, L. y Kleinn, C., 2006, General considerations about the use of allometric equations for biomass estimation on the example of Norway spruce in central Europe, ScienceDirect, Forest Ecology and Management, No. 236, pp 412-421

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

- García-Ríos, M., 2009, Evaluación de podas y secuelas en el arbolado urbano en un Parque en la Delegación de Tlalapan. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., Pág.
- <http://hort.ufl.edu/trees/LIGLUCA.pdf> Fecha de consulta 13 de octubre de 2010
- <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Fraxinusuhdei.pdf>  
Fecha de consulta 13 de octubre de 2010
- [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf) Fecha de consulta 18 de marzo de 2011
- [http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/publicacion\\_entender.pdf](http://www.medioambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/publicacion_entender.pdf) Fecha de consulta 18 de marzo de 2011
- Lopez-Guadarrama, D., 2008, Estudio calorimétrico y del cromatograma base de la mezcla patrón del gas de síntesis generada en un gasificador que opera con biomasa. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México D. F.. pp 91
- Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México, Gobierno del Distrito Federal, 2000
- REPSA, Reserva Ecológica del Pedregal. <http://www.repsa.unam.mx>, Consulta: 27/08/2010
- Rodríguez Sánchez, L. M. y E. J. Cohen-Fernández. 2003. Guía de árboles y arbustos de la zona metropolitana de la Ciudad de México. EMECEAC, UAM, Gobierno del Distrito Federal y SEMARNAT. México, D.F.
- Sánchez de L. C. J. M. 2005. Las especies del género *Ligustrum* cultivadas en España. In: Árboles ornamentales. Disponible en: <http://www.arrakis.es/~jmanuel/Ligustrum.pdf>
- Santacruz Garcia, Noé. Situación del arbolado del Parque Nacional Xicohténcatl, Tlaxcala, México. *Rev. Fores. Latino.*, jun. 2008, vol.23, no.43, p.69-89
- Segura, M. y Kanninen, M., 2006, Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together, *Agroforest Syst*, 68:143–150
- Siddiqui, T., F. Muhammad-Nawaz e I. Ahmed, 2010, Effect of different pruning intensities on the growth of *acacia nilotica* (kikar). *Agrociencia*
- Velazquez-Martí, B., 2011, Quantification of the residual biomass obtained from pruning of trees in Mediterranean almond groves. *Renewable Energy, Science Direct*, No. 36 pp. 621-626

## Aerogeneradores en pequeña escala para zonas rurales en Oaxaca, México

María Elena Huesca Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura-UNAM

### Introducción

Una de las fuentes que ha desempeñado un papel muy importante en la diversificación energética en todo el mundo es la energía eólica, opción muy competitiva que se ha desarrollado no sólo tecnológicamente sino también económicamente. El tema de la energía y especialmente de la electricidad ha sido relevante para el desarrollo social y económico de las comunidades rurales en México, y en el estado de Oaxaca hay un nicho de oportunidad, pues el potencial eólico que se ha demostrado posee es indiscutible y puede ser aprovechado en la pequeña escala, *lo pequeño es posible*.

Dicho potencial eólico se ubica especialmente en el Istmo de Tehuantepec y se viene aprovechando desde hace ya varios años, durante los cuales se han establecido varios parques eólicos con capacidad de generación a gran escala, como es el caso de *La Venta*; y se prevé un incremento de este tipo de desarrollos. Sin embargo, parecen no resolver la demanda de energía en las comunidades rurales, ya que no se ha incrementado el nivel de electrificación como servicio público en la zona. La generación descentralizada y en pequeña escala podría contribuir a la satisfacción de algunas de las necesidades de la población rural en Oaxaca, como lo es el acceso a la energía.

### El potencial eólico del estado de Oaxaca y la necesidad de energía en comunidades rurales.

El estado de Oaxaca se localiza en el suroeste del país, se ha demostrado que posee una capacidad eólica bastante significativa que se concentra en la región sureste del mismo, en el Istmo de Tehuantepec. Las estimaciones mostradas en el mapa de la figura 1, sugieren que en la mayor parte de la zona el recurso del viento está en la escala de *bueno a excelente*, con una clasificación de 4 a 7, siendo 7 el valor más alto (Elliot, Schwartz, Scott, Haymes, Heimiller, & George, 2003).

Este potencial ha sido aprovechado en los últimos años por dependencias gubernamentales y organismos nacionales en colaboración con

empresas internacionales. En el año 1994 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) decide llevar a cabo un proyecto piloto eoloelectrico en La Venta, Oaxaca. A partir del año 2000 entran en operación diversos parques eólicos en el Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. Es considerada entre las regiones más favorecidas en el mundo, dadas sus condiciones geográficas y su potencial eólico. Durante el desarrollo de esos proyectos, se estimó que el aprovechamiento del recurso eólico permitiría instalar una capacidad de hasta 2000 MW (Borja Díaz, Jaramillo Salgado, & Mimiaga Sosa, 2005).

Hasta el año 2009, el Corredor Eólico del Istmo contaba con un total de 424 aerogeneradores, de los cuales 311 se encontraban en operación; se han utilizado 5,056 hectáreas para operación y mantenimiento de las centrales eoloelectricas, mismas que han sido rentadas a los ejidatarios de la zona mediante contratos hasta por 30 años. (Secretaría de Economía, 2009).

La capacidad eólica esperada para el año 2010 fue cercana a 500 MW, entre proyectos públicos y privados, y se espera que para el año 2012 se alcance la meta de 2,200 MW. Las inversiones estimadas en estos proyectos son de 5.5 miles de millones de dólares y se espera que el 4% de la capacidad eléctrica instalada en México provenga de esta tecnología en el año 2012 (Borja Díaz, Jaramillo Salgado, & Mimiaga Sosa, 2005).

Por otra parte, Oaxaca ocupa el tercer lugar de marginación en el país, después de Guerrero y Chiapas (CONAPO, 2005). La marginación es un indicador que evalúa el fenómeno social en el cual se excluye a cierto grupo de la población del proceso de desarrollo y del beneficio de éste<sup>1</sup>. Los afectados de esta condición son en su mayoría indígenas. Para el año 2005, el 11% de la población

<sup>1</sup> El Consejo Nacional de Población, CONAPO, establece cuatro dimensiones para medir la marginación: educación, vivienda, ingresos por trabajo y distribución de la población.

indígena en México<sup>2</sup> carecía del servicio de electricidad, y cerca del 40% se encuentran en un grado muy alto de marginación (CDI, 2002).

Oaxaca, es una de las entidades con más diversidad en cuanto a población indígena. Éstas comprenden los pueblos de amuzgo, chatino, chinanteco, chocho, chontal, cuicateco, huave, ixcatéco, mazateco, mixe, mixteco, triqui y zapoteco. Según datos de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), el 45.46% de la población oaxaqueña es de origen indígena (la población indígena a nivel nacional representa el 22.7% del total). El municipio de Juchitán de Zaragoza es uno de los municipios con mayor población indígena a nivel nacional: 75,195 de los 85,869 habitantes son indígenas (CDI, 2002)

En el estado de Oaxaca, aproximadamente el 7.21% de las viviendas no cuentan con el servicio de energía eléctrica; sin embargo, hay municipios donde el porcentaje aumenta 23.04% como es el caso de San Mateo del Mar. (CONAPO, 2005). Aún cuando en el Istmo de Tehuantepec se ha venido desarrollando durante la última década parques eólicos de gran escala, al año 2010, el nivel de electrificación en las viviendas no ha aumentado significativamente con respecto al crecimiento de la población (Ver Cuadro 1). En el país, el 28.99% de la población vive en asentamientos menores a los 5000 habitantes, mientras que en Oaxaca este número se eleva a 61.27% y en algunos municipios como San Dionisio del Mar y San Francisco del Mar la totalidad de la población viven en localidades de menos de 5000 habitantes (CONAPO, 2005). En el año 2000, el porcentaje de habitantes en comunidades menores a 2500 habitantes era de 26.50% a nivel nacional, mientras que en el estado de Oaxaca era de 56.50% (INEGI, 2000). Con estos datos, se sugiere que una buena parte de la población total del estado vive en comunidades pequeñas, muchas de ellas en las zonas rurales, donde están aisladas de todo servicio público.

#### **Generación en sitio, aerogeneradores en pequeña escala.**

La energía producida a partir del viento ha sido utilizada desde hace varios siglos, para moler granos en los campos en Holanda y en Inglaterra,

después se utilizó en zonas rurales en Norteamérica para generar electricidad en pequeña escala y a nivel local; hoy estas tecnologías ya están prácticamente desaparecidas; sin embargo, en este siglo ha resurgido y es actualmente una de las más importantes fuentes de energías renovables para producir electricidad, además, por supuesto de la hidráulica.

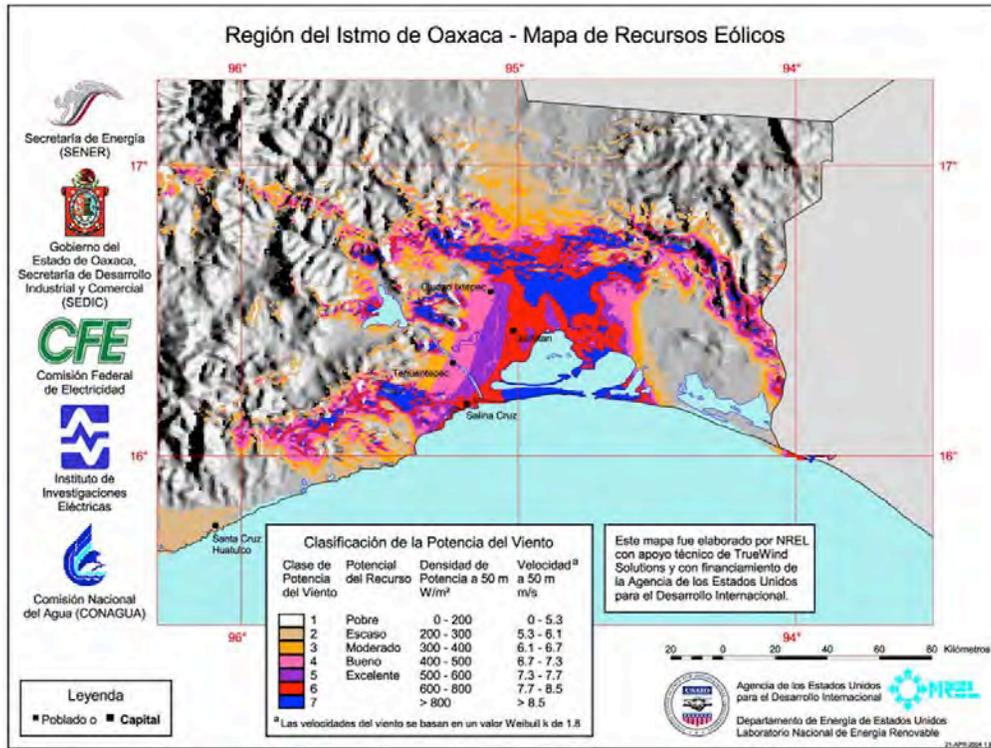
Hoy, las turbinas eólicas o aerogeneradores son cada vez más grandes y eficientes que las del pasado. En Europa, la energía del viento se ha convertido en una significativa fuente no sólo de energía sino de ingresos, Alemania y Dinamarca son los países donde hay más desarrollo e innovación tecnológica en este campo. Ha habido un gran crecimiento en la capacidad de la energía eólica en las décadas recientes; sin embargo, dado el relativamente bajo rendimiento en esta tecnología, todavía la cantidad que contribuye a la red es pequeña con respecto al total de la demanda energética.

Usualmente, la energía se genera de manera centralizada casi en su totalidad, en México y en el mundo. Las grandes centrales son las encargadas de generar electricidad a gran escala para distribuirla por la red por medio de líneas de transmisión. El modelo es casi el mismo, independientemente si son carboeléctricas, geotérmicas, nucleares e incluso eólicas, se colocan a la distancia, lejos del punto de consumo.

La energía centralizada ofrece muchas ventajas por generar electricidad a gran escala, pero también algunas desventajas, como la pérdida de electricidad al ser transmitida por las distancias tan grandes, pues se desperdicia entre el 5 y 10% en la red (WADE,2011). Además, en la mayoría de las centrales que usan combustibles fósiles se desperdicia la energía térmica que se produce como resultado de la quema de los mismos, dicha energía podría ser utilizada para calefacción o en procesos industriales; sin embargo, es desaprovechada por la ubicación de las centrales, ya que no pueden estar cercanas a comunidades o fábricas, como sucede en algunas partes de Europa.

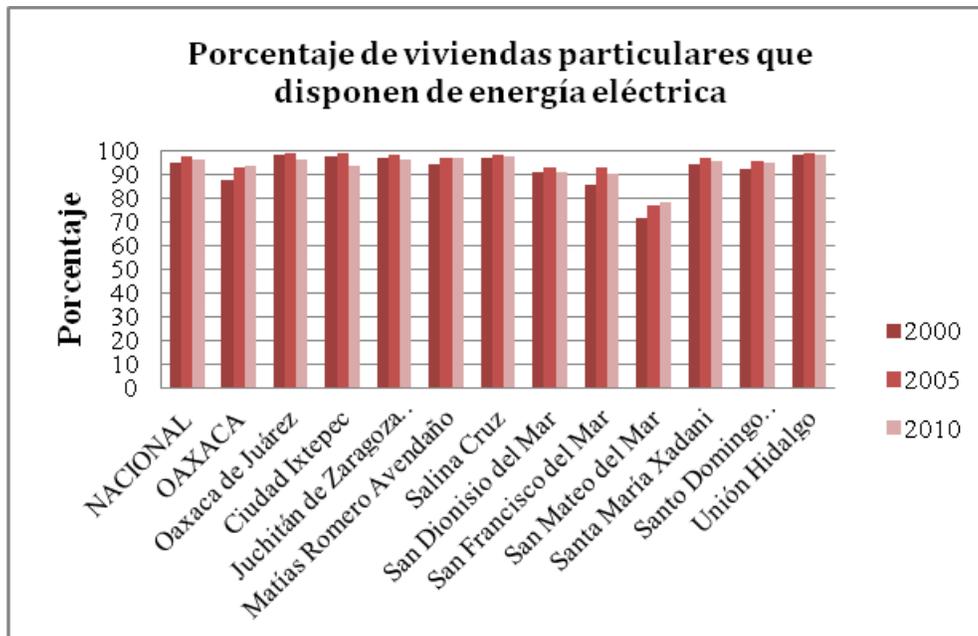
<sup>2</sup> Según Estimaciones del CONAPO, categoriza a los municipios por grado de presencia indígena como: *indígena, predominantemente indígena, moderada presencia indígena y escasa presencia indígena*. Este dato es considerado como *presencia indígena*.

Figura 1. Mapa de recursos eólicos, Oaxaca



Fuente: Elliot, Schwartz, Scott, Haymes, Heimiller, & George, 2003)

Cuadro 1. Porcentaje de viviendas particulares que disponen de energía eléctrica



Elaboración propia con base a información del INEGI de los años correspondientes

La opción más viable para reemplazar estas grandes centrales eléctricas donde se necesite una menor cantidad de energía, en áreas rurales por ejemplo, es la generación descentralizada y en pequeña escala; pues además de los evidentes beneficios ambientales que ofrece, también puede llegar a ser económicamente atractiva si se desarrollan tecnologías lo suficientemente eficientes para generar energía de calidad.

WADE - *World Alliance for Decentralized Energy* - define a la energía descentralizada como *la generada en el punto de consumo o cerca del mismo, sin importar el tamaño, tecnología o combustible usado, fuera o dentro de la red; puede ser por medio de energías renovables, cogeneración, energía industrial reciclada o energía por combustibles de tipo fósil en sitio* (WADE, 2011)

Siguiendo esa lógica, que la energía se genere donde se necesite, se pueden reducir significativamente las inversiones en la construcción de grandes centrales eléctricas, así como el suministro de los recursos para su funcionamiento y para sus procesos de distribución y transmisión. Para tener una idea más clara de la energía generada por este tipo de turbinas, es necesario considerar que debido a que no es constante el flujo del viento, la energía es irregular también. Debido a dicha intermitencia en la generación de la energía en las turbinas eólicas, es necesario la mayoría de las veces, un respaldo o *back up*, es decir, una forma de almacenar energía para seguir dotando a la red.

La generación descentralizada funciona construyendo generadores, de cualquier fuente de energía, en este caso eólica, en lugares donde se necesite energía. Las zonas rurales se verían fuertemente beneficiadas, pues podría utilizarse en bombeo de agua, electrificación local, iluminación básica, en pequeñas industrias artesanales, textiles, azucareras, de alimentos, en el campo, entre muchas otras aplicaciones. En áreas urbanas, también podría utilizarse este tipo de energía; a nivel habitacional en viviendas, en edificios destinados a la educación o en edificios de oficinas, por ejemplo, para electricidad, calefacción o aire acondicionado, de igual modo podría ser muy útil para algunos procesos industriales.

La construcción de pequeños aerogeneradores para suministrar de energía básica a las comunidades rurales de Oaxaca podrían ayudar al desarrollo local de la población. En cuanto al término de desarrollo

local existen diversas interpretaciones, podría decirse, primeramente, que el desarrollo local depende de fuerzas globales; sin embargo, hay una necesidad de ligar integralmente el desarrollo económico con el social, lo cual significaría un mejoramiento de la calidad de vida de las personas. El concepto local comprende una pequeña parte de una más grande, lo local y lo global, lo particular y lo general, *Piensa global, actúa local*.

Asimismo, el modelo de *Desarrollo a Escala Humana* (Max-Neef, 1993) propone un desarrollo desde la perspectiva de la satisfacción de las necesidades humanas básicas, en un contexto social, económico, cultural y ambiental. El acceso a la energía es una necesidad de la población rural en Oaxaca, si bien no es la única ni la más importante, si es trascendental para las actividades cotidianas y su desarrollo. El desarrollo se refiere a las personas y no a los objetos (Ídem), el mejor proceso de desarrollo será aquél que permita elevar más la calidad de vida de las personas, entonces, ¿qué es calidad de vida? La calidad de vida depende de las posibilidades de las personas de satisfacer de manera adecuada sus necesidades humanas fundamentales, la carencia de satisfacción de una necesidad nos lleva a la *pobreza*.

### Conclusiones

El tema de la energía es trascendental en el desarrollo del ser humano, las fuentes renovables representan una opción en crecimiento para generar energía, específicamente electricidad para efectos de este trabajo. Actualmente, el uso de estos recursos es un gran potencial para ayudar a satisfacer la necesidad de energía en comunidades rurales, las cuales han sido duramente golpeadas por la actual situación de pobreza y desigualdad en el país, donde hay muchas carencias en todos los sentidos.

Los aerogeneradores en pequeña escala son una opción viable para generar energía en comunidades rurales en el estado de Oaxaca, no sólo por su carácter de recurso renovables y porque se consumen menos recursos y podría tener diversas aplicaciones como electricidad en la vivienda, bombeo de agua, en pequeñas industrias artesanales, textiles, de alimentos, en el campo, entre otras aplicaciones.

Los aerogeneradores en pequeña escala podrían ofrecer muchos beneficios a las comunidades rurales de Oaxaca, estos beneficios se pueden agrupar en cuatro dimensiones generales:

ambiental, social, económico y tecnológico (WADE, 2011):

1. A nivel ambiental, se tendría una considerable reducción de emisiones CO<sub>2</sub> en los sectores habitacional e industrial, reducción de la huella ecológica por el suministro de energía, por el uso de suelo, un eficiente consumo de recursos naturales o nulo en el caso de las fuentes renovables y mayor eficiencia en generación, suministro y transporte de la misma.
2. Como beneficios sociales podría ayudar a satisfacer de este servicio a zonas aisladas, incrementando así el acceso a la energía de la población mediante programas de electrificación rural, o bien, mediante cooperativas independientes donde haya mayor participación de la sociedad. Además, puede incrementar la calidad de vida de los habitantes no sólo por la conexión al servicio sino por la reducción en la emisión de contaminantes y mejoría de la salud.
3. En el tema económico, se pueden reducir sustancialmente los costos de la electricidad, tanto a nivel local (consumidores), como a nivel regional y nacional (los que la producen). También podría señalarse la menor dependencia de productos de origen fósil y por lo tanto, de su producción e importación.
4. En cuanto a los beneficios tecnológicos, se abre la posibilidad de desarrollar nuevas tecnologías que usen fuentes renovables de energía.

Así como se tienen muchos y muy grandes virtudes, también hay algunas desventajas en esta forma de generación de energía; sin embargo, son más de tipo legal, organizacional y de implementación que de tipo tecnológico. Hay muy poca inversión y financiamiento a este tipo de generadores, sobre todo en México, ya que en los planes de energía no se contempla de manera importante el desarrollo de la energía descentralizada.

La cuestión de pensar globalmente, pero actuar de manera local, no es meramente teórica, la posibilidad de desarrollar generadores de energía que utilicen los recursos locales de manera razonable y que además sea asequible tanto para el consumidor como para el generador de energía, es un tema relevante para el desarrollo local de las comunidades rurales en el estado de Oaxaca.

Los beneficios podrían coadyuvar a una autonomía local con respecto al suministro eléctrico, además que podría extenderse para promover economías locales sustentables, que pudieran mejorar la situación de muchas de las comunidades rurales no solo en el estado de Oaxaca sino en todo el país.

Si bien es cierto que la energía no es el único factor necesario para el desarrollo del hombre, si puede ayudar a satisfacer otras necesidades básicas como lo son suministro de agua, cocción de alimentos, entre otros. Es una cuestión de alternativas, el tener la opción de contar con los servicios básicos de infraestructura, podría ayudar a tener una mejor calidad de vida.

#### Fuentes de consulta

Acosta, A. (2006). Parque eólico en el Istmo de Tehuantepec. Consultado en 2011-08-01 de: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4289/2/aracelyacosta.pdf>

Borja Díaz, et. al. (2005). Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec. México.

Cevallos, D. (2007). Oaxaca Libre. Consultado en 2011-09-20 de: [http://www.oaxacalibre.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=416&catid=26&Itemid=60](http://www.oaxacalibre.org/index.php?option=com_content&view=article&id=416&catid=26&Itemid=60)

CFE. (2009). Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2009-2018

CDI (2002). Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México. Consultado en 2010-05-09, de: [http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=206&Itemid=49](http://www.cdi.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=206&Itemid=49)

CONAPO. (2005). Estimaciones de CONAPO con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. México.

Elliot, D., et.al. (2003). Wind Energy Resource Atlas of Oaxaca. US Energy Department. National Renewable Energy Laboratory

European Investment Bank. (2011). European Investment Bank. Consultado en 2011-09-20 de: <http://www.eib.org/projects/pipeline/2009/20090486.htm>

Henestroza Orozco, R. (2008). Desarrollo del proyecto eólico en la región del Istmo de

Tehuantepec. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 18-21.

Max-Neef, M. (1993). Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones. Uruguay: Editorial Nordan-Comunidad.

Ricossa, S. (1990). Diccionario de Economía. 1 ed. Siglo XXI Editores.

Secretaría de Economía. (2009). Informe Dirección de Energía Sustentable y Proyectos Estratégicos.

Secretaría de Energía. (2011). Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

Secretaría de Gobernación. (2011). Diario Oficial de la Federación.

World Alliance for Decentralized Energy. (2011). Consultado en 2011-05-09, de [http://www.localpower.org/deb\\_what.html](http://www.localpower.org/deb_what.html)

## Emisiones de gases tóxicos, GEI'S y balance de energía por la fabricación y uso de Bio-combustibles.

Arón Jazcilevich Diamant<sup>1</sup>, Omar Amador<sup>1</sup>, Rogelio González Oropeza<sup>2</sup>, Javiera Servini<sup>3</sup>, Villalobos-Pietrini R.<sup>1</sup>, Valle-Hernández B.L.<sup>1</sup>, Santos-Medina.G.L.<sup>1</sup>, Hernández-Camarillo M., Hernández-López .A.E., González-Rodríguez G., Zitlalpopoca-Hernández.G.<sup>1</sup>, Flores-Arias Y.<sup>1</sup>, Vázquez-Santiago J.<sup>1</sup>, Romero-Martínez. M.<sup>1</sup>, Maya-Miranda G.<sup>1</sup>, Flores-Olvera .E.L.<sup>1</sup>, Samuel X. Miguel Rico<sup>1</sup>, Nadya López Cano<sup>1</sup>, Javier Manríquez García<sup>1</sup>, Pedro Ignacio Rincón Gómez<sup>2</sup>, José Fernando García Puertos<sup>2</sup>, Francisco González Pineda<sup>2</sup>, Fernando Vázquez Aguilar<sup>2</sup>, José Martín Negrón Valdez<sup>2</sup>, Miguel Ángel Cerecero Olivera<sup>2</sup>, Alfredo Severiano Badillo<sup>2</sup>, Irais Fabiola Plascencia Torres<sup>2</sup>, Octavio Javier Ramírez Cázares<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM,

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería-UNAM,

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa

### Introducción

A medida que decrecen las reservas probadas de petróleo alrededor del mundo y que precios de los combustibles aumentan, [1], la disponibilidad y uso de la energía se ha convertido en una cuestión estratégica para el siglo XXI. Este problema tiene implicaciones en los ámbitos industriales, salud pública, económicos, sociales y políticos así como de cambio climático antropogénico. ¿Son los biocombustibles, como el biodiesel y el etanol, una opción ambientalmente viable para retrasar o compensar la escasez de petróleo en México?

Como un primer esfuerzo para responder a esta pregunta desde un punto de vista técnico-científico, se realizan estudios acerca de las emisiones y balance de energía por la producción y uso del etanol y bio-diesel en nuestro país. En este trabajo, se describen las metodologías utilizadas usadas así como algunos resultados preliminares. En la sección 2 se describe el balance energético y de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI's) para un caso de estudio específico: El Ingenio Tamazula en Jalisco. En la sección 3, se presentan los estudios realizados en laboratorio de análisis de emisiones de partículas por el uso de bio-diesel. Se finaliza con una breve conclusión.

### Producción de etanol en México a partir de la caña de azúcar y su efecto en emisiones de GEI y balance de energía.

Se establecieron cuatro diferentes escenarios para la producción de etanol que hemos denominado:

Gasolina Convencional, Brasil, Estados Unidos (E.U.), Tamazula A y B. El caso Brasil considera la producción de etanol a partir de caña de azúcar en Brasil. El caso Estados Unidos considera la producción de etanol a partir de maíz, como se realiza mayormente en Estado Unidos. Tamazula B considera el caso del dicho ingenio donde importa energía eléctrica de la Compañía Federal de Electricidad (CFE). El segundo, Tamazula B, incluye un nivel de producción de etanol similar a Brasil, además de contar con autonomía y exportación de energía eléctrica. El caso de la gasolina convencional se utiliza con fines de comparación. A continuación se presenta el balance de energía desde la preparación de las tierras de cultivo hasta la distribución del etanol (del "pozo a la bomba" ó "well-to-pump"), seguido de las correspondientes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para cada caso.

### Metodología

Para determinar el balance de energía y emisiones de GEI's por la producción de etanol, se utiliza el modelo GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation), diseñado por el laboratorio ARGONNE y la Universidad de Chicago, [2]. Para determinar los parámetros necesarios por el modelo, se realizaron dos visitas al Ingenio Tamazula, donde se consultó a los ingenieros de producción. Otros parámetros fueron determinados a partir de la literatura.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

**Resultados de balance de Energía**

En la figura 1 se ilustra la cantidad de energía que se necesita consumir para producir un GJ (Giga Joule) de etanol o gasolina convencional en el proceso del pozo a la bomba. Se observa que para el caso de etanol, el consumo de energía es mayor en el caso de Tamazula\_A, con respecto a los casos de E.U y Brasil. Para todos los casos de etanol, la energía de producción es mayor que para la gasolina. Para el caso de Tamazula\_B, existe una disminución de consumo de energía en el proceso aproximándose a la situación actual de Brasil.

En la figura 2, se muestra el consumo de energía renovable y no renovable para generar un GJ de etanol o gasolina convencional en el proceso del pozo a la bomba. Para el caso del etanol en donde se utiliza a la caña de azúcar como materia prima, se observa que la mayor parte de energía que se utiliza durante el ciclo de vida proviene de energías renovables. Para el caso de la gasolina convencional, la energía que se necesita para el ciclo de vida proviene en un 90% de energías no renovables. En el caso de Tamazula A, el 68% de la energía que se utiliza proviene del bagazo de caña, que es el principal residuo agrícola. Este residuo se utiliza para generar energía eléctrica a través del ciclo combinado. Cabe señalar que el 32% de energía restante proviene de CFE debido a que la capacidad instalada para generar energía eléctrica no cubre el 100% de la operación en Tamazula A aunque cuenta con la materia prima (bagazo) necesaria para producir la energía eléctrica que se necesita en la operación del ingenio y la planta de etanol.

Se detectó que una fuente de ineficiencia energética se encuentra en los generadores de energía eléctrica. Son generadores con más de 60 años de vida y, por tanto, la eficiencia del sistema es menor comparada con un generador moderno. Una segunda razón por la cual en el caso de Tamazula A necesita mayor energía para generar un GJ de etanol es el rendimiento en litros que se tiene por tonelada de caña de azúcar; mientras que en el caso de Brasil la eficiencia es de 91 litros por tonelada de caña de azúcar, en Tamazula A es de sólo 75 litros. Por otra parte, y aunado a las consideraciones antes descritas, la capacidad del transporte que se utiliza para llevar la materia prima de los campos de cultivo al molino en Brasil y en Tamazula A es de 60 y 35 toneladas respectivamente. Finalmente, cuando se dispone

del producto final, éste es enviado en camiones-pipa al lugar en donde se utiliza. Por esta razón se utiliza motores de combustión en el transporte con mayor uso de energía no renovable.

En el caso de Tamazula B, se ha incrementado la producción de etanol por tonelada de caña de azúcar de 80 a 90 litros. Además se genera la energía eléctrica para operar la planta de etanol mediante energía que proviene del bagazo. Así la energía renovable se aprovecha en un 90%, lo cual refleja un decremento en el uso de energía no renovable. Al dejar de comprar energía eléctrica a la CFE, no se quema combustóleo. Con este nuevo escenario, en términos de consumo de energía no renovable, Tamazula B se coloca en un nivel de aprovechamiento comparable a Brasil.

Finalmente en la figura 3, se muestran las fuentes de energía no renovable consumidas por proceso. Es evidente que para el caso de Tamazula A la mayor fuente de energía son derivados del petróleo (Combustóleo, Diesel, Gasolina, etc.). Al realizar modificaciones anteriormente descritas, el escenario para Tamazula B resulta ser comparable a la situación actual de Brasil.

En la figura 4, se presenta el consumo de energía por etapas de ciclo de vida del pozo a la bomba. Se observa que la energía eléctrica procedente de CFE, tiene una participación significativa, por lo que aumenta el consumo de energía y hace que el proceso sea menos eficiente.

**Resultados de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

**Debido a su importancia** en impacto ambiental, se han estudiado los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) incluyendo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

**Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el Ciclo de Vida del etanol, para el caso de la caña de azúcar en Tamazula A y Tamazula B, provienen de la quema a cielo abierto que se hace durante la cosecha, del transporte de los campos a la fábrica, del proceso de fermentación dentro de la fábrica, del transporte de la fábrica al cliente final y de las plantas generadoras de energía eléctrica de CFE que surten de electricidad a Tamazula A.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 1. Energía consumida durante el ciclo pozo a bomba (well-to-pump).

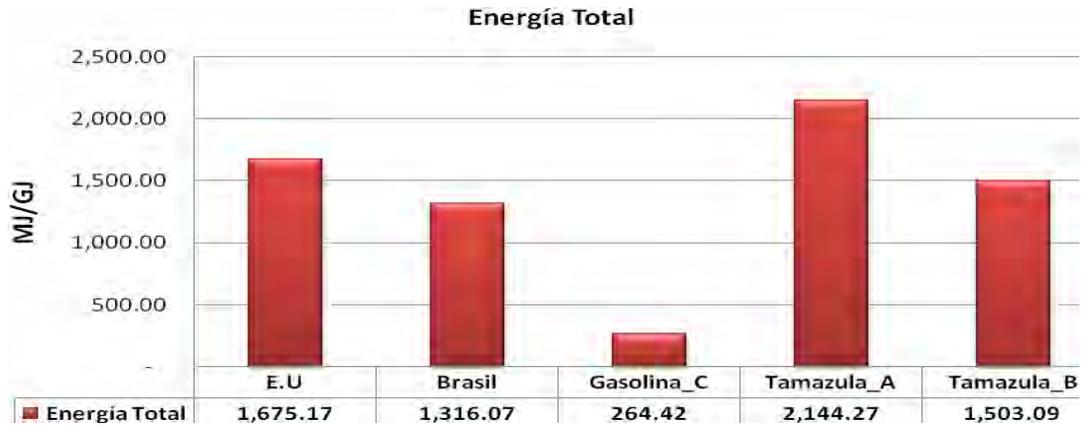


Figura 2: Consumo de energía renovable y no renovable.

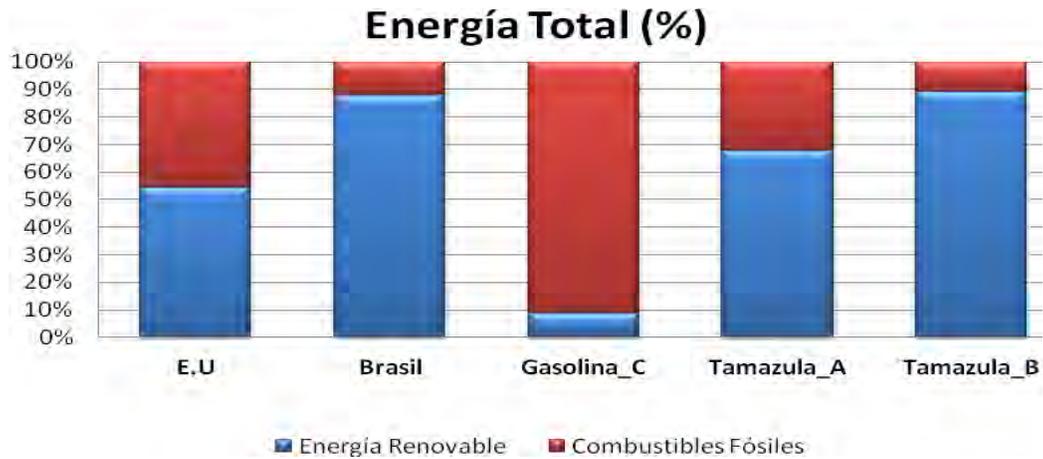
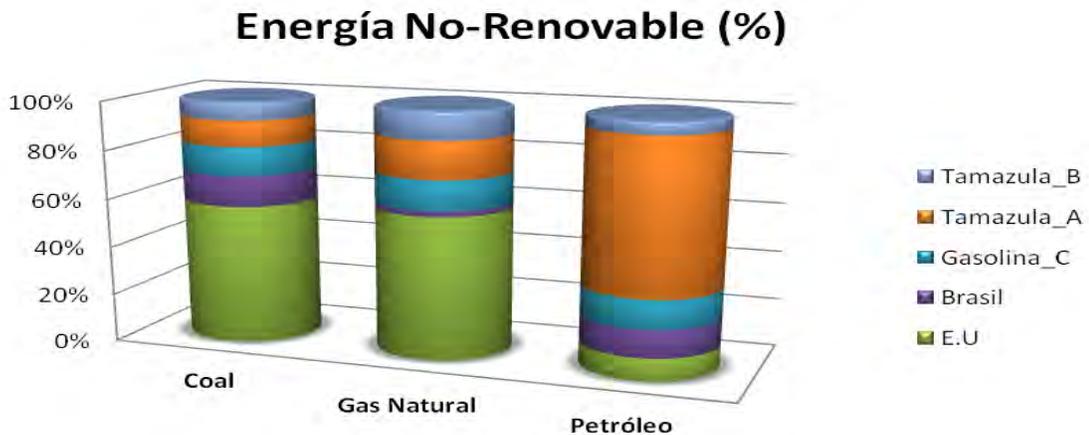


Figura 3: Porcentaje de energía no renovable que se consume en cada proceso.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 4: Energía que se consume por etapas.



Figura 5: Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

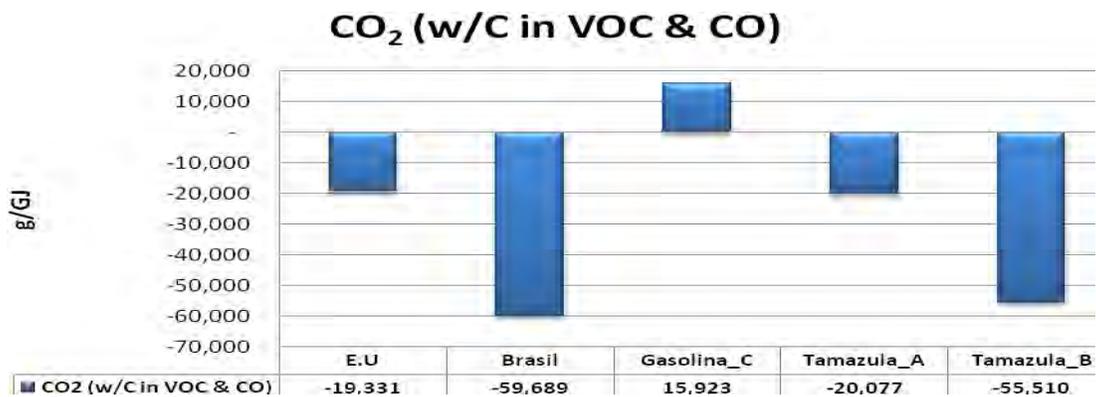
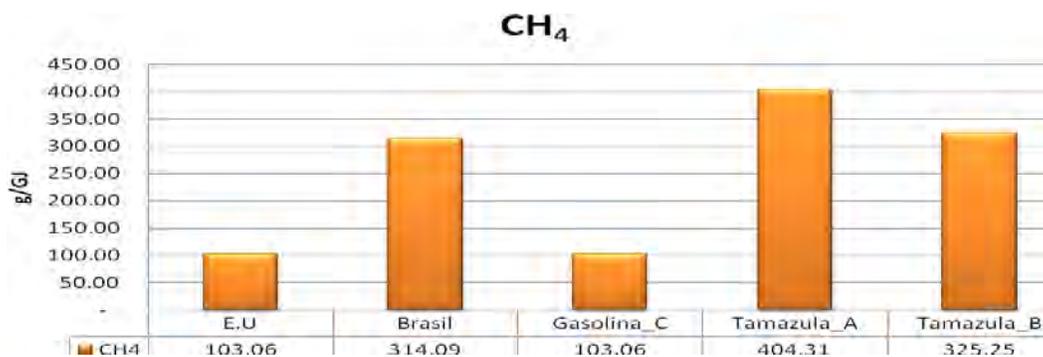


Figura 6: Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>)



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

La figura 5 muestra los resultados obtenidos en la comparación entre los casos escogidos. En los procesos de fabricación de etanol mediante maíz y caña de azúcar, o sea E.U, Brasil, Tamazula A y Tamazula B, la disminución de CO<sub>2</sub> es muy importante comparada con el caso de la gasolina. Para el caso de Tamazula A, la disminución es de 20,077 g/GJ (gramos por Giga Joule).

En este sentido, las condiciones de operación de Tamazula A resultan ser muy similares a la situación actual de las fabricas en los Estados Unidos (-19,331 g/GJ), que utilizan al maíz como su principal materia prima para fabricar etanol. Por otra parte, el caso de Brasil resulta ser el proceso más eficiente, ya que logra una disminución de CO<sub>2</sub> y los niveles obtenidos se encuentran en un -400% por debajo de la gasolina convencional y en un -200% por debajo de los procesos de maíz en Estados Unidos. Resulta evidente que, para el caso de Tamazula B, se obtendría una situación similar al de Brasil con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### Metano (CH<sub>4</sub>)

En el ciclo de vida del etanol, el metano (CH<sub>4</sub>) tiene su origen en la quema a cielo abierto de la caña de azúcar durante el proceso de la cosecha. La figura 6 muestra que los mayores niveles de emisiones se producen en los casos de Brasil, Tamazula A y Tamazula B. Los niveles encontrados sobrepasan los niveles que se producen durante el Ciclo de Vida de la gasolina convencional, o bien con el Ciclo de Vida del etanol proveniente del maíz, caso E.U.

Para el caso de Tamazula A, las emisiones de CH<sub>4</sub> son mayores en un 30% comparada con Brasil. En el caso de Tamazula B, las emisiones de CH<sub>4</sub> se comportan de una forma muy similar al caso de Brasil. Esto se debe a que existe un mejor aprovechamiento de la energía al contar con una autonomía energética y a la vez existe una mayor eficiencia en la producción de etanol por tonelada de caña de azúcar.

#### Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)

Las emisiones de óxido nitroso durante el Ciclo de Vida del Etanol se generan principalmente en el proceso agrícola y debido a la aplicación de fertilizantes. En México y Brasil, el fertilizante más utilizado es la urea. Este fertilizante se vierte directamente en el suelo y se volatiliza convirtiéndose en N<sub>2</sub>O. De igual forma, en Estados Unidos se utiliza el nitrógeno como fertilizante en la obtención de etanol a partir de maíz.

La figura 7 muestra emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en función de los gramos que se emiten a la atmósfera por 1GJ de energía producido, esto en unidades equivalentes de GEI de CO<sub>2</sub>. Se observa que los procesos de etanol emiten más óxido nitroso con respecto a la gasolina convencional. Por lo tanto, son más contaminantes en este rubro.

Los resultados obtenidos muestran que para el caso de Tamazula A, las emisiones de N<sub>2</sub>O son comparables a las del caso de Estados Unidos, siendo mayores en un 50% al caso de Brasil. Esto puede atribuirse a que en Brasil se están aplicando 75 Kg de nitrógeno por hectárea, y en México alrededor de 100 Kg por hectárea. En el caso de Tamazula B, las emisiones son equiparables a los obtenidos para el caso de Tamazula A y bien pueden atribuirse a la similitud en el tipo de suelo. La cantidad que se aplica de un fertilizante dependerá del rendimiento esperado de la caña de azúcar que, a su vez, será función del tipo de suelo.

#### Balance de emisiones de GEI

La figura 8 muestra el balance de emisiones equivalentes de GEI en el Ciclo de Vida del Etanol para los casos considerados. Brasil muestra una importante disminución en emisiones. Para el caso de Tamazula A, se observa un valor positivo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Esto es, al final del Ciclo de Vida se emiten 2,163.97 gramos por cada GJ disponibles para ser utilizados por el usuario final. Si se compara con el caso de la gasolina convencional, se observa que en el caso de Tamazula A, las emisiones de GEI's disminuyen en 8.6 veces menos que la gasolina convencional. En este sentido puede concluirse que existe una disminución significativa en las emisiones equivalentes de GEI para el caso de Tamazula A, aunque su balance de emisiones sea positivo.

Los resultados generados para el caso de Tamazula B son semejantes a los del caso de Brasil. Estos resultados pueden explicarse debido a un mejor aprovechamiento de la energía renovable, al dejar de importar energía eléctrica a CFE, mejorar la eficiencia de producción de Etanol por tonelada de caña de azúcar, y hacerse un mejor uso de energía renovable que ahora se está desaprovechando.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 7: Emisiones de oxido de nitroso (N<sub>2</sub>O).



Figura 8: Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).



**Emisiones de diesel y mezclas de bio-diesel**

Los vehículos a diesel son una fuente importante de emisiones de partículas, [3], que contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y nitro derivados (nitro-HAP), reportados como mutagénicos y carcinogénicos, [4]. Estas alcanzan la zona alveolar en los pulmones, lo que incrementa el riesgo de padecer cáncer y enfermedades cardio-respiratorias. Su análisis cualitativo y cuantitativo es fundamental para evaluar el impacto que tienen en la población, [5]. El objetivo del presente trabajo fue encontrar si existe una reducción de HAP y nitro-HAP emitidos por la combustión incompleta de diesel al emplear biodiesel.

**Metodología**

En la Figura 9 se muestra el túnel de muestreo de partículas provenientes de la combustión de un motor a diesel, ubicado en el Laboratorio de Emisiones de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Se identificaron y cuantificaron los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y nitro-HAP en muestras de diesel y biodiesel por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, en el modo de impacto electrónico e ionización química negativa, respectivamente. Se determinaron los porcentajes de la masa de los compuestos de interés emitidos por la combustión de biodiesel respecto al diesel. La masa de las partículas se determinó por gravimetría, pesando el filtro antes y después del muestreo.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Se diseñó una celda de extracción asistida por ultrasonido que consta de una válvula con un acrodisco en el fondo para filtrar y recolectar el extracto.

**Resultados de emisiones por uso de Bio-Diesel**

Se encontró una reducción de HAP y nitro-HAP al emplear biodiesel en comparación con el diesel. Por ejemplo: el fenantreno se redujo en un 45% y de pireno en un 60%. También se observó que a bajas temperaturas iniciales de combustión, se presenta menor concentración de partículas y mayor concentración de HAP y nitro-HAP, lo que sugiere que la masa de estos compuestos no está directamente relacionada con la masa de partículas colectada, ya que la composición de las partículas no sólo depende del tipo de combustible, sino de las condiciones de combustión.

Además de emplear la CG-EM para el análisis de los HAP y sus nitro derivados, se utilizó la cromatografía de gases bidimensional (CGxCG). En la primera dimensión, la separación se efectúa en función de su presión de vapor y en la segunda dimensión, la separación se lleva a cabo en orden creciente de polaridad. El incremento en la

resolución entre los compuestos permite observar los picos que en el modo unidimensional coeluirían. La técnica provee un aumento en la sensibilidad con respecto a la cromatografía unidimensional por efecto de la modulación de los picos.

La figura 10, ilustra un ejemplo de la separación de 120 compuestos orgánicos puros empleando la CGxCG, en comparación con la CG normal. En ella se aprecia la separación de aquellos compuestos orgánicos que en la CG normal se consideraba como uno sólo. Con esta técnica se pretende corregir los valores sobreestimados de los compuestos orgánicos en los inventarios de emisión.

La figura 11 ilustra una vista tridimensional de la separación lograda en la vista inferior de la figura 10. En ella se aprecia nuevamente la separación de los compuestos que con la primera dimensión no se observó. Con ello la concentración de cada compuesto no se verá sobreestimada por la respuesta de aquellos interferentes que coeluyen con la sustancia de interés.

Figura 9: A la izquierda el túnel de muestro, a la derecha holders con filtros.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 10: Cromatogramas de la separación de 120 compuestos orgánicos. Vista superior: por cromatografía de gases unidimensional. Vista inferior: por CGxCG.

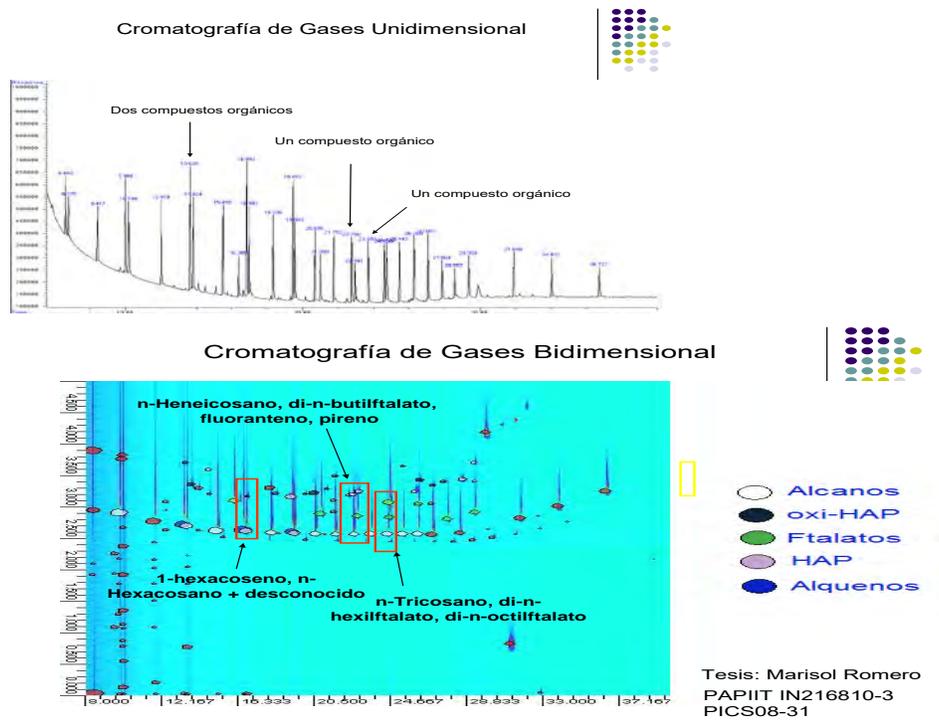
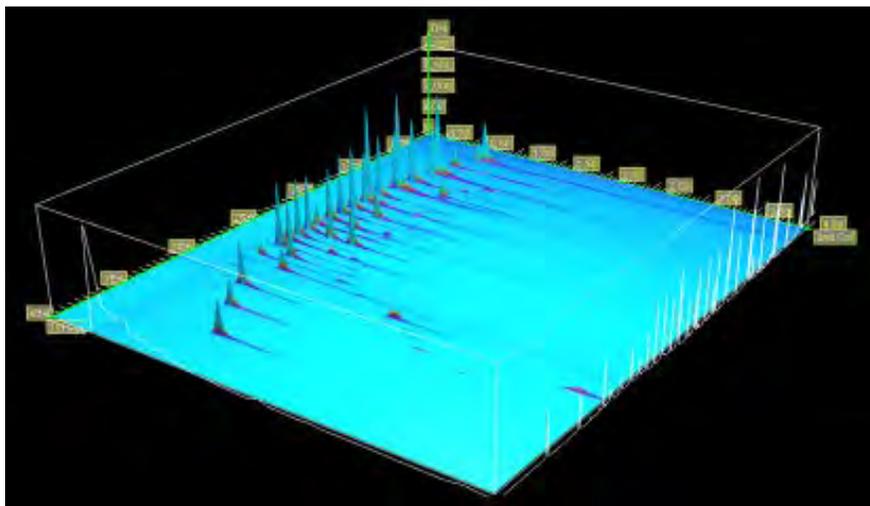


Figura 11. Cromatograma tridimensional la separación de 120 compuestos orgánicos por CGxCG. Las partículas emitidas a la atmósfera se colectaron directamente del escape de un camión a diesel en filtros de fibra de vidrio recubiertos con teflón. Se emplearon diferentes ciclos de manejo, revoluciones por minuto, carga, tipos de combustibles (Diesel, B5, B10, B20 y DUBA), con y sin catalizador. Se analizaron 27 HAP y 26 nitro-HAP por cromatografía de gases-espectrometría de masas.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

**Conclusiones**

Se ha encontrado que el balance de emisiones de GEI's de Tamazula es negativo, es decir, existe un ahorro importante de estas emisiones, sobre todo de contar con su propia energía para procesos de destilación. En la última visita realizada en Agosto del 2011 a éste ingenio, se encontró que se está por instalar una planta de cogeneración eléctrica de 30 MW. El ingenio exportaría 22 MW, lo cual aumenta su índice de eficiencia energética. Así mismo, se instalarán sistemas de filtraje, reduciendo las emisiones de partículas por procesos de combustión de residuos agrícolas. Además, se instalan sistemas para aprovechar residuos de procesos (cachaza) para generar abonos orgánicos mediante la vermicultura.

Con respecto a las emisiones de mezclas de bio-diesel realizadas en la Facultad de Ingeniería, se ha encontrado que tienden a reducir en forma importante las emisiones de HAP y nitro-HAP con respecto a los del Diesel. Actualmente se analizan los datos para relacionar los resultados con el esfuerzo del motor así como de toxicología.

**Agradecimientos**

Al Ingenio Tamazula y a los proyectos PINCC-UNAM, PICS08-31 del Instituto de Ciencia y Tecnología del D.F., y CONACYT SEMARNAT 23600.

**Fuentes de consulta**

V. Irastorza, V.D. González, B. Navarrete, G. Guerrero, M.A. Cabrera, "Prospectiva del Mercado de

Petróleo Crudo 2007–2016", Primera Edición, Secretaría de Energía, México, 2007.

<http://greet.es.anl.gov/>, consultado el 12/09/2011.

Lloyd y Cackette (2001). J. Air Waste & Management Association 51:809–47.

Adonis y Gil (1993). Mutat. Res. 292:51-61.

Karavalakis et al. (2009). Atmos. Environ. 43:1745-52.



## Inventario de emisiones en carreteras

Juan Fernando Mendoza Sánchez<sup>1</sup> María Guadalupe López Domínguez<sup>1</sup>  
y Rodolfo Téllez Gutiérrez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Transporte

### Introducción

La operación del transporte genera efectos negativos significativos al medio ambiente, de manera directa identificamos a las emisiones generadas por la operación vehicular que contribuyen a la contaminación atmosférica (calidad del aire) y al cambio climático; igualmente, dentro de estas emisiones hacia la atmósfera, se encuentra el ruido; el que, como cualquier otro contaminante, causa daños a la salud pública. Otros aspectos identificados como impactos ambientales de la operación vehicular son los accidentes de tránsito, los derrames de residuos peligrosos y la generación de basura (residuos sólidos).

Las emisiones vehiculares son una gama de contaminantes que afectan al medio ambiente; hoy existe el reto y la prioridad de disminuir las emisiones de GEI que contribuyen al cambio climático y que son acciones prioritarias dentro de los planes y programas ambientales nacionales e internacionales.

En las últimas décadas ha sido más evidente la importancia de medir la contribución de las emisiones de gases invernadero y su efecto al calentamiento global. En el sector transporte, las emisiones de gases invernadero tienen su fuente principal en la emisión de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles, lo que se relaciona directamente con el uso de energéticos.

Para la realización del monitoreo ambiental usualmente se apoyan en los inventarios de emisiones, que son herramientas útiles para detallar e identificar las diferentes fuentes de emisión y la contribución de diferentes sectores. Los inventarios cuentan con estimaciones de emisiones confiables e información que puede utilizarse en la gestión y monitoreo de la calidad del aire, ya que puede ser trazable en el tiempo y actualizable.

Existen diferentes maneras de llevar a cabo los inventarios de emisiones en carreteras, los parámetros más comúnmente empleados son: el

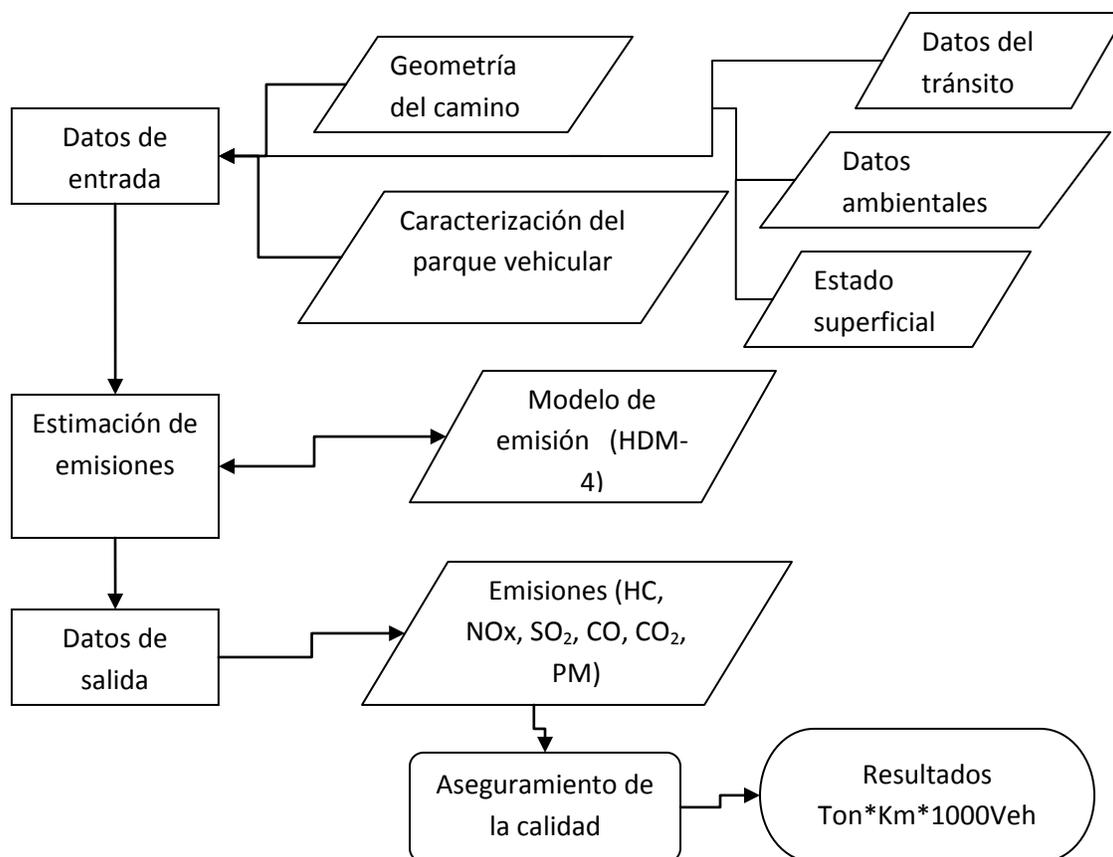
número de vehículos y su nivel de actividad, donde se incluye el kilometraje que recorre la unidad y el consumo de combustible promedio; las velocidades de operación; patrones de arranque y longitudes de viaje; tecnología vehicular y edad de la flota vehicular; factores de emisión, los cuales se encuentran incorporados en diferentes modelos como el COPERT, aunque otros países cuentan con información propia para dichos factores. En México no existe información de esta naturaleza, por lo que basándonos en las herramientas disponibles, y en la experiencia internacional, se desarrolló el primer inventario de emisiones en carreteras.

### Metodología para el desarrollo del inventario de emisiones en carreteras

La metodología planteada para la estimación de emisiones en carreteras se basa en tres etapas, conforme se muestra en la figura 1. El trabajo principal se centra en la primera de ellas, donde se requiere recopilar la información de los datos del tránsito, obtener la información de la geometría del camino, caracterizar la flota vehicular que circula en él, así como obtener la información ambiental de la zona donde se ubica el camino. La etapa 2 es la alimentación del modelo HDM-4 y realizar los análisis necesarios con el modelo. Finalmente la etapa 3 considera los resultados de las emisiones derivadas del análisis del modelo. Como procesos alternativos se maneja el aseguramiento de la calidad de acuerdo a los estándares establecidos y finalmente se definen los resultados finales del inventario.

El HDM-4 es un modelo computacional que simula condiciones económicas y físicas a lo largo de un periodo, para una serie de especificaciones y escenarios definidos en la gestión de redes carreteras. El Subsistema de Efectos Ambientales (SEA) es parte de unos de los tres submodelos que lo integran. Este submodelo consta a su vez de tres partes para la estimación de contaminantes ambientales: emisiones de vehículos, balance energético y ruido.

Figura 1. Metodología para el Inventario de Emisiones de vehículos automotores que circulan en carreteras.



El análisis realizado en este modelo es con base en una flota de vehículos representativos, los cuales muestran características que pueden ser consideradas como representativas del total de vehículos.

Los contaminantes criterio estimados dentro del modelo son seis: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno; dióxido de azufre; monóxido de carbono; y las partículas suspendidas PM (partículas en suspensión) y dióxido de carbono.

Con el uso del módulo ambiental para estimar la cantidad de emisiones integrado en el HDM-4, se tiene la posibilidad de conocer la cantidad de emisiones generadas en una red carretera o segmento de la misma, por la operación del transporte que circula sobre ella.

Además de las emisiones anuales totales y por vehículo, la variación anual neta de las emisiones

como consecuencia de las distintas obras y alternativas de construcción con un caso base (sin proyecto o mínimo), que normalmente representa el estándar mínimo de conservación rutinario, puede también ser analizada con el HDM-4.

Una vez realizado el análisis, el modelo permite generar tres tipos de reportes:

- Emisiones anuales por vehículo
- Resumen de emisiones anuales
- Cambio neto anual en emisiones

Con los reportes que arroja el modelo se pueden manejar la información para presentarla en gráficas o tablas.

**Inventario de emisiones en el estado de Querétaro.**

Para aplicar la metodología y desarrollar el inventario de emisiones, se eligió la red de carreteras federales del estado de Querétaro. La información de entrada para la estimación de emisiones se obtuvo de diversas fuentes, tales como la geometría horizontal del camino, las longitudes, y especificaciones geométricas, así como el estado superficial del pavimento; la geometría vertical se obtuvo de planos de elevaciones con uso de herramientas de sistemas de información geográfica; la caracterización de la flota vehicular se realizó mediante encuestas aplicadas en las rutas que conforman éste estudio.

La red inventariada consta de 12 tramos carreteros, con un total de 599 km de carreteras federales listadas en la tabla 1.

Para cada tramo se obtuvieron las emisiones de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), partículas (PM), dióxido de carbono (CO2) y óxido de azufre (SO2).

Aunque el análisis y la matriz incluyen los datos por cada kilómetro; en el trabajo se presenta sólo la compilación de los resultados para la totalidad del

tramo, así como la aportación por tipo de vehículo de acuerdo con la clasificación vehicular para cada contaminante.

Con respecto al tipo de combustible empleado por el parque vehicular, se considera solamente los vehículos de gasolina y diesel. Los resultados de las emisiones anuales estimadas para la red carretera federal del estado de Querétaro por cada tramo carretero que integra la red, están expresadas en toneladas de contaminante al año, y por cada 1000 vehículos.

Con los datos de emisiones por cada 1000 vehículos y el TDPA se estimó que la red de carreteras federales genera anualmente 123.37 ton de HC; 88.33 ton de CO; 34.76 ton de Nox; 0.88 ton de PM; 2515.24 ton de CO2 y 0.39 ton de SO2.

Los resultados totales por tipo de contaminante y tipo de vehículo se resumen en la tabla 2. La representación de los resultados totales se muestra en la gráfica 1.

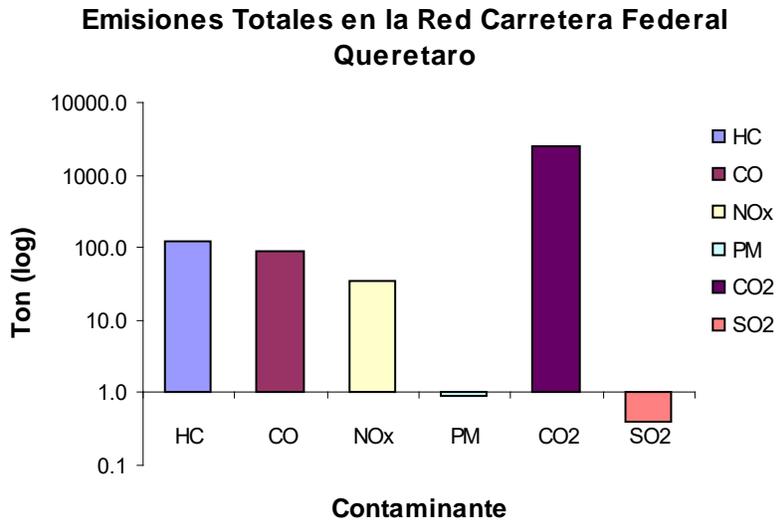
La gráfica 2 muestra de manera porcentual la contribución de cada tipo de emisión contaminante generada en la red carretera.

Tabla 1. Tramos y carreteras de la red federal del estado

CARRETERA (tramo)	RUTA	Longitud (Km)
Entronque Buenavista - San Miguel de Allende	111	8
La Noria - Acámbaro	120	40
Jalpan de Serra - Rio Verde	69	53
Querétaro - Irapuato (Cuota)	45	8
Querétaro - Irapuato (Libre)	45	10
Querétaro - San Luis Potosí	57	28
San Juan del Río - Xilitla	120	233
San Juan del Río - Xilitla (San Joaquín)	120	32
Toluca - Querétaro	55	4
Libramiento Noroeste	57	49
México - Querétaro (Cuota)	57	101
Libramiento Sur-Poniente	57	33

Fuente: Datos Viales, 2009. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Gráfica 1. Emisiones totales de la red



Gráfica 2. Contribuciones por tipo de contaminante

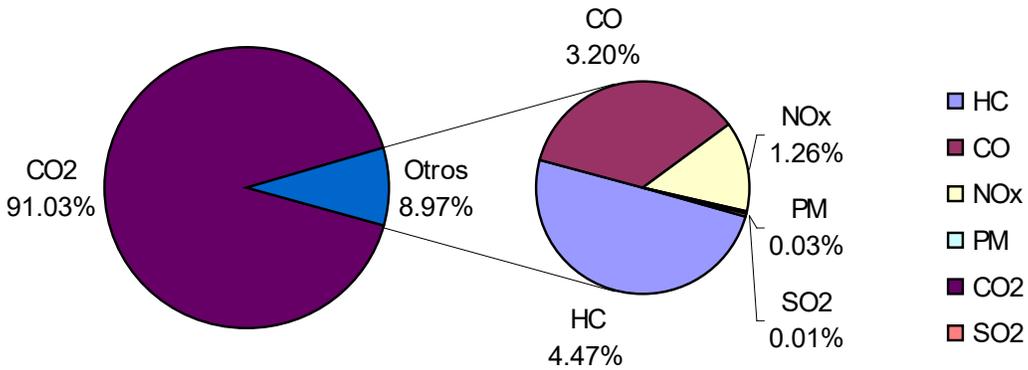


Tabla 2. Emisiones totales de la red

Vehículo	Contaminante					
	HC	CO	NOx	PM	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
A	9173243.2	74620832.9	11697243.6	22864.7	828811707.4	63318.6
B	359365.4	904059.9	1993132.2	93126.0	159253730.9	31385.9
C2	1400739.8	9215166.6	1714955.2	12794.3	95231202.9	18776.5
C3	261613.4	1257914.3	3230562.3	178399.5	274705553.6	54162.5
T2-S1	458045.9	2205517.3	5694449.2	313792.6	483774670.0	95386.0
T3-S2	274497.9	49666.1	4087475.1	103061.6	263551975.6	51963.0
T3-S2R4	409858.7	80010.3	6345463.2	159768.7	409916872.6	80821.1
<b>Total (g)</b>	12337364.3	88333167.4	34763280.8	883807.3	2515245712.9	395813.6
<b>Total (ton)</b>	12.33736	88.3332	34.7633	0.8838	2515.2457	0.3958

### Discusión de los resultados

Los resultados muestran que el principal contaminante derivado de la operación carretera es el CO<sub>2</sub>, aportando el poco más del 91% de emisiones a la red carretera analizada.

Los vehículos tipo A son los que mayor aportación de emisiones presentan en la red, particularmente de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono. Mientras que la mayor aportación de partículas y dióxido de azufre son del vehículo tipo T2-S1.

En todos los casos los vehículos tipo B son lo que menor aportación de emisiones realizan a la atmosfera, mientras que los tipos C3 también representan una baja participación en las emisiones, excepto por la emisión de partículas donde su contribución incrementa considerablemente.

Al realizar una proporción de emisiones de vehículos ligeros (tipo A) versus vehículos pesados (todo el resto), se obtiene que los vehículos ligeros aportan un mayor número de emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, y los vehículos pesados emiten una mayor cantidad de emisiones de partículas, dióxido de azufre y dióxido de carbono.

En la mayoría de los tramos carreteros se emiten más emisiones de CO<sub>2</sub> que del resto de los contaminantes, seguidos del monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

De las emisiones totales de la red las emisiones más bajas se presentan en las partículas suspendidas y el dióxido de azufre.

### Conclusiones

La experiencia de desarrollar el presente inventario permitió conocer las limitaciones que se tiene de información de las redes carreteras, del tipo de vehículos que circulan en ella, entre otros aspectos menos relevantes. El trabajo de generación y obtención de información para el desarrollo del inventario fue arduo y laborioso, sin embargo, la información obtenida es valiosa y con un uso potencial importante, información del estado del camino, la geometría del mismo, los resultados de las encuestas y los derivados del uso del submodelo efectos ambientales.

El uso de herramientas informáticas es precisamente una decisión importante para el desarrollo de los inventarios de emisiones, por lo que deberá tomarse en cuenta la posibilidad de adecuar el software a las condiciones del lugar del estudio. Para el caso de éste inventario el uso del HDM-4 fue vital ya que se encuentra desarrollado para la gestión de carreteras, y no tiene consideraciones urbanas como el MOBILE, de esta manera la información de entrada de la herramienta va directamente a elementos propios de una carretera.

La calibración de los factores de emisión es una tarea importante si se desea mejorar la calidad de los resultados, toda vez que el uso de herramientas informáticas proveídas por agencias u organismos ajenos al país toman en cuenta parámetros que no necesariamente son considerados en el país, sin

embargo cuando se requieren resultados de una escala macro, este tipo de modelos son útiles y arrojan información importante para la toma de decisiones.

La calidad de los resultados mostrados son ciertamente validos pero requieren comparaciones con otros inventarios de emisiones realizados específicamente para carreteras, que no fue posible obtener para hacer dicha tarea, ya que la mayoría de los inventarios se están concentrando actualmente en la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero y no de gases criterio como es el caso de la presente investigación, de cualquier manera incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> que es la emisión más importante, y que es estimada en ambos inventarios. La comparativa de los resultados de CO<sub>2</sub> nos permitieron darnos cuenta que los resultados son correctos para los fines del presente trabajo.

El uso potencial de la información que se obtuvo del presente estudio se puede dar de diversas maneras:

- Contar con información de la cantidad de emisiones que se generan en la red carretera de un estado o del país, con fines de elaboración de estrategias relacionadas con el cambio climático, ya sean políticas de mitigación o de adaptación.
- Incluir en las estrategias de conservación la variable ambiental “emisiones generadas” al definir la acción de conservación a implementar, ya que de acuerdo a cada acción de mejora establecida en el HDM-4 se obtienen más o menos emisiones.
- Reportar el ahorro de emisiones por la mejora del estado del camino que se le realice a la red de carreteras. La cual podría tener ventajas a nivel país participando en el mercado de bonos de carbono y obtener recursos para la mejora de la infraestructura vial
- Identificar puntos críticos donde se generan actualmente un número significativos de emisiones, de tal manera que se pueda conocer la causa y proponer alternativas de solución, que podría ser la mejora de la geometría del camino, el estado superficial

del pavimento, la conceptualización de rutas alternas, entre otras.

- Eficiencia en el consumo de energía de los vehículos, identificando las zonas de mayor consumo energético, para establecer acciones de ahorro de energía.
- Establecer rutas vulnerables, donde los vehículos mayormente contaminantes no les sea posible circular en zonas de alto valor ambiental.

Se espera que el presente estudio sea de utilidad para el sector transporte en la toma de decisiones donde se involucren aspectos ambientales y que la metodología utilizada sirva para replicar los casos de estudios y contar con inventarios de emisiones de toda la red carretera del país, tanto la federal, como las redes estatales y municipales.

#### Fuentes de consulta

Environmental Protection Agency. Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development. Estados Unidos. (Septiembre 1999)

Instituto Nacional de Ecología. Guía de elaboración y uso de inventarios de emisiones. Mexico, DF. (Mayo 2005)

Lara, C.; Mendoza S., J. F.; López D., M. G.; Téllez G., R.; Martínez M., W.; Alonso G., E. M. Propuesta metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades de la República Mexicana. Publicación Técnica No. 322 Instituto Mexicano del Transporte. Qro, México (2009)

Mendoza, JF et al. Inventario de emisiones en carreteras. Publicación Técnica No. 339 Instituto Mexicano del Transporte. Qro, México. (2010)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Inventario de emisiones. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Paginas/InventarioNacionaldeEmisiones.aspx>. México D.F. (2009)

Nota. El resto de la bibliografía, así como el extenso del trabajo puede ser consultado en la página Web [www.imt.mx](http://www.imt.mx), en la Publicación Técnica 339.

## Inventario de emisiones de gases efecto invernadero y las estrategias para su mitigación, Baja California, México.

Gabriela Muñoz Meléndez<sup>1</sup> y Betania Vázquez González<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Norte.

### Introducción.

Las evidencias sobre el cambio climático global expuestas por la ciencia son contundentes. Los impactos se vislumbran extensivos a todas las regiones del mundo. Por lo tanto, este tema no ha podido ser ignorado en la toma de decisiones gubernamentales con el propósito de minimizar el impacto.

Los efectos del cambio climático en el estado de Baja California incluirán el posible incremento de la temperatura promedio en 1-2 grados en comparación con la época previa a la industrialización, el aumento de 1-2 metros en el nivel del mar, disminuciones en la producción agrícola, incremento de fenómenos hidrometeorológicos extremos, es decir, lluvias de alta intensidad. La vulnerabilidad de los bosques de Baja California ante los incendios forestales se incrementaría. Dada la afectación de los sistemas biológicos e hidrometeorológicos, el cambio climático afectaría también el abastecimiento de los servicios, especialmente, los recursos hídricos aumentarían su escasez. El cambio climático representa también un costo económico.

La mitigación y la adaptación ante cambio climático requiere de un diagnóstico que permita identificar los puntos clave de acción, este primer paso se da a través de un inventario de gases de efecto invernadero.

La elaboración del Inventario de Gases con Efecto Invernadero (GEI) para el Estado de Baja California se realizó en el marco del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático. El inventario es un instrumento que sirve para definir las principales fuentes de emisión. El inventario considera los principales GEI, lo cuales son CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y los Compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM). A partir de la estimación de los gases define las acciones a tomar para su disminución a nivel estatal.

El presente trabajo documenta las emisiones de gases con efecto invernadero en el Estado de Baja California, para el periodo 1990-2005 y las proyecciones para el periodo 2006-2050. El presente también propone un plan de mitigación de las emisiones.

### Desarrollo del tema.

#### Características geográficas de Baja California.

Baja California se sitúa bajo las coordenadas norte 32°50', al sur 27°42' de latitud norte; al este 112°45', al oeste 117°07' y representa el 3.7% de la superficie del país. El estado colinda al norte con Estados Unidos de América, Sonora y el Golfo de California; al este con el Golfo de California; al sur con Baja California Sur y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico. Lo conforman 5 Municipios: Ensenada, Mexicali, Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito. Los climas predominantes en la región son muy seco semicálido y seco templado (INEGI, 2010).

Baja California aporta el 3.42 % al producto interno bruto nacional. El sector que mayor aporta al PIB estatal es el terciario con el 80% de la participación, seguido del secundario con el 19% y finalmente el primario aporta el 1%. La principal actividad en el estado es la industria manufacturera, textil y de ensamble de electrónicos, sin embargo, destacan también la agroindustria y el turismo.

#### Inventario de emisiones estatal.

El presente Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del estado de Baja California comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 1990-2010. Las emisiones en este inventario se contabilizan por cada gas y su equivalente en CO<sub>2</sub>, esto último permite la comparación entre fuentes. La estimación de las emisiones se llevó a cabo usando la metodología elaborada por el Panel Gubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Las emisiones estimadas fueron para cinco categorías principales: energía, procesos

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

industriales, agricultura, desechos y cambio de uso de suelo y silvicultura.

En 1990 para Baja California, las emisiones de GEI en equivalentes de bióxido de carbono fueron en total 7722.92 Gg y para 2005 habían aumentado a

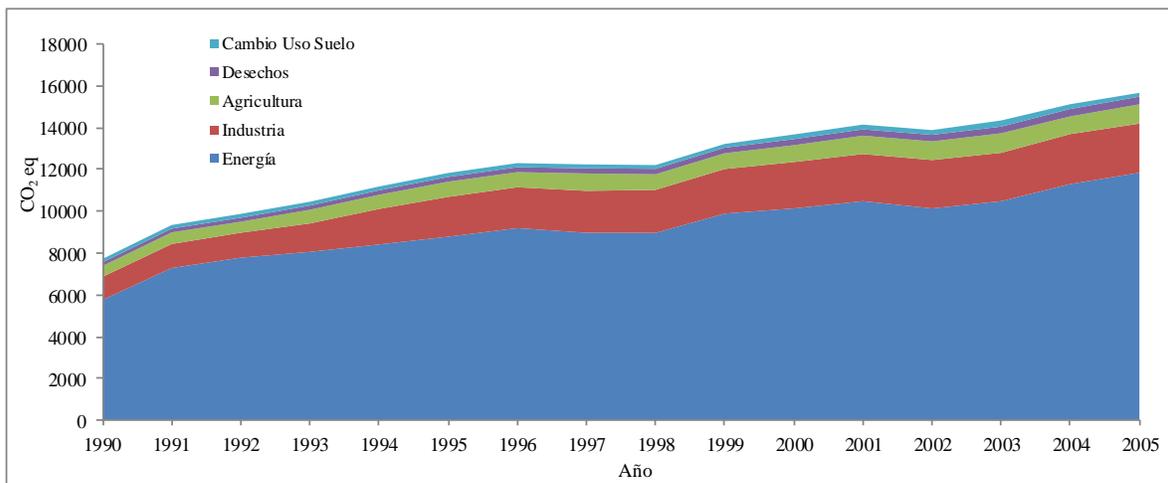
15669.24 Gg. El sector energético aporta el 76% de las emisiones, los procesos industriales el 15%, la agricultura el 6%, los desechos sólidos el 2% y el cambio en el uso de suelo el 1%. El cuadro 1 y la figura 1 describen las emisiones totales por sector.

Cuadro 1. Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> eq por sector, en Gg.

SECTOR	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2005
Sector energético	5758	7780	8413	9194	8966	10138	10138	11304	11844
Procesos industriales	1106	1194	1700	1956	2059	2219	2315	2392	2351
Agricultura	522	527	678	724	747	808	893	847	924
Desechos	172	191	213	236	261	289	312	355	369
Cambio de uso de suelo y silvicultura	165	185	183	195	180	223	228	228	181

Proyecciones de los gases fueron elaboradas para el periodo 2006-2050, a partir de la tendencia que presentaron en la década anterior.

Figura 1. Emisiones anuales de Gases con efecto invernadero en Baja California por categoría.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

**Energía.**

La categoría de energía incluyó la estimación de las emisiones por quema de combustibles fósiles en los sectores de: 1) La industria energética, 2) La industria manufacturera, 3) El transporte, y 4) Otros sectores: Residencial, Comercial, Servicios y Agrícola. Los gases estimados en esta sección fueron CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO, SO y los COVDM.

Los resultados revelaron que el transporte es el mayor emisor de GEIs con un 59 % de contribución, seguida por la generación de electricidad en un 29 %. El sector residencial aporta 6%, al igual que otros sectores en conjunto.

La estimación de las emisiones está basada en los datos de venta de combustibles en el estado. Los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en conjunto emitieron en 2005, tres mil Gg de CO<sub>2</sub> eq. De esta cantidad 78% fueron debidas al uso de combustóleo. Las emisiones de CH<sub>4</sub> se estiman en 75 mil Gg anuales, mientras que las del N<sub>2</sub>O se estiman 10 toneladas anuales.

En cuanto a consumo energético industrial, el mayor generador es la industria metálica, seguida de la industria química, la fabricación de minerales no metálicos, y por último la maderera. La estimación de las emisiones indica que la industria manufacturera emite 523 Gg anuales de CO<sub>2</sub>, 0.013 Gg de CH<sub>4</sub> y 0.0021 Gg de N<sub>2</sub>O.

Las emisiones del sector transporte se explican por el alto consumo de gasolinas y diesel en el estado, y su tendencia creciente. El principal gas emitido por este sector es el CO<sub>2</sub>, con 98%. En 2005, el consumo de combustibles generó 7116 Gg de dicho gas. En el mismo año fueron emitidos 2.81 Gg de CH<sub>4</sub> y 0.32 Gg de N<sub>2</sub>O por la misma fuente.

Los sectores agrícola, residencial y servicios y comercial dependen de la energía a partir de la electricidad y petrolíferos, entre ellos diesel, gas natural y gas LP. La principal emisión de estos sectores es el CO<sub>2</sub>, de este gas el sector agrícola en 2005 emitió 206 Gg, el sector comercio y servicios 186 Gg y el sector residencial 608 Gg.

**Procesos Industriales.**

Dentro de los procesos industriales, el mayor emisor son las fugas de gas refrigerante (66%), seguido de la industria del acero (21%) y por último la industria del cemento (13%).

En el estado de Baja California, las industrias consideradas como principales fuentes de emisión son: la producción de cemento, la industria cervecera y la industria maquiladora de ensamble de electrónicos. Sin embargo, las emisiones (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y COVDM) son dominadas en gran medida por la producción de cemento.

Las industrias incluidas en el análisis son: 1) La producción de cemento, 2) La industria siderúrgica, 3) La industria electrónica, 4) Los productos usados como sustitutos de sustancias que dañan la capa de ozono, y 5) La industria de alimentos y bebidas.

La industria de cemento emite CO<sub>2</sub> durante la producción de clínca. La producción el estado tiene una capacidad máxima de 592 mil ton/año. En el periodo de 1990-2005, se obtuvo una aportación de 227 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La industria del acero es emisora de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, por lo que en 2005 esta industria emitió 617 Gg de CO<sub>2</sub> eq. La industria de bebidas es generadora de COVDM. En 2005 la emisión correspondiente de la industria vinícola en Baja California, fue de 0.013 Gg. La industria cervecera en 2005 emitió 0.65 Gg de COVDM al igual que la industria de la panificación.

En este inventario fueron estimadas también las fugas de refrigerantes en el sector industrial durante el abasto al sector residencial, particularmente de aires acondicionados; los gases refrigerantes tienen alto potencial de calentamiento. Debido a éstos, en el período 1990 se emitieron 879 Gg de CO<sub>2</sub>eq debido a esta fuente, y para 2005 se incrementó a 1524 Gg de CO<sub>2</sub>eq.

**Agricultura.**

La categoría Agricultura incluye las emisiones provenientes de: 1) La ganadería, 2) Las quemas agrícolas y 3) El manejo de los suelos agrícolas. Las emisiones de la ganadería incluyeron el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O de la fermentación entérica y de la gestión del estiércol. De las quemas de agrícolas se determinaron las emisiones de gases diferentes de CO<sub>2</sub>. La categoría de agricultura en 1990 emitió 298.81 Gg de CO<sub>2</sub>eq, alcanzó en 2003 su máxima emisión con 935.2 Gg y finalizó en 2005 con 924 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Del total de emisiones la ganadería emitió 52%, seguida por las quemas agrícolas con el 30% y el manejo de los suelos con el 18%.

Las emisiones de la ganadería contemplan las emisiones como resultado de los procesos de fermentación entérica, y por manejo del estiércol.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Ambas actividades en 2005 emitieron 19 Gg de CH<sub>4</sub>. Además, el manejo del estiércol emitió 0.3 Gg de N<sub>2</sub>O. En Baja California la principal actividad pecuaria son los bovinos de carne y de leche, los primeros situados principalmente en el municipio de Mexicali y los segundos en las afueras de la ciudad de Tijuana. Ambos sistemas son altos generadores de metano. Las emisiones debidas al manejo del estiércol varían en función del tipo de tratamiento.

Las quemas de residuos agrícolas en Baja California son habituales en el Valle de Mexicali, importante zona agrícola del estado. Los residuos quemados son principalmente de trigo, cebada, cártamo y maíz. Estas quemas en 2005 generaron 2.52 Gg de CH<sub>4</sub>, 53.6 Gg de CO, 0.06 Gg de N<sub>2</sub>O y 2.21 Gg de NO<sub>x</sub>. En total, las quemas agrícolas generaron 275 Gg de CO<sub>2</sub>eq en el mismo año.

La última subcategoría de la Agricultura se refiere al Manejo de los suelos agrícolas, los cuales emiten CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O en relación al tipo y frecuencia de fertilizante empleado. En el caso específico de las zonas agrícolas de Baja California, éstas son altamente dependientes de fertilizantes nitrogenados sintéticos, debido a su alta producción. Estas actividades emitieron 0.549 Gg de N<sub>2</sub>O en 2005.

**Desechos.**

La categoría de desechos incluyó las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de los sitios de manejo de residuos sólidos y por el tratamiento de aguas residuales. Dentro de esta categoría, el mayor emisor son los desechos sólidos (70%) y el 30% restante las aguas residuales. Los desechos sólidos a partir de su degradación en confinamientos generan CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, en este inventario fueron estimadas las emisiones de metano, usando los parámetros por defecto, las estimaciones de la población, y los resultados de las investigaciones que indican la generación de basura en el estado. Las emisiones de metano de los residuos sólidos se incrementan de 8.4 Gg en 1990 a 19.9 Gg en 2005. Las emisiones de metano del agua residual se incrementan de 2.7 Gg en 1990 a 4.7 Gg en 2005.

**Cambio de uso de suelo y silvicultura.**

En la categoría del cambio de uso de suelo y silvicultura se estimaron las pérdidas de almacenes de carbono debido a la deforestación de los bosques y a la pérdida de cobertura vegetal. Esta última incluye la disminución del matorral xerófilo

por el incremento de la agricultura y de la urbanización.

Las emisiones debidas al Cambio de uso de suelo representan el 95% de las emisiones y los incendios forestales el 5%. Las actividades generadoras de cambios en el flujo del carbono en Baja California son el manejo de los bosques y las plantaciones de árboles comerciales, los programas de reforestación, la pérdida de vegetación por la urbanización, el incremento de la agricultura y la pérdida de vegetación del matorral xerófilo. Como resultado en todos los años, se encontró un flujo de carbono negativo, lo cual indica emisiones de CO<sub>2</sub>eq. En 1990, se perdieron 42.3 Gg de C, para 2003 se alcanzó la cifra más alta de pérdida con 64 Gg de C. Para 2005 este indicador disminuyó a 49 Gg de C, lo cual equivale a 178 Gg CO<sub>2</sub>. Las emisiones de gases no CO<sub>2</sub> debidas a los incendios forestales fueron en promedio 44.8 Gg de CO<sub>2</sub>eq por año.

**Proyecciones del inventario.**

Las proyecciones indican un incremento de 17% entre 2006 y 2010, y de 26% entre 2010 y 2050.

La categoría de Energía continúa siendo el mayor emisor con el 76% de la participación en 2006 y el 85% para 2050. La categoría de procesos industriales contribuirá con 15% en 2006 pero disminuirá a 10% en 2050. La categoría de Agricultura aportará el 5% en 2006 y disminuirá 3 puntos porcentuales en 2050. La categoría de los Desechos aporta en 2006 el 2% y disminuye levemente su participación a 1.72% en 2050. Las emisiones por el Cambio de uso de suelo, aporta 1% a las emisiones totales en 2006 para reducirse 0.7% en 2050. Las proyecciones completas se presentan en el cuadro 2.

**Plan inicial de mitigación ante el cambio climático.**

El plan para enfrentar los potenciales daños atribuidos al cambio climático debe realizarse de manera integral, es decir, que incluya estrategias en la investigación, planes de adaptación, estrategias específicas de mitigación, políticas públicas y educación. A continuación se describen algunas estrategias iniciales de mitigación establecidas para el estado de Baja California. Hay otras que deben implementar en una segunda fase tales como eficiencia energética e introducción de energías renovables, manejo integral de agua y plan de

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

contingencia, sin embargo, lo a continuación descrito es la fase inicial.

Las propuestas en el sector energético están dirigidas a desalentar el uso de los automóviles, las estrategias incluyen la instalación del tren ligero en Tijuana y Mexicali, así como la promoción de los viajes a pie y en bicicleta.

Las propuestas concretas para disminuir las emisiones de las actividades agropecuarias son: un programa de disminución de las quemadas agrícolas, un programa para disminuir el uso de fertilizantes y sustituirlos por fertilizante orgánico y de lenta liberación, la reducción de la carga animal en la engorda de bovinos, la modificación de la dieta de los bovinos de engorda y la inclusión de aditivos en esta; la implementación y mejora de la tecnología para el manejo del estiércol; y continuar con los programas de apoyo a la agricultura y la ganadería.

La mitigación de las emisiones provenientes de los desechos sólidos municipales se debe llevar a cabo a través de un programa integral de manejo de desechos. Dicho programa debe incluir los siguientes puntos en el orden establecido:

1. Disminución de la cantidad de desechos.
2. Separación de la basura y recolección eficiente.

3. Transformación de la basura en energía limpia y en abono orgánico.
4. Programa de educación ambiental.

Para mitigar las emisiones debido al cambio de uso de suelo, se pretende aplicar un programa de forestación intensivo en las ciudades. El objetivo es alcanzar por lo menos 5 m<sup>2</sup> por habitante. El programa debe considerar la condición desértica de Baja California, de tal manera que la forestación será con matorral xerófilo.

Las propuestas reducirían el 44% de las emisiones de la Agricultura, correspondiente a 377.7 Gg de CO<sub>2</sub>eq al año. La reducción se distribuye en 30% de las emisiones por fermentación entérica, 80% de la gestión del estiércol; 70% de las quemadas agrícolas y 18% de las emisiones directas de los suelos agrícolas.

El programa de manejo de desechos sólidos podría llegar a reducir las emisiones de ésta fuente hasta un 80%. El plan sería aplicable en las ciudades de Tijuana, Mexicali y Ensenada. La reducción total de la fuente clave de desechos sería del 40%. Por último, el programa de forestación podría incrementar la captura de carbono un 30%.

Cuadro 2. Proyección de emisiones esperada para el periodo 2006-2050. Gigagramos de CO<sub>2</sub> eq.

Categoría	2006	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Energía	12415	13184	10877	12337	14131	16355	19123	22514	26657	31712	37884
Pocosos industriales	2477	2414	2561	2833	3052	3267	3462	3671	3877	4068	4324
Agricultura	881	903	856	1066	931	1096	1348	1136	1314	1654	1468
Desechos	371	417	480	517	554	591	629	662	698	734	770
Cambio de Uso de Suelo	185	226	224	241	248	251	268	275	278	295	302

**Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación**

**Conclusiones.**

La caracterización de las emisiones GEIs ofrece la base directriz que guía las acciones a tomar para reducir la emisión de gases y mitigar los efectos del cambio climático. De esta forma la elaboración de inventarios regionales permite que la toma de decisiones sea acertada y efectiva, como ejemplo se presentan las propuestas de mitigación delineadas para el Estado de Baja California.

En 2005 se emitieron 15669.24 Gg de CO<sub>2</sub>eq, de las cuales el sector energético aporta el 76% de las emisiones, los procesos industriales el 15%, la agricultura el 6%, los desechos sólidos el 2% y el cambio en el uso de suelo el 1%.

Las principales estrategias de mitigación están enfocadas a desincentivar el uso del automóvil, incrementar la eficiencia en la producción animal y reorientándola a la disminución de las emisiones, establecer un programa de manejo de los desechos y un programa de forestación.

**Fuentes de consulta**

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Anuario estadístico de Baja California. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en formato electrónico:

<<http://www.inegi.org.mx/default.aspx>>.

Actualizado al 19 de abril de 2011.

## Estimación del carbono almacenado en *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan.

Ordoñez Díaz José Antonio Benjamín<sup>1</sup>, Caballero García Martha Edith<sup>1</sup>, Jiménez Álvarez Itzel Fernanda<sup>1</sup>, Carmona Hernández Jhoana Verenise<sup>1</sup>, Galicia Naranjo Adolfo<sup>1</sup>, Fidel Calvo Hernández<sup>1</sup>, María Lucila Balam de la Vega<sup>1</sup>, Rocío Gricel Rojas Briseño<sup>1</sup>, Jesús Fernando Jiménez Valdivia<sup>1</sup>.

### <sup>1</sup>PRONATURA

#### Introducción

El cambio climático global, se define como las modificaciones termodinámicas que ocurren en la atmósfera a escala global, como consecuencia del incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) provocando el calentamiento del planeta (IPCC, 2007). El cambio climático es un proceso natural de la historia evolutiva del planeta tierra, sin embargo, en el último siglo las actividades humanas han contribuido de manera significativa a acelerar este proceso con el aumento en la emisión de GEI.

Las principales actividades de emisión son: a) uso combustibles fósiles b) el cambio de uso de la tierra, y la deforestación. Actualmente la deforestación anual se calcula en 17 millones de hectáreas a nivel mundial, lo que significa una liberación de cerca de 1.8 GtC /año; es decir cerca del 20% del total de las emisiones antropogénicas (Montoya et al., 1995; Ordóñez, 2008).

Bajo este contexto, actualmente se hace necesario implementar actividades de mitigación, compensación y reducción de emisiones de GEI (IPCC, 2001). El concepto de captura de carbono integra la idea de conservar los contenidos de este elemento que se encuentran en suelos, bosques y sitios donde es inminente la pérdida de vegetación, así como el aumento de los sumideros de carbono a través del establecimiento de áreas en las que la vegetación es usada como reservorio (Tipper 2000 citado por Torres y Guevara, 2002). Algunas de las medidas que se toman para la captura de carbono en ecosistemas terrestres son: la protección de los ecosistemas (conservación y manejo de bosques) y el manejo del ecosistema (plantaciones forestales) para aumentar la captura de C más allá de las condiciones actuales (USDOE, 1999).

Brown y el IPCC (1999, 2007) estiman que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en el mundo, los

bosques podrían resultar en un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50% las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera como acción de mitigación al cambio climático

Servicios ambientales y captura de carbono en el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan.

Los servicios ambientales son un conjunto de condiciones y procesos naturales que, dada su existencia, benefician a todos los seres vivos del planeta (Daily, 1997).

Durante el tiempo en que el C constituye alguna estructura de la biomasa de un árbol (follaje, ramas, raíces y fuste) y hasta que es descompuesto, se considera almacenado. La captura de carbono es un servicio de regulación cuyo concepto integra la idea de conservar los contenidos de este elemento, así como el aumento de los sumideros de carbono a través del establecimiento de áreas en las que la vegetación es usada como reservorio (Tipper 2000 citado por Torres y Guevara, 2002). El IPCC (2007) estima que, combinando estrategias de conservación forestal es posible reducir de 20 a 50% las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera como acción de mitigación al cambio climático.

El presente estudio evalúa el potencial de captura de carbono y otras cualidades del bosque de *Pinus hartwegii* del Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan, donde la captura de carbono se considera como la transformación de CO<sub>2</sub> atmosférico en biomasa vegetal, en cuyo proceso interviene la fotosíntesis. El Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan es el remanente más importante de bosque, su importancia radica en su estado de conservación y los servicios ambientales que presta como son: la captura de carbono, la captación de agua y refugio de la biodiversidad (CONANP, 2008).

#### Materiales y métodos

Se seleccionaron 21 puntos de muestreo al azar, ubicados en un mapa proporcionado por Natura

para el área del Parque Nacional, dentro de las 668.21 ha a cargo de Pronatura A.C. La medición del diámetro normal de los individuos en campo se realizó por medio de forcípulas y Verniers, siguiendo un método de muestreo anidado, jerárquico, estratificado, con distribución sistemática, propuesto por Ordóñez *et. al.*, (2008), (Figura 1).

Los individuos de *P. hartwegii* fueron agrupados según su diámetro en 20 clases diamétricas, de 0 a 100cm, para obtener la distribución de frecuencias

A partir de ecuaciones alométricas se calculó la densidad, contenido y la captura potencial de carbono, así como el contenido y la captura potencial de carbono CO<sub>2e</sub> (Cuadro 1).

### Resultados y discusión

La evaluación integral del área de estudio permitió identificar una abertura abierta y una cerrada para *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Izta-Popo (Fig. 2), donde la cobertura cerrada, contiene al mayor almacén y captura de carbono y CO<sub>2</sub>.

Los sitios 1 al 5 presentan un estimado menor a 50 MgC/ha mientras que del 6 al 21 tienen un estimado de contenido de carbono mayor. La cota máxima y mínima se encuentra en el sitio 5 y 19, respectivamente. Para el contenido de CO<sub>2</sub> en los sitios de muestreo 1 al 5 tenemos menos de 100 MgCO<sub>2</sub> y para los sitios 6 al 21 estimados mayores de contenido de CO<sub>2</sub> de 100 MgCO<sub>2</sub>/ha. Al igual que para los resultados de contenido de carbono, los sitios 5 y 19 presentaron la cota máxima y mínima. Es posible apreciar que ambos valores (C y CO<sub>2</sub> almacenado) se encuentran relacionados con la cantidad de biomasa almacenada en los individuos (Figura 3).

Así mismo, la cantidad de biomasa de los sitios 1 al 5 fue menor a 50 Mg/ha; sin embargo, el sitio 19 presentó la mayor cantidad de biomasa, siendo mayor a 500 Mg/ha. Cabe señalar que aunque los sitios 1 al 5 presentan poca biomasa debido a individuos con diámetros de 0 a 10 cm (menor edad), la abundancia de estos es comparable con otros sitios que corresponden a individuos de mayor edad.

La captura potencial está directamente relacionada con el Incremento corriente anual de la especie *P.*

*hartwegii*, es decir, con su crecimiento anual, que permite que se incorpore nueva biomasa, y con ello se almacene materia orgánica en forma de C (Figura 4).

Se estimó una captura potencial de carbono de 12.12 Mg/ha/año para dosel abierto y 2.09 Mg/ha/año para dosel cerrado, teniendo valores máximos de 0.23 y 3.57 Mg/ha/año, y mínimos de 0.04 y 0.96 Mg/ha/año, respectivamente.

En base a lo anterior, se estimó la valoración del servicio ambiental de captura de carbono, que para una superficie de 668.21 hectáreas es de US \$13 300.35, que equivale a \$154 652.45 pesos mexicanos (\$11.6277 valor del dólar). Sin embargo, mientras no se cuente con los canales jurídicos adecuados, no se puede vender este servicio ambiental puesto que el área es propiedad federal.

La distribución de frecuencias del diámetro normal (DN) de *Pinus hartwegii*, se hizo en función de 20 clases, que van desde cero hasta 100 cm, se resalta la gran cantidad de renuevos con diámetros de cero a 10 cm en más de mil individuos. Se obtuvieron menos de 50 individuos con diámetros de 95 a 100 cm (Fig. 5).

Los diámetros y alturas de individuos nos da indicio de las edades de los árboles del Parque, ésta distribución muestra que son más abundantes las clases diamétricas pequeñas, es decir, aquellas que corresponden a los árboles de renuevo plantados durante el programa de reforestación de los últimos 10 años y aquellos que pertenecen al renuevo natural del bosque, particularmente las clases que incluyen los diámetros 0 a 5 cm y 5.1 a 10 cm, mientras que los árboles más maduros constituyen la minoría.

Los incendios forestales de alta montaña repercuten de forma severa para la repoblación y las tasas de crecimiento de individuos jóvenes en las poblaciones de *Pinus hartwegii* (Franco y Sarukhán, 1981). Se observó que árboles adultos, que estuvieron expuestos a incendios forestales, muestran una mayor vulnerabilidad a la presencia o la adquisición de plagas, lo que puede mermar su tasa de crecimiento.

Cuadro 1. Ecuaciones alométricas para el cálculo de las estimaciones

Volumen	$V = (AB) (h) (0.7)$	AB=área basal h= altura 0.7=coef.mórfico
Área basal	$AB=(DN^2/4)$	= 3.1416 DN= diámetro normal
Altura	$h= 3.4618 (\ln DN)+2.1803$	DN = diámetro normal
Biomasa	$B = (V)$	densidad de la madera (0.45) V = volumen
Captura de carbono	$CAER = (ERCC)$	ER = existencias reales CC = contenido de carbono (0.45)
Contenido de CO <sub>2e</sub>	$CO_{2e} = CAER (44/12)$	
Potencial de captura	$PC = (ICA)(CC)$	ICA= incremento corriente anual

Figura 1. Método de muestreo, anidado, jerárquico estratificado, con distribución sistemática.

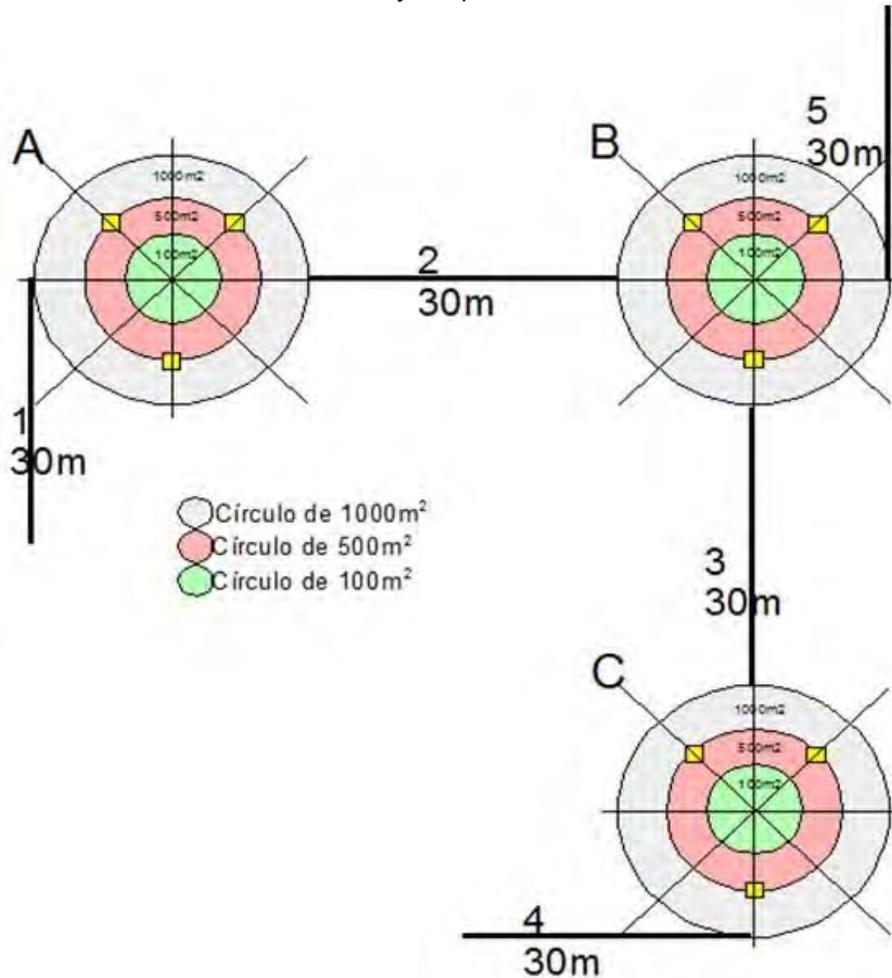


Figura 2. Mapa de Ubicación del Parque Nacional. Puntos de muestreo. Polígono de cobertura abierta y polígono de cobertura cerrada.

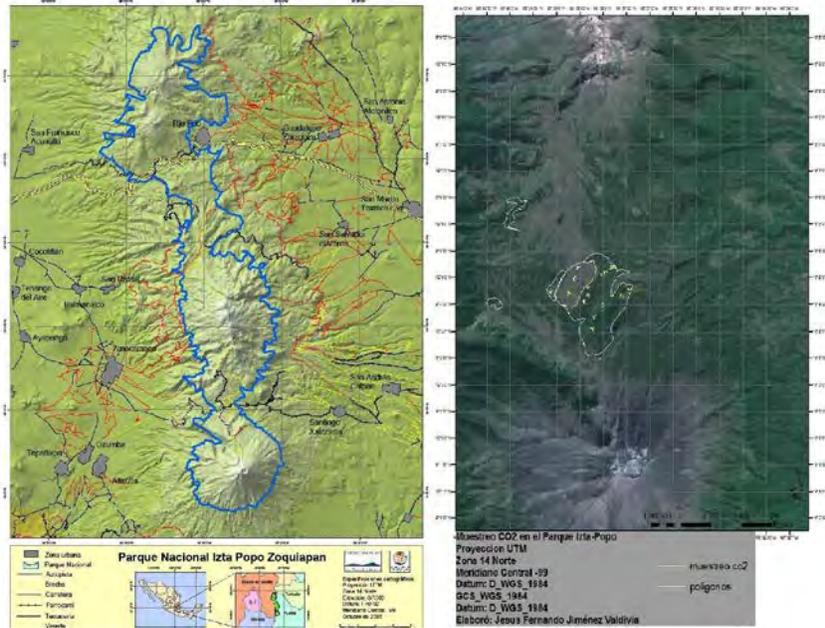


Figura 3. Grafica que muestra el contenido de biomasa, carbono y CO<sub>2</sub> en los diferentes sitios

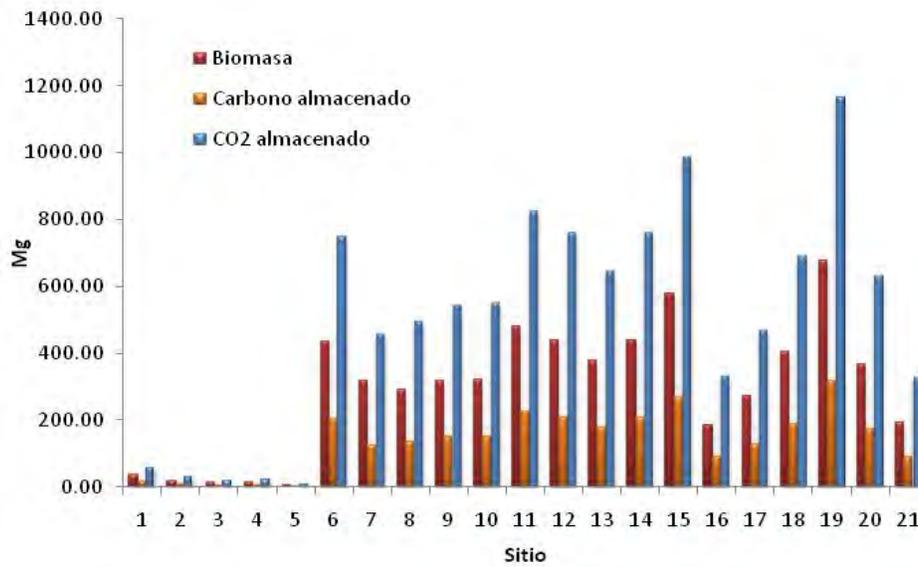


Figura 4. Valores de captura potencial de carbono y CO<sub>2</sub>, en función del aumento de biomasa por año.

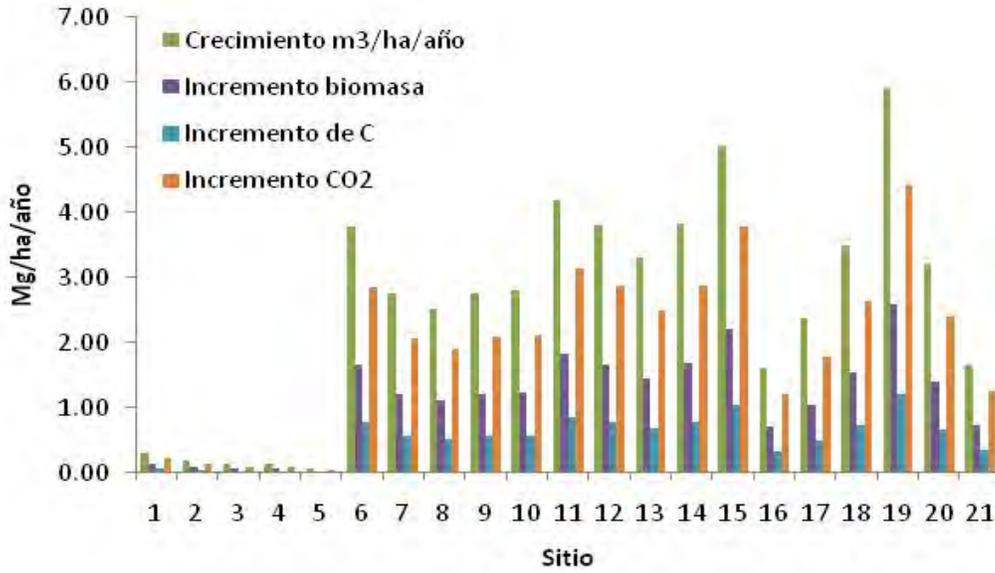
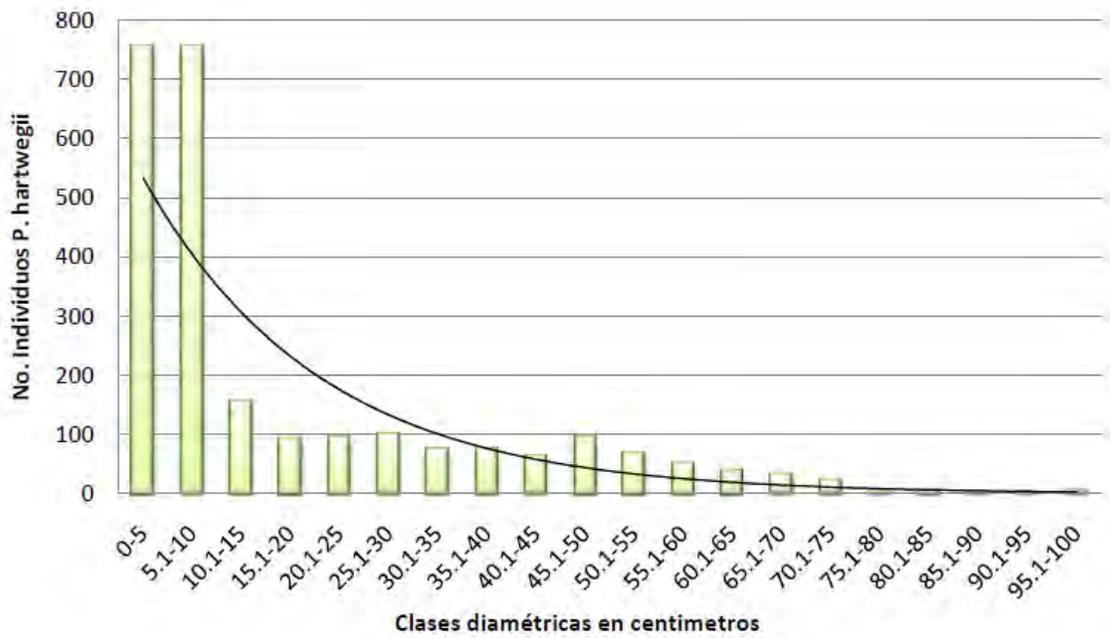


Figura 5. Distribución de frecuencias del DN de *Pinus hartwegii*



Se estimó que el promedio de individuos por hectárea es de 298, con una gran heterogeneidad en la abundancia por sitio muestreado (masa de bosque incoetánea). De los sitios muestreados, el sitio 12 se encontró más densamente poblado, mientras que en el sitio 21 tuvo el menor número de individuos por hectárea.

La cantidad de árboles que han tenido éxito en la reforestación no es significativa, debido a la falta de suelos, consecuencia de una gruesa capa de ceniza volcánica que limita la deposición de los nutrientes adecuados, así como la fijación de las raíces al sustrato que impide su crecimiento, lo que afecta la sobrevivencia de las plántulas de *Pinus hartwegii*. Por otro lado, la presencia de madrigueras de tuzas daña la regeneración. Las prácticas implementadas durante la reforestación pudieron no ser las mejores, pues la remoción de tierra hecha por el tractor facilitó el acceso a las raíces de los renuevos.

Para asegurar el éxito de futuras reforestaciones es de suma importancia el establecimiento de un vivero in-situ y selección de especies nativas, donde se lleve a cabo una selección artificial, ya que, en los estratos abiertos la calidad del suelo es deficiente, establecer estudios de población de la tuza, llevar un manejo del control de plagas, seleccionar sitios donde las condiciones sean más propicias para el sobrevivencia de las plántulas y seguir un modelo de restauración en base a la sucesión ecológica representa una opción de restauración ecológica a largo plazo.

### Conclusiones

Se encontró un contenido y captura potencial de carbono y CO<sub>2</sub> diferencial de *Pinus hartwegii*, tanto para la cobertura abierta como cerrada. El bosque de *Pinus hartwegii* cerrado, es la cobertura vegetal que captura mayor cantidad de carbono.

Es necesario considerar calidad de sitio, así como las propiedades físico químicas y biológicas (pH, textura, densidad aparente, densidad real, salinidad, acidez, materia orgánica, entre los principales) del suelo y otras interacciones ambientales para las próximas estrategias de restauración del bosque de *Pinus hartwegii*

Los beneficios de las reforestaciones y la contribución de la captura de carbono en el bosque de *Pinus hartwegii*, se reflejarán en la conservación y estabilidad de ciclos naturales, así como en las

comunidades aledañas que dependen de los servicios naturales

### Fuentes de consulta

CONANP. 2008. Dirección del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, 2008, <http://iztapopo.conanp.gob.mx/descripcion.php>  
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (25 de abril del 2011).

Daily G., Alexander S., Ehrlich P., Goulder L., Lubchenco J., Matson P., Mooney Harold A., Postel S., Schneider S., Tilman D., y Woodwell G. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied To Human Societies By Natural Ecosystems. Issues in Ecology, No. 2, Ecological Society of America, Washington, DC. 21p.

IPCC (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 [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881p.

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 p.

Torres J., y Guevara A. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. INE, En: Gaceta Ecológica, No.63, México.

USDOE (U.S. Department of Energy). 1999. Carbon Sequestration: Research and Development. Office of Science/Office of Fossil Energy. Report on the DOE Workshop on Research and Development Priorities for Carbon Sequestration held on September 14–15, 1999. Gaithersburg, Maryland.

## Avances del mercado voluntario de Carbono en México.

Ordóñez Díaz José Antonio Benjamín<sup>1</sup>, Jiménez Álvarez Itsel Fernanda, Rojas Briseño Rocío Gricel, Galicia Naranjo Adolfo, Carmona Hernández Jhoana Verenise, Calvo Hernández Fidel, Balam de la Vega María Lucila.

<sup>1</sup> PRONATURA.

### Antecedentes.

El pago por servicios ambientales (PSA) surge con la concientización de que los ecosistemas proveen de bienes y servicios fundamentales para el desarrollo de las poblaciones urbanas y rurales. Los servicios ambientales no fueron valorados económicamente, sino hasta que la sobreexplotación y la desaparición de ecosistemas trajeron consigo notables problemas sociales y económicos, haciéndose importante el surgimiento de mecanismos destinados a su conservación y continua provisión en el futuro (Galeana, 2008).

En la década de los años 80's, el público Europeo y de América del Norte, establecieron una estrategia para impedir el consumo de la madera tropical, ya que se pensaba que la explotación forestal era la principal amenaza en la reducción de los bosques tropicales. Como alternativa, se promovió la idea de certificar el manejo forestal y etiquetar la madera, para permitir que el público escogiera los productos provenientes de bosques que son manejados en forma sustentable (Ordoñez, 2011).

En 1993 en México se inicio el proceso de la certificación forestal, que hoy en día está a cargo de Rain Forest Alliance México, a través del programa (Smart Wood) de certificación, entidad fundada en 1987 en Estados Unidos. Actualmente se capacita a nivel internacional personas a fin de que trabajen bajo un esquema integral de Monitoreo, Evaluación, Reporte, Verificación y Certificación (MERVC) de dichos proyectos y en particular forestales (Ordoñez, 2011).

El mercado de carbono es aquel en donde compradores – emisores – y vendedores – ofertantes de reducción y captura de carbono – se unen para intercambiar un “commodity” conocido como: reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Actualmente existe el mercado oficial y el mercado voluntario. El mercado oficial es, por ejemplo, aquel estipulado por el Protocolo de Kioto y participan países que de manera obligatoria

necesitan reducir sus emisiones. En países No Anexo I como México, donde no se tiene esta obligación, se tiene el esquema voluntario que, consiste en que compañías, gobiernos, organizaciones, eventos e individuos, tomen responsabilidad por las emisiones de GEI que generan y que las compensen a través de la adquisición voluntaria de certificados de carbono capturado (se expresan en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, emitido en un lugar específico que de otra manera hubiera permanecido en la atmósfera; en: [www.pronatura.org](http://www.pronatura.org)).

El mercado de carbono es aquel en donde compradores – emisores - y vendedores – ofertadores del servicio ambiental – se unen para intercambiar un “commodity” conocido como reducción de gases de efecto invernadero, que permite neutralizar las emisiones – borrar la huella de carbono – mediante el desarrollo de proyectos forestales, donde se mide el crecimiento de la vegetación y se puede estimar con precisión cuánto CO<sub>2</sub> capturó.

### Introducción.

Se define el cambio climático global como modificaciones termodinámicas que ocurren en la atmósfera a escala global, como consecuencia del incremento de las concentraciones de GEI, provocando el calentamiento del planeta (IPCC, 2007) y se halla atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición química de la atmósfera, aunado a la variabilidad natural del clima. Este fenómeno, representa actualmente el problema ambiental más grave, y es derivado del incremento en las emisiones de GEI que provienen de 2 fuentes principales: a) el consumo de combustibles fósiles y b) procesos derivados del cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo así, como la deforestación e incendios forestales; que dan lugar a la acumulación de GEI, y con ello al efecto invernadero (Ordóñez, 2008).

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

En los ecosistemas forestales boreales, templados y tropicales, la biomasa almacena cerca de dos terceras partes del C del planeta, en un ciclo de fijación y emisión a través de la fotosíntesis, la respiración y la descomposición respectivamente (Smith *et. al.*, 1993).

Ordóñez y Masera (2001) explican que durante el tiempo en que el C se encuentra constituyendo alguna estructura de la biomasa de un árbol (follaje, ramas, raíces y fuste) y hasta que es enviado al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado, aunque es necesario resaltar que Dixon (1994) y sus colaboradores señalan que más del 60% del carbono contenido en ecosistemas forestales se encuentra contenido en el suelo, y la FAO (2010) calcula que los bosques del mundo almacenan aproximadamente 289 gigatoneladas (Gt) de carbono solo en su biomasa.

El concepto de captura de carbono integra la idea de conservar los contenidos de este elemento que se encuentran en suelos, bosques y sitios donde es inminente la pérdida de vegetación, así como el aumento de los sumideros de carbono a través del establecimiento de áreas en las que la vegetación es usada como reservorio (Tipper, 2000).

Actualmente, los bosques están siendo amenazados por el cambio de uso de suelo, la deforestación y la quema de combustibles fósiles (Montoya *et. al.*, 1995), por lo que Brown y el IPCC (1999, 2007) estiman que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en el mundo, los bosques podrían resultar en un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50% las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En México el 80% de los bosques están en manos de propiedad comunal, por lo que el manejo de ecosistemas a través de las comunidades puede contribuir a la mejora en la conservación de los recursos, ya que los campesinos comunitarios participan activamente en el mantenimiento de sus propios recursos como un medio de subsistencia para ellos y sus futuras generaciones (Valdés y Negreros, 2010).

Bajo un esquema voluntario se han identificado los siguientes verificadores y certificadores: Voluntary Carbon Standard, Plan vivo, Gold Standard Climate Action Reserve, TÜV SÜD, EcoSecurities, y CONAFOR. Esta última respalda los certificados de

captura de carbono que emite Pronatura México A.C, para echar en marcha el mercado voluntario de carbono en México (Ordóñez, 2008).

El mercado voluntario de carbono tiene por objetivo: cuantificar, reducir, mitigar y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero generados por empresas, eventos e individuos para combatir el cambio climático; y a través del programa Neutralízate se busca influenciar a los tomadores de decisión y al público en general a tomar acciones que ayuden a solucionar el problema del cambio climático a través de la generación del cálculo de sus emisiones de GEI y la neutralización de estas emisiones con la adquisición de Certificados de Carbono forestales (Ordóñez, 2008).

A través de este mecanismo, las comunidades no pierden los derechos legales sobre su bosque, ya que este instrumento de pago se acompaña de documentos legales como contratos, acuerdos y convenios que permiten sustentar este mercado aunado al seguimiento, transparencia y un pago de forma expedita a las comunidades, ya que ellos reciben el dinero directamente y emiten una factura que respalda la transacción (Ordóñez, 2008).

**Resultados y discusión.**

Actualmente los certificados ofrecidos provienen del proyecto “Captura de Carbono en Comunidades Indígenas y Campesinas del Estado de Oaxaca”, desarrollado por Servicios Ambientales de Oaxaca A.C. (SAO), que integra a 10 comunidades del estado que realizan actividades de: reforestación, mantenimiento a la regeneración natural, mantenimiento a la reforestación, restauración de terrenos degradados, áreas de conservación comunitarias y sistemas agroforestales. La conservación del bosque mesófilo de montaña puede a bien proveer a largo plazo otras opciones de desarrollo, para favorecer la diversificación del mercado que incluya plantaciones agroforestales, extracción de madera y otros productos no maderables, elaboración de artesanías, establecimiento de UMA’s, ecoturismo y otras formas de aprovechamiento sustentable; en este momento las comunidades han entendido el mensaje y llevan a cabo actividades de diversificación económica, como la producción de café orgánico, y artesanías que ayudan a nutrir sus sistemas microeconómicos.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Hacia el 2010 lograron neutralizarse las emisiones de 25 empresas, 62 eventos como: el Día Mundial del Medio Ambiente, se borró la huella de carbono de la delegación mexicana que participó en la COP15 y la COP 16 desarrollada en Cancún, Quintana Roo fue completamente neutra en carbono; 14 personas que de forma individual compensaron su huella de carbono. En total se han neutralizado cerca de 65,527 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Cuadro 1), cuya venta equivale a 655,270 dólares, que son casi siete millones de pesos, distribuidos en 5 años y que han generado un beneficio para más de 509 familias

Desde el inicio del proyecto en 2006, donde se consiguió la venta de apenas 4 toneladas de carbono, el reto es muy grande porque la mayor parte de las personas en México, no considera un pago que compense los servicios ambientales que la naturaleza nos brinda, pero empresas socialmente responsables y 15 personas han decidido hacer la diferencia y para el 2010 el incremento en toneladas vendidas y certificados emitidos ha sido satisfactorio, detalle en la figura 1 y 2.

Actualmente se planea incluir mas proyectos de fijación de carbono en el Mercado y ya se

encuentran en revisión 80 proyectos con una superficie potencial de 293,954 ha.

Pronatura participa en diferentes consejos consultivos, con el objeto de fortalecer las capacidades nacionales para la creación de proyectos con otras organizaciones, personas y comunidades.

La eficacia del proyecto de neutralización a través del mercado voluntario de carbono, ha permitido establecer un precio base competente a nivel internacional para que las toneladas de CO<sub>2</sub>e cuesten lo mismo y sea un precio justo, de la expedición registrada de los certificados de captura de carbono para evitar duplicidad, dar seguimiento y transparencia mediante un registro nacional de proyectos de carbono.

Neutralízate contribuye en las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático por medio de mecanismos que favorecen al ambiente, a la sociedad y a la economía, con la implementación del Mercado Voluntario de Carbono en México, que actualmente ha logrado neutralizar las emisiones de 25 empresas, 62 eventos y 14 personas.

Cuadro 1. Toneladas neutralizadas por número de empresas, eventos y personas al 2010.

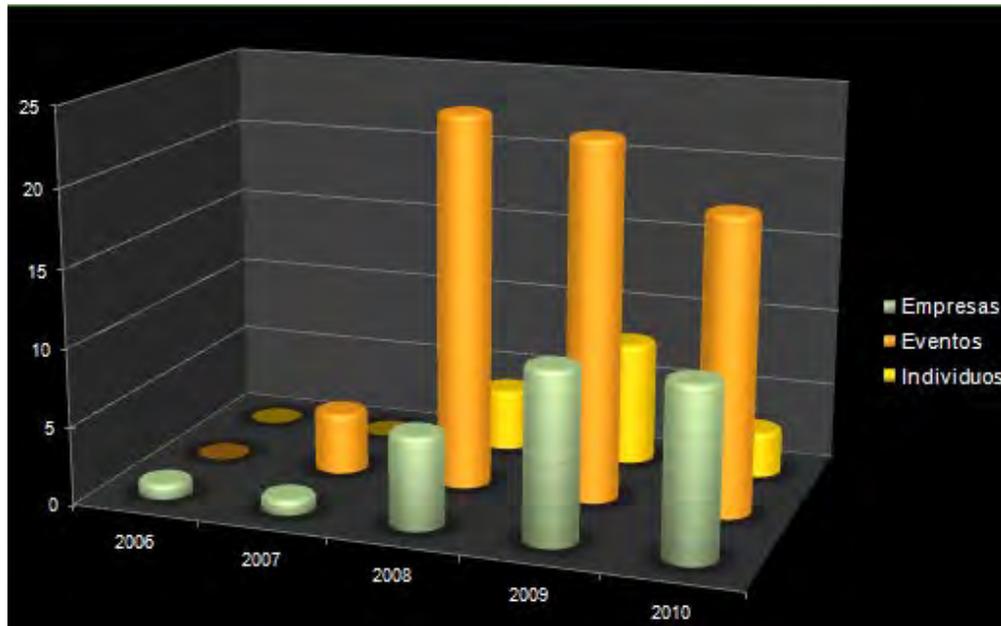
Años	2006	2007	2008	2009	2010	Total
Empresas	1	1	6	11	6	25
Eventos	0	4	24	23	11	62
Individuos	0	0	4	8	2	14
Toneladas CO <sub>2</sub> e	4	125	16,285	31,282	17,831	65,527

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 1. Certificados emitidos por el programa Neutralízate.



Figura 2. Incremento en el número de empresas, eventos e individuos que se han incorporado a la neutralización de sus emisiones.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

**Conclusiones.**

A través de proyectos de reforestación, regeneración natural y sistemas agroforestales, entre otros, se ha incrementado la biomasa y cobertura forestal, coadyuvando a la conservación, mejoramiento y mantenimiento de la biodiversidad, incidiendo directamente en la promoción de corredores biológicos, frenando la fragmentación de los remanentes de bosque mesófilo de montaña, logrando la conservación de suelos, promoviendo aumento de la cantidad y calidad del agua, y mitigando el cambio climático a través de la generación de certificados de captura de carbono.

En el aspecto social, se promueve el desarrollo integral comunitario que permite mejorar la calidad de vida de las familias involucradas, además de fortalecer los esquemas tradicionales de organización. El proyecto ha permitido la incorporación de las mujeres y a su vez a proporcionado alternativas económicas a las comunidades indígenas que presentan una economía conocida con el nombre de pobreza y pobreza extrema. Los beneficiarios en el corto, mediano y largo plazo de este proyecto, son los propietarios de los predios forestales y las comunidades adyacentes.

Este es un primer paso donde se convida a diferentes sectores y actores a sumar capacidades para recuperar, en la medida de lo posible los ecosistemas nacionales e internacionales y promover la conservación biocultural.

**Fuentes de consulta**

Brown, S. 1999. Opportunities for mitigating carbon emissions through forestry activities. Winrock International para el Banco Mundial. 5p.

Dixon R., K., S. Brown, R. Houghton, A. Solomon, M. Trexler y J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185-190.

FAO. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA por sus siglas en inglés). 12p.

Galeana, P. 2008. Estimación del contenido y captura potencial de carbono, su valoración económica en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 95p.

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 p.

Montoya G., S. Soto, B. de Jong, K. Nelson, P. Farias, P. Yakac'tic, J. H. Taylor y R. Tipper. 1995. Desarrollo forestal sustentable: captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, México, 50p.

Ordóñez, D. 2008. Emisiones y captura de carbono derivadas de La dinámica de cambio en el uso del suelo en los bosques de la región purépecha. Capítulo I. Los ecosistemas forestales y el cambio climático en México. Tesis doctoral. Instituto de Ecología. UNAM. 140p.

Ordóñez D., J. y O. Masera. 2001. La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7 (1): 3-12.

Pronatura. 2010. Mercado Voluntario de Carbono Forestal en México [http://www.pronatura.org.mx/mercado\\_voluntario.php](http://www.pronatura.org.mx/mercado_voluntario.php). Fecha de consulta 24 de agosto de 2010, 13:07 hrs.

Tipper, R. 2000. Carbon offsets from forestry projects in developing countries. Report Commissioned by the Department of Environment, Transport and Regions. ECCM. Edimburgo. 27p.

Smith, T.M., W.P. Cramer, R.K. Dixon, R. Leemans, R.P. Neilson, y A.M. Solomon. 1993. The Global Terrestrial Carbon Cycle. *Water, Air and Soil Pollution*, 70: 19-37p.

Valdés, R., O. y P. Negreros. 2010. El manejo forestal comunitario en México. Universidad Veracruzana 12p.



## Emisiones de gases de efecto invernadero del sector Energía en el Estado de Morelos.

Rosa Estela Quiroz-Castañeda<sup>1</sup> María Luisa Castrejón-Godínez<sup>1</sup> Enrique Sánchez-Salinas<sup>1</sup> y  
Ma. Laura Ortiz-Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Programa de Gestión Ambiental Universitario de la  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

### Resumen.

En el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del Estado de Morelos, se estimaron las emisiones del sector energético para los años 2005, 2007 y 2009. Las fuentes de emisión incluidas fueron: la industria (fuentes fijas) y el transporte (fuentes móviles), además de las actividades del subsector residencial, comercial y agrícola. El consumo de combustibles en el transporte, contribuye de forma significativa con las emisiones de GEI estatales, mismas que registraron un incremento del 11.49% en el año 2009, respecto al 2005, considerado año base. Las emisiones de CO<sub>2</sub> eq del sector energético en el estado de Morelos incrementaron 8.01% en 2009 en comparación al año base. Después del transporte, las principales emisiones provienen del subsector residencial, le siguen en orden de importancia las actividades comerciales, industriales y agrícolas. Otra importante fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> es el consumo de energía eléctrica, los valores se duplicaron de 2005 a 2009. El conocimiento de las fuentes clave emisoras de GEI en el estado de Morelos proporciona las bases para proponer estrategias de mitigación y/o adaptación ante el cambio climático y sus impactos. Este es el primer trabajo que reporta las emisiones de GEI del sector energético a nivel estatal.

Palabras clave: Energía, transporte, combustibles, emisiones GEI, Morelos.

### Introducción.

Las emisiones de GEI a nivel nacional, sus estimaciones y actualizaciones por sector se han reportado previamente (INE-SEMARNAT, 2009), sin embargo, los inventarios estatales y su contribución a las emisiones a nivel nacional aún se encuentran en proceso de desarrollo. En este trabajo, se reportan las emisiones de GEI del sector energía, con la finalidad de identificar las fuentes clave de este sector y así proponer estrategias de mitigación

y/o adaptación ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos en el estado de Morelos.

La metodología propuesta en las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), así como el software UNFCCC\_NAI\_IS\_132 (1996), fueron la base para realizar las estimaciones de los GEI del sector energía. La información con la que se cuenta en el estado de Morelos, permitió utilizar la metodología en un Nivel 1 (Tier 1). Además se utilizaron los valores por defecto que se indican en Volumen 2 Libro de Trabajo de las Directrices revisadas en el Manual de referencia (1997), debido a que no se cuentan con valores nacionales o regionales.

Dentro de los subsectores de Energía se incluyen las fuentes de emisión móviles (transporte terrestre, acuático y aéreo), las fuentes fijas, como son la industria manufacturera y de la construcción, así mismo se incluyen las emisiones de origen comercial, residencial y agrícola. Los GEI que se reportan corresponden a las emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles por las fuentes mencionadas. Las emisiones estimadas corresponden al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Así mismo, se calcularon las contribuciones del estado de Morelos a las emisiones nacionales, para este sector.

Por otro lado, se estimaron las emisiones que resultan del consumo estatal de energía eléctrica, que a pesar de no ser consideradas en la metodología del IPCC, tienen una contribución importante en las emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Morelos.

### Desarrollo del tema.

La tecnología de la energía basada en la quema de combustibles fósiles y su creciente uso, se

### Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

encuentran entre las principales causas antrópicas del cambio climático, y en consecuencia, es uno de los sectores que ha despertado especial interés. Las cifras de consumo de los diferentes tipos de combustible (gas LP, diesel, gasolina y turbosina) en el estado de Morelos, permitieron estimar las emisiones de gases de efecto invernadero, así como el incremento o disminución porcentual con respecto al año base (cuadro 1).

En el estado de Morelos se reportó un consumo total de combustibles de 43,531.48 TJ en el año 2009, lo que representó un aumento del 7.28% en el consumo de combustibles si se compara con el año base. El consumo de gas LP mostró una disminución del 9.32% a lo largo del periodo, por el contrario el consumo de gasolina se incrementó en 15.37% del año 2005 al 2009; en tanto que el diesel no manifestó diferencias importantes durante el mismo periodo.

Un especial análisis merece el consumo de turbosina utilizada en la aviación, en virtud de que del año 2005 a 2007 presentó un incremento del 264.47% debido a la alta comercialización de vuelos operados por aerolíneas nacionales, posteriormente, ocurrió un decremento del 76.34% en el consumo de turbosina de 2007 a 2009, una posible causa fue la disolución de compañías aéreas que operaban vuelos en el aeropuerto Mariano Matamoros.

#### **Principales fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la categoría de Energía.**

Las emisiones de GEI por subsector y tipo de gas, generadas durante los años 2005, 2007 y 2009 en el estado de Morelos se muestran desglosadas en el cuadro 2.

Las emisiones de 2005 sumaron un total de 2,761.428 Gg de CO<sub>2</sub>, esta cantidad aumentó en 2009 cuando se emitieron 2,970.046 Gg de CO<sub>2</sub>, es decir, las emisiones de este GEI registraron un incremento del 7.55%. En el caso del CH<sub>4</sub>, también se registró un incremento de 14.31% en sus emisiones en 2009 respecto al año base; y finalmente, las emisiones de N<sub>2</sub>O en el estado aumentaron 8.33% en 2009, respecto a 2005.

Las fuentes móviles, que incluye los transportes terrestre, acuático y aéreo, constituyen las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> en los años 2005, 2007 y 2009, el segundo subsector en importancia por las emisiones que genera es el

residencial. Los subsectores que presentan aportaciones menores a las emisiones de CO<sub>2</sub> son el comercial, industrial y agrícola.

La principal fuente de emisión de CH<sub>4</sub>, corresponde a las fuentes móviles en los tres años evaluados, las contribuciones del resto de los subsectores a las emisiones de CH<sub>4</sub> son menores a 1 Gg cada una. Una situación similar se observa en las emisiones de N<sub>2</sub>O, en donde el transporte genera la mayor cantidad de este GEI y la aportación de los otros subsectores fue significativamente menor.

Con base en los potenciales de calentamiento global (PCG), las emisiones de los diferentes GEI pueden reportarse en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente por tipo de actividad. En el cuadro 3, se muestran las emisiones de Gg de CO<sub>2</sub> equivalentes en los diferentes subsectores.

Se observa que las emisiones de CO<sub>2</sub> eq en 2009 incrementaron en un 8.01% en comparación al año base. Las principales emisiones corresponde a las fuentes móviles (transporte), seguida del subsector residencial; con menor contribución se encuentran los subsectores comercial, industrial y agrícola.

Al comparar las emisiones generadas en el sector de Energía en Morelos en el año base (2005), con las emisiones reportadas en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero-Cuarta Comunicación Nacional para el mismo año y sector, se observa que la contribución estatal es del 0.68% (cuadro 4).

#### **Consumo de energía eléctrica en Morelos.**

Las emisiones que se contabilizan en este apartado se obtuvieron a partir de los datos del consumo de energía eléctrica en el estado de Morelos, estas emisiones no se contabilizan dentro de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq estimadas con la metodología del IPCC. Sin embargo, son de gran importancia para el planteamiento de las estrategias estatales de mitigación y/o adaptación ante el cambio climático y sus impactos.

Para el caso del consumo de energía eléctrica, el volumen total de ventas reportado para el estado de Morelos es de 2,363,171 megawatts/hora en el año 2009, con un total de usuarios de 597,180, que se refiere al número de contratos celebrados para el suministro de energía eléctrica, existentes al 31 de diciembre del 2009.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Cuadro 1. Consumo de los diferentes tipos de combustibles en el estado de Morelos.

Combustible	Consumo (TJ/año)			Comparación de 2009 respecto al año base
	2005	2007	2009	
Gas LP	9,510.02	9,743.22	8,623.19	9.32 % ↓
Gasolina	24,223.26	25,700.50	27,946.59	15.37% ↑
Diesel	6,794.06	7,357.89	6,920.74	1.86 % ↑
Turbosina	47.48	173.05	40.93	13.79 % ↓
Leña	0.03	0.03	0.03	sin cambio
<b>TOTAL</b>	<b>40,574.85</b>	<b>42,974.69</b>	<b>43,531.48</b>	<b>7.28%</b>

Cuadro 2. Emisiones de GEI en la categoría de Energía en el estado de Morelos durante los años 2005, 2007 y 2009.

Subcategoría	Emisiones 2005 (Gg)			Emisiones 2007 (Gg)			Emisiones 2009 (Gg)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Industrial	54.776	0.002	0.001	74.295	0.002	0.001	55.079	0.002	0.001
Comercial	85.207	0.014	0.001	103.890	0.017	0.000	0.000	0.015	0.001
Residencial	383.430	0.061	0.004	371.258	0.059	0.004	334.741	0.053	0.003
Agrícola	11.868	0.001	0.000	3.402	0.000	0.000	3.535		
Transporte	2,226.149								
		5.078	0.019	2,375.088	5.389	0.020	2,482.062	5.823	0.021
<b>TOTAL</b>	<b>2,761.428</b>	<b>5.155</b>	<b>0.024</b>	<b>2,927.932</b>	<b>5.468</b>	<b>0.026</b>	<b>2,970.046</b>	<b>5.893</b>	<b>0.026</b>

En la figura 1 se muestra información acerca del consumo de energía eléctrica por actividad del año 2005 al 2009, correspondiente al estado de Morelos.

Puede observarse que en el año 2005, el uso doméstico de la energía eléctrica predominaba sobre los otros tipos de servicio; sin embargo, a partir del año 2006, el sector industrial y de servicios absorbió el mayor porcentaje de energía eléctrica, y cada año subsecuente aumentó su consumo. En general, se nota una clara tendencia al incremento acelerado en el consumo de energía eléctrica a nivel estatal, donde la agricultura es la actividad que consume el menor porcentaje de energía.

Para calcular la generación de GEI por consumo de energía se siguió la metodología sugerida por la Comisión Nacional por el Uso Eficiente de Energía y la Secretaría de Energía (SENER-CONUEE 2009) y los factores de emisión se tomaron de aquéllos publicados por el Programa GEI México. Los resultados de generación de CO<sub>2</sub> equivalente (Gg) por consumo de energía eléctrica en el estado de Morelos, muestran un incremento de 53.40% del año 2005 al 2009 (figura 2).

El análisis de las aportaciones porcentuales de los GEI de cada una de los subsectores energéticos en los años 2005, 2007 y 2009, ubican al consumo de energía eléctrica en segundo lugar con 22.93%, solo después del transporte con 63.52% (figura 3).

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Cuadro 3. Emisiones de GEI en CO<sub>2</sub> equivalente generadas por subsectores en los años 2005, 2007 y 2009.

Subsector	2005 Gg CO <sub>2</sub> eq			2007 Gg CO <sub>2</sub> eq			2009 Gg CO <sub>2</sub> eq		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Industrial	54.776	0.03	0.20	74.295	0.04	0.20	55.079	0.04	0.20
Comercial	85.207	0.30	0.30	103.890	0.30	0.30	94.629	0.30	0.30
Residencial	383.430	1.30	1.10	371.258	1.24	1.10	334.741	1.10	1.00
Agrícola	11.868	0.00	0.00	3.402	0.00	0.00	3.535	0.00	0.00
Transporte	2,226.149	106.60	5.80	2,375.088	113.17	6.18	2,482.062	122.30	6.50
<b>Total</b>	<b>2,761.43</b>	<b>108.23</b>	<b>7.40</b>	<b>2,927.93</b>	<b>114.75</b>	<b>7.78</b>	<b>2,970.05</b>	<b>123.74</b>	<b>8.00</b>
<b>TOTAL POR AÑO</b>	<b>2,877.06</b>			<b>3,050.46</b>			<b>3,101.79</b>		

Cuadro 4. Comparativo de las emisiones de GEI del estado de Morelos y Nacionales del sector de Energía por tipo de gas en CO<sub>2</sub> eq para 2005.

Gas	Nacional*	Morelos	%
	CO <sub>2</sub> eq. (Gg)		
CO <sub>2</sub>	364,249	2,761.39	-
CH <sub>4</sub>	44,750	108.23	-
N <sub>2</sub> O	9,973	7.40	-
<b>TOTAL</b>	<b>418,972</b>	<b>2,877.02</b>	<b>0.68</b>

Fuente: México-Cuarta Comunicación Nacional, año 2005.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 1. Volumen de ventas de energía eléctrica en el estado de Morelos por tipo de servicio proporcionado. (Fuente: INEGI, 2010).

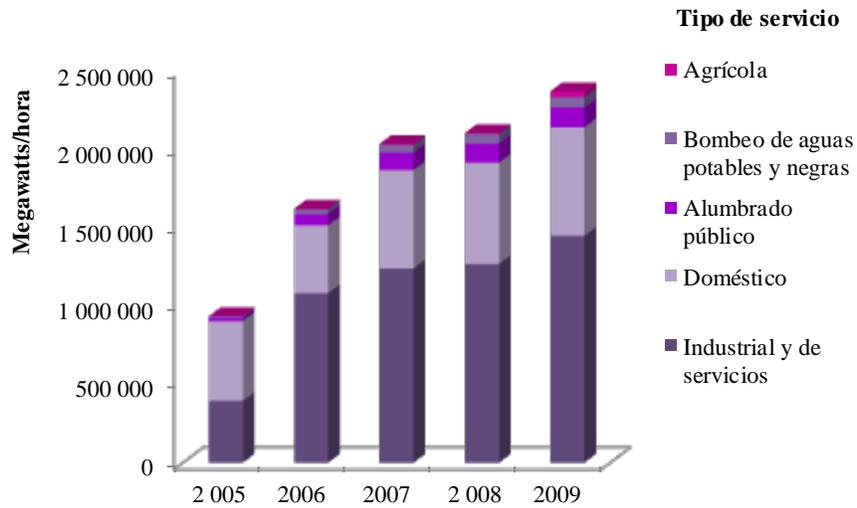
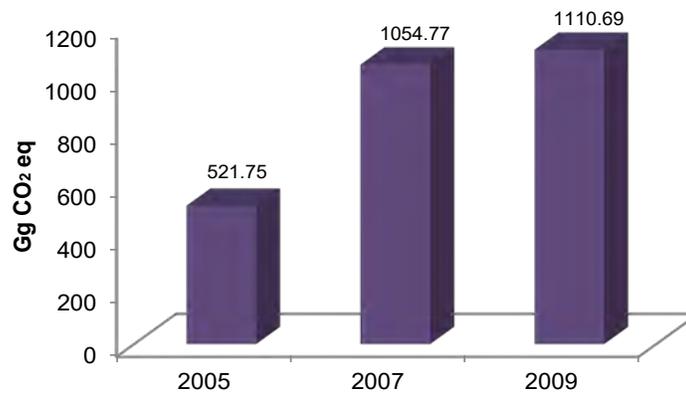
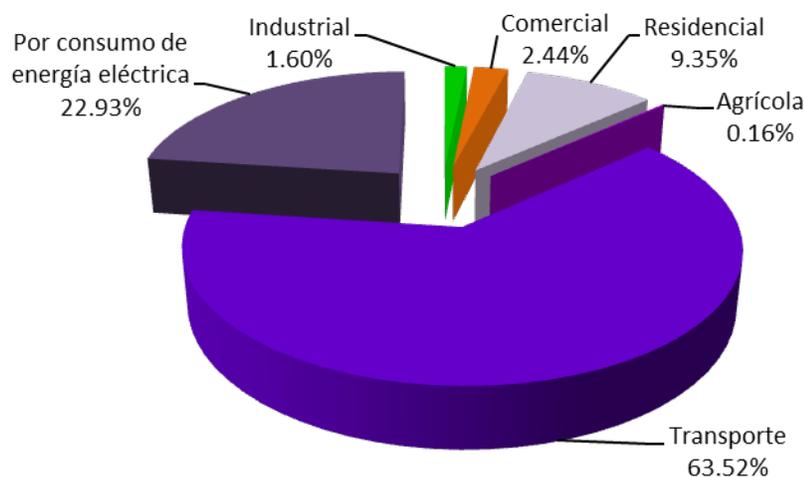


Figura 2. Generación de CO2 equivalente por consumo de electricidad en el estado de Morelos, años 2005, 2007 y 2009.



Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Figura 3. Aportación porcentual de los GEI de cada uno de los subsectores energéticos en los años 2005, 2007 y 2009 en el estado de Morelos.



**Conclusiones.**

- En el estado de Morelos, y siguiendo las directrices del IPCC, las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas para el sector Energía provienen de los subsectores de Transporte y Residencial. Considerando el consumo de energía eléctrica, ésta sería la segunda fuente de emisión de CO<sub>2</sub>.

- La contribución del estado de Morelos a las emisiones nacionales provenientes del sector energético es de 0.68%.

- Las mayores emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provienen de las fuentes móviles (transporte), como consecuencia del consumo de gasolina principalmente.

- Las emisiones de GEI estatales estimadas, así como las fuentes clave de emisión identificadas, permitirá proponer estrategias de mitigación para el estado de Morelos.

**Agradecimientos.**

Los autores agradecen al Aeropuerto Internacional General Mariano Matamoros, a la Capitanía de Puerto, Tequesquitengo, Morelos y a la Superintendencia General de Atención General y Subgerencia de Ventas Regional Centro-PEMEX por la información brindada acerca del consumo de combustibles.

**Fuentes de consulta**

Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (1997). Manual de referencia (Volumen 3).

INEGI-Gobierno de Morelos (2010) Anuario estadístico, Morelos. México. Versión digital.

INE-SEMARNAT (2009). México. Cuarta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 274 pp.

Programa GEI México. <http://www.geimexico.org>

SENER-CONUEE (2009). Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos de energéticos evitados para el aprovechamiento sustentable de la energía. México. 33 pp.

UNFCCC-IPCC, 1996 Software for Workbook [http://unfccc.int/national\\_reports/nonannex\\_i\\_natcom/training\\_material/methodological\\_documents/items/349.php](http://unfccc.int/national_reports/nonannex_i_natcom/training_material/methodological_documents/items/349.php).

## Proyecto de creación de los organismos validadores/ verificadores de emisión de gases efecto invernadero para uso en la acreditación y otras formas de reconocimiento en México a través de la Entidad Mexicana de Acreditación. (EMA)

Lorena Gladys Ramírez Márquez

Entidad Mexicana de Acreditación

### Introducción.

El fenómeno del cambio climático es sin duda uno de los retos más grandes que enfrenta no solo el sector empresarial mexicano, sino también el país y la especie humana. Sus consecuencias, que no sólo impactan al medio ambiente, están ya modificando el entorno en los ámbitos económico, financiero, social y cultural.

Bajo esta perspectiva, el reto del cambio climático no sólo constituye una oportunidad para construir acuerdos al interior del sector empresarial, sino también con el sector público y la sociedad en general, con el objetivo de elevar la competitividad de México en el contexto global a través del desarrollo de estrategias que garanticen el crecimiento de nuestra economía y a su vez incorporen al fenómeno del cambio climático como parte del quehacer empresarial.

De acuerdo a la Cuarta Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC publicada por el Gobierno de México (GdeM) en diciembre de 2009, el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero para el periodo 1990-2006 (INEGEI 2006) se estimó en 711.65 millones de tCO<sub>2</sub>e. Por categorías destaca la de energía con un 60.4% del total, seguida por la de desechos con 14.4%, cambio de uso de suelo y silvicultura con 9.9%, procesos industriales con 8.9% y agricultura con 6.4%. La participación por Sectores está concentrada en los siguientes: industria generadora de energía (20.9%); transporte (20.3%); manufactura e industria de la construcción (7.9%); disposición de residuos sólidos en suelo (7.5%) y manejo y tratamiento de aguas residuales (6.7%).

Es importante señalar que el Gobierno de México ha establecido en su Programa Especial de Cambio Climático (PECC) una meta de reducción de

50.6tCO<sub>2</sub>e en el 2012 y una visión de largo plazo para la “descarbonización” del país, donde la aspiración para el 2050 es la reducción en 50% de las emisiones de carbono equivalente con base en las emisiones del 2000. El GdM es claro en indicar que la meta de 2050 solamente es alcanzable si se llega a un acuerdo post 2012, en el cual se disponga de mecanismos de apoyo financiero y transferencia de tecnología por parte de países desarrollados a una escala sin precedentes.

El sector privado ha jugado un importante rol en la mitigación del cambio climático en México. A la fecha, el 99% de los proyectos mexicanos que han logrado registro en el MDL corresponden al sector privado. Empresas relacionadas con la industria química, de fertilizantes, granjas porcinas y lecheras, concesionarios de rellenos sanitarios, la industria manufacturera y desarrolladores de proyectos eólicos e hidráulicos han iniciado la implementación de proyectos bajos en carbono desde hace algunos años.

### Desarrollo del proyecto.

El sector privado *enfrenta barreras* para la implementación de proyectos bajos en carbono, como las siguientes: (i) falta de claridad principalmente en las regulaciones relacionadas a la generación de energías limpias; (ii) falta de capacidad técnica para estructurar proyectos en algunos sectores con oportunidades de reducción de GEI; (iii) falta de conocimiento de las mejores tecnologías; (iv) falta de capital de riesgo y de financiamiento para proyectos bajos en carbono; (v) la baja o nula cultura de gestión de GEI de parte de las empresas, lo que provoca una baja “internalización” / “concientización”, provocando una pérdida de competitividad respecto a las oportunidades del mercado de carbono y/o los retos comerciales futuros que representaría un mercado

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

de carbono con Estados Unidos; y, (vii) falta de mecanismos confiables para la contabilización y certificación de inventario de GEI en las empresas.

Respecto a este último punto, uno de los temas clave relacionados con la competitividad y que afectará el futuro del cambio climático está relacionado con la Evaluación de la Conformidad y el proceso de acreditación por medio del cual se asegura que en este caso los organismos V/V de GEI cumplen con un proceso transparente, imparcial y técnicamente competente y por lo tanto también las empresas que verifican o validan de manera voluntaria sus emisiones de GEI.

La tendencia a nivel mundial es que en un mediano plazo, los reportes de empresas que no hayan sido verificados o validados por un organismo V/V que cumpla con los requisitos de la norma ISO 14065 (Greenhouse gases – Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in Accreditation and other forms of recognition), no serán aceptados, y más aún, no serán fiables.

Entidades de acreditación de diferentes partes del mundo están encaminándose al uso de la norma ISO 14065; tanto el Standards Council of Canada (SCC) como el American National Standards Institute (ANSI) han creado programas para acreditar V/V bajo la norma ISO 14065. Lo mismo ha sucedido en el Reino Unido y en Japón; en México *existen* a la fecha sólo 2 organismos verificadores/validadores, razón por la cual es importante el desarrollo de estos organismos junto con un programa que los acredite.

En el PECC que contribuye al logro de diversos objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 de México, se incorpora por primera vez de manera expresa el tema del cambio climático. Dentro del PECC, cuatro objetivos específicos buscan la creación de organismos verificadores/validadores de Gases Efecto Invernadero; el desarrollo de los V/V de GEI serán esenciales para el cumplimiento del programa.

La *innovación* de este proyecto dará certidumbre a las empresas, a los inversionistas, a las autoridades y al público en general respecto al nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> existente. Este proyecto generará un *efecto demostrativo* dado que de su adecuada implementación podrán derivarse replicas en otros países de la región, disminuyéndose la curva de aprendizaje y el costo respectivo al contarse en un

plazo de dos años con un modelo ya probado y funcionando. Por otra parte, se estima que el propio interés de las empresas de contar con sus inventarios certificados por entidades debidamente acreditadas generará una demanda de servicios que asegurará la sostenibilidad del modelo.

**Objetivos y Componentes.**

Fin y propósito. El *fin* del proyecto es fortalecer el programa de acreditación de Verificadores/Validadores para dar cumplimiento a la norma ISO 14065. El *propósito* es desarrollar y fortalecer la capacidad técnica de la EMA y los agentes de evaluación de la conformidad en torno a la acreditación de V/V de GEI, dando como resultado el apoyar a organizaciones mexicanas que busquen tener acceso a bonos de carbono con validez en sus inventarios. Para ello, el Proyecto se organizará en cinco componentes:

Componente 1: Fortalecimiento del organismo acreditador mexicano en materia de GEI.

El propósito de este componente es que la entidad ejecutora cuente con un sistema de acreditación de organismos V/V de GEI, debidamente probado y reconocido tanto nacional como internacionalmente.

Para una adecuada ejecución del componente, los recursos del Proyecto financiarán las siguientes actividades: (i) participación en reuniones internacionales relacionadas con la actividad de normalización y acreditación de emisiones de GEI; (ii) participación en los grupos de trabajo o comités técnicos nacionales o internacionales que revisan las normas y emiten los criterios en materia de GEI; (iii) desarrollo de procedimientos, lineamientos y manuales para la implantación en la EMA del programa de acreditación de organismos de verificación, validación (OV/V) de GEI; (iv) identificación y contratación del personal adicional para el área de GEI; (v) desarrollo de un plan de capacitación interna sobre acreditación en los diferentes sectores que cubre el programa relacionados con GEI, e impartición del mismo; y, (vi) preparación de la documentación necesaria para solicitar la evaluación de parte de los foros internacionales para lograr el reconocimiento en materia de acreditación GEI.

Como resultado de las actividades desarrolladas, el primer componente arrojará 2 productos los cuales se enlistan a continuación: (i) procedimientos, lineamientos y manuales para la implantación en la

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

EMA del programa de acreditación de organismos de verificación, validación (OV/V) de GEI; y, (ii) un programa de capacitación interno y para entidades a acreditarse, con todo el material respectivo; adicionalmente, la EMA deberá contar con el acuerdo de reconocimiento multilateral (MLA) del Foro Internacional de Acreditación (IAF).

Componente 2: Sensibilización sobre la importancia de verificar/validar las emisiones de GEI.

El propósito de este componente es demostrar la importancia de verificar/validar las emisiones de gases invernaderos a responsables del desarrollo de políticas, a la industria, y a partes interesadas previamente identificadas.

Para ello, con los recursos del proyecto se financiarán las siguientes actividades: (i) realización de conferencias, seminarios y cursos a fin de sensibilizar a las partes interesadas, en al menos 10 Estados de la República, con sectores estratégicos; y, (ii) desarrollo de un plan de comunicación del programa.

Como resultado de este componente se espera contar con al menos 1,000 funcionarios, empresarios y profesionales de los sectores público y privado sensibilizados y comprometidos con el programa de OV/V GEI al término del proyecto.

Componente 3. Acreditación de Verificadores/Validadores en México.

El propósito de este componente es lograr la Acreditación de Verificadores/Validadores en México utilizando la normativa y lineamientos nacionales e internacionales. Lo anterior implica que la entidad ejecutora cuente con el personal capacitado necesario para validar la acreditación.

Para alcanzar los objetivos mencionados, se pretende realizar las siguientes actividades: (i) diagnóstico de necesidades de OV/V; (ii) identificación de candidatos para acreditarse y capacitación de los mismos; (iv) capacitación de evaluadores y expertos técnicos; (v) realización de evaluaciones conjuntas con acreditadores extranjeros; (vi) identificación de áreas de oportunidad y plan de acción para atenderlas; y, (vii) asesoría a OV/V's para lograr su acreditación.

Como resultado de estas actividades se espera lograr que EMA ofrezca servicios locales

reconocidos y comparables a las mejores prácticas internacionales con precios y calidad competitivos, además de contar al final del programa con al menos 50 personas capacitadas en las normas y protocolos del programa y 10 OV/V's acreditados por EMA.

Componente 4: Desarrollo de sistema de capacitación en línea para las partes interesadas en los procesos de validación/verificación de GEI.

El propósito de este componente es contar con la información tecnológica que permita la capacitación de expertos técnicos y de evaluadores en el largo plazo en los procesos de validación/verificación de GEI.

Para ello, con los recursos del proyecto se financiará el desarrollo de materiales y contenidos para evaluadores y expertos técnicos en GEI, los cuales se subirán al sistema de educación a distancia de la EMA. Se espera que dicho curso se imparta al menos a 20 interesados y se celebre una videoconferencia sobre el proceso de acreditación con 150 participantes.

**Costo y Financiamiento del Proyecto.**

El costo total del proyecto se estima en US\$ 371,765. El FOMIN financiará parte de los costos de consultorías y viajes y algunas partidas de evaluación y seguimiento.

**Beneficios y riesgos del proyecto.**

**Beneficios.** El proyecto fortalecerá el programa de acreditación de verificadores/validadores para dar cumplimiento a la norma ISO 14065, con lo que se apoyará a organizaciones mexicana que busquen tener acceso a bonos de carbono con validez en sus inventarios.

**Beneficiarios.** Los beneficiarios de este proyecto será el personal de la entidad mexicana de acreditación, a.c., evaluadores y expertos técnicos entrenados en el tema, miembros del Comité de Evaluación del Programa de acreditación de organismos Verificadores/Validadores de Gases Efecto Invernadero; personal de los organismos Verificadores e industria que utiliza los servicios de los V/V. Se estima en 12,500 el número de empresas que pueden ser posibles usuarios de los servicios de los organismos Verificadores.

**Riesgos.** Entre los riesgos potenciales que podrían afectar el desarrollo del proyecto, podemos citar dos

### Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

como los principales, mismos que se enlistan a continuación: (i) la EMA no logra el reconocimiento internacional a los proceso de acreditación de organismos V/V; y, (ii) el interés por parte del sector empresarial para certificar sus inventarios disminuye a lo largo del proceso.

Referente a la mitigación de los riesgos, para el riesgo (i) se realizarán las acciones necesarias para cumplir con las normas y procedimientos que regulan el reconocimiento internacional por lo que se estima que este riesgo es de baja probabilidad, mas considerando el prestigio de la EMA en términos de la evaluación de la conformidad a nivel nacional e internacional; y respecto al riesgo (ii), se espera que al dar la autoridad (SEMARNAT) el reconocimiento a los procesos de certificación y acreditación que se están desarrollando con apoyo del FOMIN, este hecho permita mantener el interés empresarial en la certificación de emisiones GEI y consecuentemente el interés de organismo por acreditarse.

#### **Conclusiones.**

El proyecto descrito, representa un paso firme emprendido por el sector empresarial mexicano para impulsar la construcción de una visión en el corto, mediano y largo plazo que atienda el fenómeno del cambio climático, bajo un enfoque que involucre a todos los sectores de la sociedad y gobierno, con el propósito de aportar elementos que incrementen la competitividad y desarrollo económico del país, ante futuros escenarios que demanden el uso eficiente de los recursos y el cuidado al medio ambiente.

Desde el punto de vista social, se estima que el brindar a las empresas la posibilidad de validar sus inventarios generará un mayor interés para desarrollar proyectos sustentables con el consecuente beneficio para las comunidades, para los consumidores y para las propias empresas, en términos de la mejora esperada en su competitividad.

# Emisiones y potencial energético de las disposiciones finales de los Residuos Sólidos Urbanos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Elvira Schwanse <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura, UNAM

## Introducción

La basura en forma de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es uno de los grandes retos para las metrópolis de los países en desarrollo, esto en términos del manejo de su infraestructura, diseño urbano y servicios públicos. Desde “la cuna hasta la tumba”, a las urbes les falta una gestión adecuada en todo el ciclo de vida de los desechos de sus habitantes, de sus comercios y de su industria.

El problema principal en la gestión de los desechos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)<sup>1</sup> es la deficiencia en términos administrativos, operativos, sociales y ambientales. Misma que obstaculiza el desarrollo de un sistema más eficiente y eficaz, con mayores beneficios comunes, con aprovechamiento de los recursos energéticos y con una disminución de la contaminación.

En términos de contaminación ambiental los sitios de disposiciones de RSU tienen afectaciones por: a) fauna y flora nociva que conllevan, b) infiltración de contaminantes en forma de lixiviados<sup>2</sup> a los subsuelos y mantos acuíferos, así como c) emisión de gases de metano (CH<sub>4</sub>) y de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El transporte, la industria, la vivienda y los residuos sólidos son los principales emisores de Gases de Efecto Invernadero

La emisión de los RSU enterrados en el DF genera 7% de las emisiones de CO<sub>2</sub> más 4% CO<sub>2</sub>eq de metano, así que en total, contribuyen un 11% a los GEI<sup>3</sup>

*El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos reconoce que los desechos constituyen una de las fuentes principales de emisiones de GEI, por lo cual, todas las medidas que se prevén para el adecuado control, tratamiento y disposición final de los residuos deben contribuir a evitar o reducir las emisiones de GEI.*

## Generación de GEI en Rellenos Sanitarios

*“Bajo condiciones anaeróbicas, la descomposición de desechos orgánicos genera biogás, por lo que la recuperación y disposición final (neutralización o uso) del metano contenido en el biogás de este tipo de instalaciones reduce emisiones de GEI que de otra manera se elevarían a la atmósfera. Por otro lado, debido al alto poder calorífico del metano, el biogás puede ser utilizado como combustible<sup>4</sup> para la generación de energía y reemplazar el uso de fuentes más contaminantes y de mayor impacto global, desplazando así fuentes generadoras de GEI.*

*Varios estudios sugieren que el sector de los rellenos sanitarios y la recuperación de biogás, y en particular del metano, representan una buena oportunidad para contribuir a los objetivos del Protocolo de Kioto y a la vez al desarrollo sustentable de países en vía de desarrollo.*

*De acuerdo a estudios internacionales, un metro cúbico de biogás se genera a partir de 5 a 10 kg de residuos sólidos con un 50% de materia orgánica, resultando una mezcla de gases compuesta por un 45 a 60% de metano, 40 a 60% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 2 a 5% de nitrógeno, 1% de oxígeno, pequeños volúmenes de amoníaco, monóxido de carbono, hidrógeno y otros.”<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> La Zona Metropolitana de la Ciudad de México está compuesta por las 16 delegaciones del Distrito Federal y los 41 municipios conurbados.

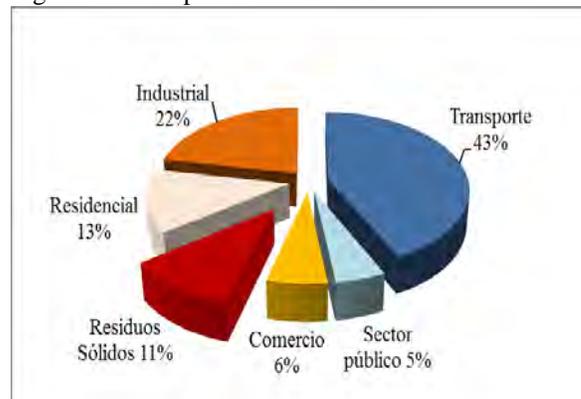
<sup>2</sup> Lixiviados: Líquidos producidos durante la descomposición de los residuos orgánicos y por la percolación de agua de lluvia o freática.

<sup>3</sup> SMA, Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal, 2008-2012

<sup>4</sup> El biogás tiene un poder calorífico de 4,550 Kcal/m<sup>3</sup>

<sup>5</sup> Bitrán & Asociados, “Captura de gases de efecto invernadero de rellenos sanitarios para su aprovechamiento económico”, 2006, pag. 3

Figura 1: Participación de los RSU en las emisiones de CO<sub>2</sub> eq



Fuente: Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012

Tabla 1: Gases de Efecto Invernadero (GEI)

“Los tres principales GEI de origen antropogénico son el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Por su capacidad para retener radiación infrarroja, y por lo tanto para potenciar el efecto invernadero en la atmósfera, un gramo de metano equivale a 21 gramos de bióxido de carbono en una escala de tiempo de 100 años, mientras que un gramo de óxido nitroso equivale a 310 gramos de bióxido de carbono.

A la suma ponderada de estos tres GEI se le llama bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) y permite comparar fuentes con emisiones de gases diferentes.

Se le llama CO<sub>2</sub> eq porque el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O se calculan en su equivalente de CO<sub>2</sub> de acuerdo con el potencial de calentamiento de estos gases.”

Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, 2008-2012

### Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para rellenos sanitarios

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) representan un instrumento económico que permite comercializar con *Bonos de Carbono* o *CERs* en un mercado internacional para reducir los GEI. En el Anexo I del protocolo de Kioto, se determinan los países en vía de desarrollo que pueden manejar proyectos de reducción de GEI y que podrían ser apoyados por países industrializados dentro de proyectos bilaterales. Esto a partir del razonamiento de que las emisiones se distribuyen a nivel global,

pero es más eficiente desarrollar proyectos en países en vía de desarrollo donde los costos de reducción de las emisiones de GEI son menores. De los proyectos participantes en MDL se certifican las reducciones monitoreadas de emisiones y se venden como créditos en forma de *Bonos de Carbono* o Certificaciones de Emisiones (CERs, por sus siglas en inglés). Cada CER equivale a una tonelada reducida de emisiones que se calcula en CO<sub>2</sub> eq (véase Tabla 1: Gases de Efecto Invernadero), el valor por tonelada oscila actualmente entre 12 y 16 €.

Todavía son pocos sitios de disposición final en México que participan en proyectos de MDL. La razón de ello se encuentra en los diversos requisitos que se deben cumplir. Primero, los municipios deben cumplir con la norma NOM-083-SEMARNAT-2003<sup>6</sup>, iniciando por el saneamiento del sitio, antes de poder optar por implementar una tecnología que permita la captación y el aprovechamiento del biogás. Segundo, los costos del análisis para determinar el potencial para generar biogás y energía son elevados, y así también, es complicado el procedimiento para beneficiarse de los ingresos derivados del MDL.

Captación de metano y su transformación en energía renovable

El primer paso en el manejo y control de las emisiones de un relleno sanitario es la recolección de los gases generados, esto a través de un sistema de captación con una red de pozos verticales o zanjas horizontales que se distribuyen por toda la superficie del relleno.

Los gases se conducen a colectores principales y se juntan en la estación de aspiración, donde se queman en antorchas o se procesan para servir como gas, energía eléctrica, vapor o combinado en calor y energía.

La cantidad de biogás en un relleno depende de:

- Porcentaje de los residuos orgánicos depositados, de nutrientes e inhibidores
- Humedad del residuo y re-circulación de los lixiviados
- Otras condiciones climáticas (i.e. temperatura) y topográficas
- Grado de compactación, el sellado y la capa de cubierta
- Edad de los residuos

El proceso de biodegradación se divide en cinco etapas cuya duración depende de las condiciones de operación del relleno y los factores anteriormente mencionados. Entre un 50 y 80% de los gases liberados son recolectables; el aprovechamiento se estima en un 60% los primeros diez años y en un

35% en los siguientes diez.<sup>7</sup> El aprovechamiento energético del biogás generado produce beneficios ambientales por dos fuentes. Primera, permite la captura de GEI, que en ausencia de este tipo de actividades se suspenderían en la atmósfera. Segunda, permite el reemplazo de fuentes de generación de energías más contaminantes, en especial de origen fósil. La reducción de la emisión de gases a la atmósfera se puede certificar, y de igual forma, se pueden comercializar el gas y la energía generada para, por ejemplo, suministrar una red urbana de gas o electricidad.<sup>8</sup>

### Convenios, apoyos financieros y programas para la reducción de GEI y aprovechamiento de RSU

En la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992<sup>9</sup> los países firmantes asumieron compromisos para reducir y estabilizar la cantidad de CO<sub>2</sub> existente en la atmósfera. En 1997 se firmó el Protocolo de Kioto, en el que las partes que lo suscriben acuerdan que los países desarrollados se comprometen a reducir, en el periodo 2008-2012, sus emisiones de GEI en 5,2% con respecto a los niveles de 1992. Se establecen tres mecanismos: el Comercio de Emisiones, la Implementación Conjunta y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Se instalaron varios fondos para asistencia técnica y financiera a proyectos de reducción de GEI y de producción de energía alterna como el Fondo Prototipo del Carbono del Banco Mundial, el Programa Latinoamericano del Carbono y el FOMECAR (Fondo Mexicano de Carbono), entre otros.

En México desde 2004 está el Mecanismo de Desarrollo Limpio vigente y se administra a partir de 2005 por la SEMARNAT y la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). El gobierno de México desarrolló el *Programa Especial de Cambio Climático* con objetivos y metas

<sup>6</sup> La NOM-083-SEMARNAT-2003 establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del lugar, el diseño, la construcción, la operación, el monitoreo, la clausura y las obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU. A la fecha cerca 80% de los sitios de disposición final de RSU no cumplen con esta norma que queda en responsabilidad de los municipios que no manejan rellenos sanitarios, sino sitios no controlados o tiraderos.

<sup>7</sup> Bitrán & Asociados, pag. 10

<sup>8</sup> La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) de 2011 refiere las condiciones, acuerdos y tarifas entre productores privados de energías renovables, la CRE (Comisión Regularía de Energía) y la CFE (Comisión Federal de Electricidad)

<sup>9</sup> Véase:

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

nacionales vinculantes en mitigación y adaptación para el periodo 2009-2012.

Figura 2 Proceso para participar en un proyecto de MDL



Fuente: Bitrán & Asociados, 2006

Foto 1: Sistema de captación de gases en Prados de la Montaña / DF



Elvira Schwanse, Santa Fe 2011

En el campo de los residuos y rellenos sanitarios, la SEMARNAT publicó el *Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2008-2012*. Como objetivos correspondientes se mencionan en las Líneas de Acción: el aprovechamiento de los residuos (con la estrategia de las 3R: Reducir, Reusar, Reciclar), la clausura y el saneamiento de tiraderos a cielo abierto y, la formulación de nuevos proyectos para la reducción de GEI y proyectos para inscripción en el MDL y obtención de bonos de carbono. En el Anexo 7 del Programa están listados los *Proyectos MDL para Rellenos Sanitarios y Sector Pecuario*, en total, se trata de cerca 4,5 Mt que pueden ser reducidas de las emisiones de CO<sub>2</sub> por año, sólo por medio de proyectos en rellenos sanitarios.<sup>10</sup>

Los proyectos residuales y de reducción de GEI pueden pedir asistencia técnica y/o financiera al Banco de Desarrollo de América de Norte (BDAN), al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), al Banco de Desarrollo (BANOBRA), al Fondo Nacional de Infraestructura. Así también, para proyectos en zonas metropolitanas existe el Fondo Metropolitano.

### Situación de rellenos sanitarios y programas de MDL en la ZMCM

*“Los rellenos sanitarios y los tiraderos a cielo abierto pueden considerarse como verdaderos reactores bio-químicos”*  
Agenda XXI DF

Para combatir el efecto invernadero y mejorar la calidad de aire y vida en el Valle de México, en 2007 se constituyó el Plan de Acción Climática de la Ciudad de México que se compone de tres programas:

- Plan Verde de la Ciudad de México
- Programa para Mejorar la Calidad de Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México - PROAIRE 2002-2010
- Estrategia Local de la Acción Climática de la Ciudad de México (2004), con los objetivos de:
  - Establecer acciones concretas de mitigación y captura de emisiones de gases de efecto invernadero (factibles técnica y económicamente)

- Indicar los beneficios ambientales, sociales y económicos de las acciones
- Señalar los recursos económicos necesarios para llevar a cabo las acciones, así como los recursos humanos
- Identificar barreras
- Establecer compromisos del gobierno, sociedad, industria, instituciones educativas, etc. para llevar a cabo las acciones<sup>11</sup>

En la ZMCM cada día se acumulan cerca de 21,000 toneladas de desechos, los cuales se trasladan y colocan en aproximadamente 45 diferentes sitios oficiales de disposición final de RSU. Para el Distrito Federal existe una disposición final única: el Bordo Poniente, mismo que recibe 12,500 t/d. Aproximadamente un 15%<sup>12</sup> de los desechos (inertes reciclables) se recuperan, el resto se entierra sin tratamiento alguno.

Se estima que un 40 - 60% (varía entre zonas urbanas) de los residuos sólidos de la ZMCM es materia orgánica, la cual genera bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en su descomposición. La humedad, propia de los residuos orgánicos, y el humedecimiento de los desechos por precipitación y lixiviados juegan un papel importante en la generación de metano

En los años ochenta, la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU) del Gobierno del Distrito Federal clausuró y saneó ocho tiraderos en diferentes zonas de la ciudad, con un total de 300 hectáreas. Algunos de estos en la actualidad sirven como parques y zonas verdes, mientras que otros se abandonaron y fueron invadidos.

Sobre los grandes sitios actuales en toda la zona metropolitana ya clausurados o a clausurar (como Bordo Poniente), se manejan diferentes conceptos locales e independientes respecto a su grado de contaminación y necesaria remediación, la captación y transversión de sus gases contaminantes y futuros usos.

<sup>10</sup> Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2008-2012 (SEMARNAT), Anexo 7, pag. 150-152

<sup>11</sup> Óscar Vásquez, Secretaría de Medio Ambiente del GDF, 2007

<sup>12</sup> La recuperación se realiza por medio de la pre-pepena en los camiones de recolección y en 3 Plantas de Separación, así como en la pepena en los sitios de disposición final.

Foto 2: Tiradero de Neza



Elvira Schwanse

En el Plan de Acción Climática del GDF-SMA se menciona el proyecto de Captura y Aprovechamiento de Biogás Metano en el Relleno Sanitario Bordo Poniente bajo el MDL. Se calcula una reducción de 6,6 Mt de CO<sub>2</sub> eq para el año 2012.

Figura 3: Composición de los Residuos en el DF



Fuente: Estudio de Composición de RSU en la Ciudad de México, ICyT, 2010

En los grandes municipios conurbados de la ZMCM se planean proyectos para varios rellenos sanitarios. Estos van desde el saneamiento, plantas de separación para aprovechar el material reciclable, programas de separación de materia orgánica, e incluso, el aprovechamiento de biogás y su

transformación en energía eléctrica para el municipio. Hasta ahora, ningún proyecto se puso en marcha (Tabla 1) *Es posible que en la ZMCM exista un potencial de reducción de GEI por medio de proyectos de captación de los gases de los rellenos sanitarios de 1,75 Mt de CO<sub>2</sub> eq por año.*

**Primer Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático**  
**Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación**

Tabla 1: Proyectos de MDL para rellenos sanitarios en la ZMVM

Tipo de proyecto	Ubicación	Reducción estimada CO <sub>2</sub> eq./año
<b>Proyectos en Validación</b>		
Proyectos de biogás a energía en rellenos sanitario de Tecámac, Ecometano	Edomex, Tecámac	56,050 t
Proyecto Rincón Verde LDGTE, Tú Transformas, Energías Renovables de México SA CV y Tú Transformas-Energías Renovables SL	Estado de México	315,143 t
Proyecto de gas del relleno sanitario Tlalnepantla para energía, Proactiva Medio Ambiente SL	Edomex, Tlalnepantla	50,838 t
<b>Proyectos registrados</b>		
Proyecto de gas del rellenos sanitario para energía en Ecatepec, Ecometano, Tecnología de Biogás SA de CV, EcoSecurities	Edomex, Ecatepec	209,353 t
Proyecto de gas metano para energía en Tultitlán, Tecnología Biogás SA de CV, Tecnologías Biogás Ltd. Y EcoSecurities PLC.	Edomex, Tultitlán	41,681 t
<b>Anteproyecto</b>		
Captura y emisiones de biogás de residuos sólidos urbanos para la generación de energía eléctrica, Biotechnology Process SA de CV	Edomex	31 t
Prados de la Montaña, PICONSULTA	DF Santa Fe	18 t
Clausura y manejo de biogás producido en la etapa IV del relleno sanitario Bordo Poniente, Gobierno del Distrito Federal	Distrito Federal Ex - Vaso de Texco	1,235 t

Fuente: SEMARNAT, Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2008-2012, Anexo 2

En México, el único relleno sanitario con experiencia en la producción de electricidad es Salinas Victoria en Monterrey. Ésta se lleva a cabo con la asociación de la empresa Benlesa, Seisa y Simeprode (un organismo público descentralizado). El relleno tiene 100 has y 15 Mt de residuos, de los 465 pozos se extraen 7,800 m<sup>3</sup>/h de biogás. Doce motogeneradores con una capacidad total de 12.7 MW producen cerca de 100,000 GWh por año,<sup>13</sup> los cuales suministran el alumbrado público en los siete municipios de Monterrey, el metro y oficinas e instituciones gubernamentales. La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> por año es de 413,000 t.<sup>14</sup> El proyecto se hizo acreedor a un financiamiento de 5 millones de dólares por parte del Fondo Mundial para el Medio Ambiente gestionado a través del Banco Mundial.

#### **Fuentes de consulta**

Bitrán & Asociados, "Captura de gases de efecto invernadero de rellenos sanitarios para su aprovechamiento económico", 2006

CONUEE- GTZ, "Potentials of the Biogas Market in Mexico", documento no publicado, Mexico 2009

Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales INE-SMA, "Elaboración del programa de investigación en cambio climático", Mexico 2004

José L. Arvizu F. y Jorge M. Huacuz V., "Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad", en Boletín IIE, octubre-diciembre del 2003, Mexico 2003

Secretaría de Medio Ambiente del GDF, "Acción Climática de la Ciudad de Mexico 2008-2012", México 2008

SEMARNAT, "Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2008-2012", México 2008.

Sheinbaum C., "Problemática ambiental de la Ciudad de Mexico", Limusa, México 2008

"Programa para Mejorar la Calidad de Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México - PROAIRE 2002-

2012", México 2004

#### **Páginas web**

Plan Verde de la Ciudad de México:  
<http://www.planverde.df.gob.mx/> (23.08.2011, 19.37 hrs)

Fondo Mexicano de Carbono  
<http://www.fomecar.com> (23.08.2011, 19.40 hrs)

Acción Climática:  
<http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=531> (23.08.2011, 19.40 hrs)

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático en la SEMARNAT:  
[www.semarnat.gob.mx/temas/cambioclimatico/Paginas/cicc.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/temas/cambioclimatico/Paginas/cicc.aspx) (23.08.2011, 19.40 hrs)

---

**13 100,000 GWh o 100 millones de kWh producidos por año equivalen al consumo energético de 25 mil casas de interés social por año.**

**14 La cantidad equivaldría a dejar de emitir gases similares al retirar más de 150 mil automóviles de la circulación.**

## Guía de metodologías de mitigación de emisiones de GEI para los estados de la República Mexicana.

Claudia Sheinbaum Pardo<sup>1</sup> Sonia Briceño Vilorio<sup>1</sup>  
y Guillermo Robles Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería/UNAM

### Introducción.

Aunque México no tiene compromisos de reducción de emisiones de GEI dentro del protocolo de Kioto, ha venido elaborando los inventarios de emisiones de GEI y las Comunicaciones Nacionales. Entre otras acciones publicó recientemente, la Estrategia Nacional de Cambio Climático y posteriormente el Programa Especial de Cambio Climático, donde se establecen escenarios de reducción de emisiones de GEI.

Así mismo, ha sido beneficiario de diversos proyectos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Existen también algunos estudios recientes que analizan el potencial de reducción de emisiones para México, tal es el caso del reporte MEDEC (Johnson et al., 2009).

En este marco, los estados y el Distrito Federal, están buscando ampliar sus capacidades locales para poder construir inventarios de emisión de GEI así como escenarios de emisión y de mitigación y en el marco de su competencia, desarrollar medidas de reducción de emisiones que les permitan contribuir al esfuerzo internacional, pero también, acceder a los actuales y futuros mecanismos de venta de reducción de emisiones, incluidas las llamadas NAMAS.

La presente *Guía* se inscribe en este esfuerzo de promover la generación información y fortalecimiento de las capacidades locales a través de la exposición de:

- Una base conceptual, concentrada principalmente, en los tres primeros capítulos.
- Metodologías para la construcción de inventarios y de escenarios para cada categoría: energía, procesos industriales y uso de productos, agricultura, forestal y otros usos de suelo y residuos, presentadas en los capítulos 4 y 5.
- Información relacionada con las tecnologías asociadas al uso eficiente de la energía y a

fuentes renovables de energía aplicables por los diferentes sectores para la mitigación de GEI; en el capítulo 6.

- Metodología para el cálculo de los costos de mitigación y la evaluación de acciones de mitigación, en el capítulo 7.
- Información de los instrumentos de política nacional e internacional, aplicables para la mitigación de GEI, capítulo 8.

Adicionalmente a la *Guía* se pondrá a disposición de los gobiernos estatales, del DF y municipales un modelo de simulación que les permitirá calcular las emisiones de sus entidades, a través de internet y a partir de la captura de datos muy específicos.

### Los programas estatales de cambio climático y la mitigación de GEI.

En el marco de los compromisos como país agrupado en los “no-Anexo 1”, que México ha venido cumpliendo, los estados y el Distrito Federal han iniciado la promoción de Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC).

En el 2006, el Gobierno del Distrito Federal publicó la Estrategia Local de Acción Climática y en 2007 el PEACC del D.F. Posteriormente estos esfuerzos han venido extendiéndose: Veracruz y Nuevo León ya cuentan con PEACC, Chiapas, Coahuila, Durango, Nayarit, y Puebla los están elaborando; Baja California, Guanajuato, Michoacán, Sonora y Tamaulipas, tienen avances, mientras que Baja California Sur, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo se encuentran en proceso de planificación; en el Estado de México se está elaborando la “Iniciativa ante el Cambio Climático”; y el municipio de Chihuahua, Chihuahua presentó su Plan de Acción Climática en septiembre de 2009. Desde 2007, el Instituto Nacional de Ecología ha emprendido un programa de ampliación de las capacidades técnicas locales para la elaboración de estos programas (INE, 2010).

La importancia de la elaboración de PEACC radica

### Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

en su orientación tanto a la mitigación como a la adaptación al cambio climático. Sin embargo, en el caso de la mitigación de GEI, los beneficios no repercuten en el clima de las entidades. El cambio climático es un fenómeno global y sus impactos sólo disminuirán, si se actúa reduciendo las emisiones de GEI de todo el planeta.

Por su parte, evaluar la vulnerabilidad de la población de cada entidad, ante cambios esperados en clima, precipitación, elevación del nivel del mar, disminución de glaciares, etc., y planificar acciones e infraestructura para su adaptación a esos cambios representará enormes ventajas para la población.

La importancia de la elaboración de inventarios y de escenarios de emisión por entidad federativa radica en el mejor conocimiento que se tendrá en el país de la contribución de México a las emisiones totales.

Del lado de las oportunidades, la mitigación de GEI puede abrir a las entidades el camino hacia los mecanismos de mercado de emisiones y con los recursos así obtenidos, financiar proyectos que además de reducir emisiones de GEI contribuyan al desarrollo sustentable de la entidad.

En el marco de la discusión internacional hacia un nuevo arreglo post-Kioto, uno de los esquemas acordados por la CMNUCC son las llamadas Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs; Nationally Appropriate Mitigation Actions), mecanismo voluntario para los países en desarrollo, establecido en 2007 en la Conferencia de las Partes en Bali, y ampliada en las reuniones de Copenhague y de Cancún. Aun no se definen las características específicas de estas Acciones pero se están buscando mecanismos y metodologías que permitan entre otros, promover certificados de carbono; en este sentido se busca ampliar el desarrollo de esquemas para la medición, reporte y verificación de la mitigación de emisiones en sectores estratégicos. En estos nuevos esquemas, los estados y entidades pueden tener nuevas oportunidades.

Del lado de las debilidades, los Estados y Municipios poseen limitaciones de competencia legal para definir políticas, las de mitigación no escapan a esas limitaciones. Por ejemplo, los establecimientos industriales se clasifican de

acuerdo a su jurisdicción, en federales y locales, con base en el artículo 111 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que establece como giros de jurisdicción federal: Química, Petróleo y Petroquímica, Pinturas y Tintas, Metalúrgica, Automotriz, Celulosa y Papel, Cementera y Calera, Asbesto, Vidrio, Generación de Energía Eléctrica y Tratamiento de Residuos Peligrosos.

Asimismo, el artículo 5 de la LGEEPA define que es competencia federal expedir las normas oficiales mexicanas y vigilar su cumplimiento, así como regular el aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de los recursos forestales, el suelo, las aguas nacionales, la biodiversidad, la flora, la fauna y los demás recursos naturales de su competencia, la regulación de la contaminación de la atmósfera, proveniente de todo tipo de fuentes emisoras, así como la prevención y el control en zonas o en caso de fuentes fijas y móviles de jurisdicción federal.

También son de competencia federal, el fomento de la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes provenientes de cualquier tipo de fuente, en coordinación con las autoridades de los Estados, el Distrito Federal y los Municipios; así como el establecimiento de las disposiciones que deberán observarse para el aprovechamiento sustentable de los energéticos.

Bajo este marco es poco lo que puedan hacer los estados y el DF en estas ramas. Sin embargo, existen algunos rubros de actuación con beneficios ambientales adicionales. Por ejemplo, la tabla 1 presenta las acciones de aplicación posible por los Estados en el sector transporte.

Otra línea de acción factible para los estados y el DF y con beneficios colaterales, es la relacionada con el diseño de programas específicos que por la vía de impuestos o de estímulos locales, incentiven la inversión de la micro, pequeña, mediana y gran empresa en sistemas de uso eficiente de energía, uso de combustibles con menor contenido de carbono, reciclaje de desechos, cambios en el diseño de productos, sustitución de materias primas, entre otros.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

Tabla 1. Acciones aplicables por los estados y el DF para la mitigación de GEI en el sector transporte.

Posibles acciones	Beneficios ambientales adicionales
<p>Desestimulo al uso del auto particular por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoción de transporte público</li> <li>• Regulación de días, horarios o zonas de circulación (tipo hoy no circula).</li> </ul>	Disminución de contaminación atmosférica.
<p>Estímulo al cambio de combustibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación o incentivos para uso de biocombustibles</li> <li>• Regulación o incentivos para uso de gas natural en sustitución de diesel o de gasolina (evitando fugas)</li> </ul>	Disminución de contaminación atmosférica siempre que se incorporen tecnologías de control de contaminación especialmente para NOx.
<p>Promoción del aumento del rendimiento vehicular.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivos económicos (precio) para los autos con mejor rendimiento vehicular</li> </ul>	No implica reducción de emisiones locales debido a que autos con bajos rendimientos pueden tener convertidores catalíticos muy eficientes o viceversa.

**Los inventarios de GEI para los escenarios de mitigación de los Estados.**

El IPCC proporciona metodologías para la elaboración de inventarios de emisiones de GEI para cuatro categorías: (1) Energía; (2) Procesos industriales y uso de productos; (3) Agricultura, forestal y otros usos de suelo (o de la tierra); y (4) Residuos.

La metodología aplicable para la elaboración de inventarios de emisión depende de la información disponible en el país, región o estado. En general, el IPCC establece tres niveles metodológicos y el de referencia. El Nivel 1 permite estimar inventarios de emisión a nivel sectorial con la mínima información disponible.

En general, la estimación de emisiones de GEI se realiza con la siguiente ecuación:

$$E = \sum_{ij} A_{ij} * FE_{ij} * PC_j \quad (1)$$

Donde:

E: Suma de las emisiones de los gases j que emiten las actividades i, en unidades de

CO<sub>2</sub> equivalente.

A<sub>i</sub>: Actividad agregada i

FE: Factor de emisión del gas j para la actividad agregada i.

PC<sub>j</sub>: Potencial de calentamiento del gas j (1 para CO<sub>2</sub>, 25 para CH<sub>4</sub> y 298 para N<sub>2</sub>O).

El IPCC ha compilado factores de emisión por actividad para los diversos sectores y categorías.

La metodología para estimar el inventario de emisiones que se presenta en la guía, tiene algunas diferencias con la metodología del IPCC debido a que se trata de inventarios estatales que sirven de base para construir escenarios futuros de emisiones de GEI. Las diferencias principales están en la categoría de energía y consisten en lo siguiente:

1. La metodología del IPCC recomienda que las emisiones de GEI producto del consumo de electricidad se contabilicen en la generación. Esta metodología es la exigida por el INE en los inventarios de emisión que realizan los estados de la República. La *Guía* propone que dichas emisiones se contabilicen en el consumo dado que en México, la ubicación,

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

fuentes de energía y tamaño de las plantas de generación eléctrica es una decisión federal y depende, formalmente, de la planeación centralizada del sector eléctrico. Dado que el sistema eléctrico nacional está interconectado en casi todo el territorio nacional con excepción de la península de Baja California, la energía que se genera en una planta en el Sur del país, puede ser consumida por un usuario en el Norte. Por esta razón, es más justo para los estados, que las emisiones de GEI provenientes de la electricidad, se contabilicen a partir del consumo y no de la generación. Asimismo, al contabilizar las emisiones de la electricidad desde el consumo, los estados pueden influir en la mitigación de las emisiones a través de medidas de uso eficiente de la energía eléctrica. Esta diferencia de base de contabilización implica un cálculo adicional simple que se explica en la *Guía*.

2. A diferencia de la metodología del IPCC, los escenarios de emisión de GEI para los estados no incluyen las emisiones provenientes del consumo de energía de la aviación, navegación internacional, ni emisiones fugitivas provenientes de actividades de producción, transformación y transporte de petróleo y gas natural.
3. Metodología para la construcción de escenarios.

Los escenarios de mitigación se construyen a partir de un escenario base, pero considerando acciones de reducción de emisiones de GEI (por ejemplo la incorporación acelerada de tecnologías de uso eficiente de la energía y de fuentes renovables de energía, o acciones de reducción de emisiones en las categorías de cambio de uso de suelo, o residuos). Cada acción de mitigación representa una reducción de emisiones frente al escenario base.

La cuantificación de la reducción de emisiones de los escenarios de mitigación, así como sus costos, se hace explícita en una comparación frente al escenario tendencial o base.

En la construcción de escenarios de emisión del sector energía, cada vez se utilizan más los “modelos de abajo hacia arriba” cuya tesis argumenta que el consumo de energía no es un fin en sí mismo, sino un medio para alcanzar mejores condiciones de vida y cubrir las necesidades de la población. A diferencia de los modelos que parten del consumo agregado de energía para proyectar el

crecimiento futuro, los modelos de abajo hacia arriba parten de los sectores de consumo y en la medida que la información lo permite, de los usos finales de la energía (Goldemberg et al, 1997; Reddy, 1995).

Estos modelos tienen también la ventaja de estimar los impactos en el consumo de energía y las emisiones de GEI, producidos por la sustitución tecnológica o el cambio en el uso de combustibles. Por esta razón, se apegan más al objetivo de los modelos de mitigación de GEI, que buscan calcular las implicaciones de diversas medidas de reducción de emisiones, en las emisiones totales.

Existen diferentes modelos de abajo hacia arriba disponibles como programas de cómputo, por ejemplo el modelo Markal, que fue desarrollado a través de un proyecto multinacional de varias décadas del Programa de Análisis de Energía y Tecnología de la Agencia Internacional de Energía. Otro modelo de este tipo es el llamado LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) desarrollado por el Stockholm Environment Institute. En México, se construyó el Modelo de Energía y Emisiones para México (Sheinbaum y Masera, 2000).

Sin embargo, el desarrollo de un modelo estatal para estimar los escenarios de emisión y de mitigación de GEI del tipo de abajo hacia arriba no es complicado y puede hacerse en un programa de hojas de cálculo. La construcción de un modelo propio ofrecerá la ventaja de estar adecuado a la disponibilidad de información estatal<sup>1</sup>.

En la categoría de procesos industriales y uso de productos no se cuenta con la información necesaria a nivel estatal (producción en unidades físicas o en unidades energéticas de cada rama industrial o cada producto). La forma más sencilla de estimar las emisiones a futuro es haciendo variar la actividad de acuerdo a una tasa promedio de crecimiento anual que estará determinada por el cambio histórico o el esperado.

A diferencia de los sectores energético e industrial, es más difícil definir las metodologías de escenarios base y de mitigación para la categoría de Agricultura, silvicultura y otros usos de suelo. El IPCC también propone funciones matemáticas para estimar la captura de carbono por año en los

<sup>1</sup> El modelo base estará listo para su uso en la red, hacia finales del 2011.

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

sistemas forestales. Los parámetros que se requieren para este cálculo, son muy diferentes a la información necesaria para los escenarios de mitigación. Estas funciones sólo permiten elaborar los escenarios base y los escenarios de captura de carbono.

En el contexto del programa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD) en países en desarrollo, se están redefiniendo metodologías.

La *Guía* presenta un ejercicio de escenarios elaborado por Masera, en Sheinbaum y Masera (2000) así como ejemplos de escenarios. Otros escenarios a nivel nacional pueden encontrarse en el reporte MEDEC.

Tecnologías y medidas para la mitigación de gases de efecto invernadero.

Este capítulo de la *Guía* resume diversas opciones tecnológicas para la reducción de emisiones de GEI y presenta algunos ejemplos. La variedad tecnológica es mucho más amplia y continuará creciendo en la medida que lo hagan las innovaciones.

Las opciones se presentan con más detalle para la categoría de energía, dada su importancia en la emisión de GEI en el país.

Las fuentes de información principales para este resumen son las Perspectivas tecnológicas en energía (Energy Technology Perspectives) de la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2006, 2008 y 2010), el último reporte del IPCC (Sims et al., 2007; Kahn Ribeiro et al., 2007; Levine et al., 2007; Bernstein et al., 2007; Smith et al., 2007; Nabuurs et al., 2007; Bogner et al., 2007). Otras fuentes de información son citadas en el análisis de cada sector.

También se presentan los costos asociados a las tecnologías para cada sector.

**Costos de mitigación.**

Los costos de mitigación o de emisión de CO<sub>2</sub> evitado, no son más que la diferencia entre los costos de inversión, operación y mantenimiento de una tecnología convencional, y los costos de inversión, operación y mantenimiento de la tecnología de mitigación de GEI, considerando el

valor del dinero en el tiempo y la vida de la tecnología; dividido entre las emisiones evitadas por año, gracias al uso de la tecnología de mitigación, como se muestra en la ecuación 2.

$$CCE_i = [A_{mi} - A_c] / [CO_{2c} - CO_{2mi}] \quad (2)$$

Donde:

[A<sub>mi</sub> - A<sub>c</sub>]: Diferencia en “costo anual” del costo de la tecnología de mitigación (inversión, operación y mantenimiento) y el costo de la tecnología convencional (inversión, operación y mantenimiento) y

[CO<sub>2c</sub> - CO<sub>2m</sub>]: Diferencia entre las emisiones anuales de la tecnología convencional y la de mitigación.

Si no se cuenta con el costo de operación se puede asumir éste como el costo del consumo de combustibles.

El concepto de costo anual o anualizado “A” es recomendado como un estándar para la comparación de cada flujo que ocurre en diferentes momentos en el tiempo (UNEP, 1994). La “anualidad” implica calcular flujos de efectivo iguales en cada año con la ecuación 3:

$$A = I * \frac{d}{[1 - (1+d)^{-n}]} + CO_a \quad (3)$$

Donde:

A<sub>i</sub>: Costo anualizado,

I: Costo inicial o inversión,

n: Vida útil de la tecnología

d: La tasa de descuento.

Co<sub>a</sub>: Costo del combustible en un año.

La tasa de descuento es la clave en la comparación del valor del dinero en diferentes momentos del tiempo y puede verse como el costo de oportunidad de realizar una inversión en determinado momento. En diferentes referencias sobre economía financiera o de evaluación de proyectos puede encontrarse una explicación detallada sobre este concepto. Para esta guía se sugiere elegir la tasa de descuento que utilizan las entidades públicas para la evaluación de proyectos de inversión en los estados o a nivel nacional.

La *Guía* ofrece ejemplos de cálculo del costo evitado al utilizar una tecnología eficiente

Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

comparada con el costo de uso de la tecnología convencional o menos eficiente.

Los costos de mitigación pueden ser vistos como un indicador del costo-beneficio. El numerador de la ecuación 2 sería el costo de mitigación y el beneficio estaría dado por la reducción o abatimiento de emisiones de CO<sup>2</sup> del denominador.

Cuando se cuenta con diferentes reducciones por la aplicación de diversas medidas, pueden compararse sus costos y beneficios y con ello orientar las decisiones hacia las acciones más viables bajo ese criterio. También pueden seguirse otros criterios que incluyan otros beneficios ambientales o sociales en la toma de decisiones.

La *Guía* sólo incluye el cálculo y análisis de los costos de mitigación anualizados, dado que es una herramienta fácil y de uso común. Pero la implantación de nuevas tecnologías o de una política determinada implica otros costos adicionales a los costos de inversión, operación y mantenimiento. Tal es el caso de los llamados costos de transacción (que están involucrados en la compraventa de bienes y servicios) o los asociados a las externalidades ambientales o los costos sociales. Existe vasta literatura sobre el tema. En las publicaciones del Instituto Nacional de Ecología pueden encontrarse algunas publicaciones básicas y aplicadas.

De la misma forma que puede estimarse el costo de CO<sub>2</sub> evitado al utilizar una tecnología de mitigación en sustitución de una tecnología convencional, pueden calcularse la suma de los costos evitados de CO<sub>2</sub> por incluir diversas tecnologías que se inscriben en un escenario de mitigación, frente a los costos y emisiones de un escenario base para determinado año.

El costo total de CO<sub>2</sub> evitado de un escenario de mitigación será la diferencia de costos entre las tecnologías o prácticas de mitigación y las tecnologías o prácticas convencionales, como lo muestra la siguiente ecuación.

$$CCEmit = \sum_j [Amij - Acj] / [CO2cj - CO2mij] \quad (4)$$

Donde:

CCEmit: Costo de CO<sub>2</sub> evitado en el escenario de mitigación.

Amij – Acj : Diferencia de costo anualizado

de las tecnologías j (de mitigación y convencional).

CO2cj - CO2mij: Diferencia en emisiones de las tecnologías j (convencional y de mitigación).

Los resultados obtenidos pueden ser representados gráficamente en una “curva incremental de costos” que muestra para cada escenario, la acumulación de las emisiones evitadas de GEI (eje de ordenadas o eje “y”) y los costos incrementales (eje de abcisas o eje “x”) de incorporar una a una, las opciones de mitigación. De esta forma se van sumando de menor a mayor, los costos de cada tecnología y las emisiones evitadas.

**Algunos instrumentos de política para la mitigación de GEI.**

Cada estado y el Distrito Federal, tienen sus propias Leyes o regulaciones ambientales cuyos instrumentos son en general, equivalentes a los de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEPPA) y todos pueden ayudar a la mitigación de GEI. La creatividad de las autoridades locales, aunada al diseño de políticas que promuevan el desarrollo sustentable de sus comunidades y la disminución de GEI, permitirá la continuidad y éxito de los instrumentos aplicados.

Adicionalmente se reconoce que la gestión ambiental no puede abordarse al margen de otros aspectos relacionados con el desarrollo, en consecuencia, para conseguir resultados significativos y duraderos, esos instrumentos deben integrarse con otros para reducir la pobreza y conseguir un desarrollo sostenible (PNUD, 2003).

Mejorar la gestión ambiental precisa de cambios políticos e institucionales que trascienden los sectores y el control por parte de las instituciones medioambientales (como la gobernabilidad, políticas económicas y sociales nacionales y políticas internacionales y de los países ricos). Asimismo, los problemas ambientales deben gestionarse de forma activa como parte del proceso de crecimiento. No se conseguirán mejoras ambientales hasta que no se dé un aumento de los ingresos que aporte mayores recursos para la protección del medio ambiente (PNUD, 2003).

En la *Guía* se recomienda identificar estas limitaciones para el adecuado diseño de políticas e instrumentos que promuevan mejoras ambientales orientadas a alcanzar un futuro con menos carbono.

### Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación

A nivel federal y estatal, existe una historia reciente pero rica, de instrumentos de política ambiental que se han impulsado para preservar los recursos naturales y el medio ambiente. Muy pocas de ellas están orientadas a la mitigación de GEI, sin embargo en muchos casos, al regular actividades que impactan al medio ambiente e incentivar aquellas que lo restauran y conservan, se obtiene abatimiento de emisiones de GEI o aumento de reservorios y captura de carbono. Existe una vasta bibliografía que analiza los instrumentos ambientales y evalúa algunas de sus ejecuciones en México.

La *Guía* ofrece un recuento somero de algunos instrumentos de política ambiental, por ejemplo los Ordenamientos territoriales o ecológicos son de suma importancia en la disminución de los impactos ambientales y pueden incluir componentes de disminución de GEI. Programas sectoriales como los de desarrollo urbano, transporte, vivienda, forestales, etc., pueden contemplar también objetivos ambientales y con ellos, la reducción de emisiones de GEI.

Los PEAC destacan en el marco de la planeación ambiental estatal, por su orientación directa al cambio climático.

Las normas de eficiencia energética ejemplifican los instrumentos normativos federales que influyen en la disminución de GEI. Por su parte, a nivel local destaca la norma de calentamiento solar en el Distrito Federal, o el programa de verificación vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México que además de establecer limitaciones en las emisiones de contaminantes locales, establece consideraciones sobre el rendimiento vehicular (kilómetro por litro de los vehículos) que influye en la disminución del consumo de gasolina y con ello de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Otro instrumento importante por su carácter preventivo es la Manifestación de Impacto Ambiental, que puede incluir acciones de reducción de emisiones de GEI es sus medidas de mitigación de impactos.

El principal instrumento internacional para la reducción de emisiones de GEI entre los países pertenecientes y no pertenecientes al Anexo 1, del protocolo de Kioto, es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) por el cual los países desarrollados pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

dentro de países en desarrollo, y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones aplicables a cumplir con su compromiso de reducción propios.

Otro acuerdo internacional de relevancia para la *Guía* son las NAMAs (Nationally Appropriate Mitigation Actions), mecanismo voluntario para los países en desarrollo, establecido por la CMNUCC en su reunión de 2007 en Bali, y ampliada en las reuniones de Copenhague y de Cancún. Actualmente se están diseñando mecanismos y metodologías que permitan adquirir certificados de carbono por el desarrollo de proyectos dentro de estas acciones. Los nuevos mecanismos dentro de la CMNUCC se estarán definiendo en el corto plazo, por esta razón se sugiere a las autoridades permanecer atentas a los esquemas internacionales que se vayan generando y que se pueden consultar en el sitio de la Convención (<http://unfccc.int/2860.php>).

#### Conclusiones.

La *Guía* integra una base conceptual, metodológica e informativa de apoyo para la construcción de inventarios de emisiones y escenarios de mitigación locales

Adicionalmente permite:

- Reforzar el conocimiento de los factores involucrados en las medidas de mitigación de los PEAC.
- Reconocer las particularidades de cada estado: estructura económica, clima y otras variables que facilitarán la construcción de las líneas base y los escenarios a nivel estatal.

En consecuencia, se espera que se constituya en el documento de referencia para que los gobiernos estatales y del Distrito Federal, desarrollen medidas y políticas para la mitigación de GEI como parte de los PEAC.

#### Fuentes de consulta

IEA. 2010. Energy Technology Perspectives 2010, OECD/IEA, Paris.

IEA, 2011. Heat Pump Program.

[www.iea.org](http://www.iea.org).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006a. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 1. Orientación general y

**Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación**

generación de informes.

Johnson, T. et al. 2009. México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC). Banco Mundial - Mayol Ediciones S.A. Colombia.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2003. Informe de Desarrollo Humano 2003.

Reddy A. 1995. The DEFENDUS approach to integrated energy planning. Energy for Sustainable Development II. 3.

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.

## Las azoteas verdes como un sistema de captura de carbono y contaminantes en zonas urbanas.

Olmo Sour Estrada<sup>1</sup> Eréndira Arellano Leyva<sup>1</sup> Alejandro Monroy Colín<sup>1</sup> Guillermo González Sánchez<sup>1</sup> Jean García Arnaud<sup>1</sup> Jerónimo Reyes Santiago<sup>2</sup> y Margarita Collazo Ortega<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias. Laboratorio Desarrollo en Plantas. UNAM

<sup>2</sup>Instituto de Biología. Jardín Botánico. UNAM

### Introducción

El cambio climático es un fenómeno que afecta a toda la Tierra, con mayor gravedad en algunas regiones. La contaminación provocada por diversas emisiones es la causa principal. Este problema, que se genera en gran proporción por países desarrollados, y que tiene sus efectos en otros con bajas emisiones, requiere de la toma de medidas urgentes. Desafortunadamente el Protocolo de Kioto no ha sido aceptado por países, como Estados Unidos de Norteamérica y China, con altas emisiones de contaminantes. En contraposición, muchos países e instituciones internacionales y nacionales, han venido tomando medidas de diversa naturaleza para garantizar un mejor futuro.

Los problemas generados en las grandes urbes, como en la Ciudad de México y su zona conurbana (Zona Metropolitana del Valle de México, ZMVM), por el desmedido aumento de la población y consiguiente urbanización, industrialización, aumento del parque vehicular, y el cambio del uso del suelo, ha convertido zonas verdes en concreto y cemento, lo que ha provocado una disminución en los beneficios ecosistémicos que prestan las áreas verdes como, el incremento en la concentración de bióxido de carbono y de contaminantes en el aire, que caen con el agua de lluvia. Además, la conversión de suelo en concreto provoca que las zonas de absorción del agua de lluvia sea menor, el bajo albedo provoca el efecto "Isla de Calor Urbano" y se generen problemas de contaminación en el drenaje urbano.

El presente trabajo analiza la capacidad de las azoteas verdes para mejorar la calidad del aire, tanto en la captura de carbono, como de algunos contaminantes presentes en el agua de lluvia.

### Antecedentes

El Distrito Federal (D.F.), es la segunda entidad con mayor población de México, después del Estado de México (EdoMex), con 8,851 080 habitantes (95% urbana y 5% rural). Ocupa una extensión de 1,485 km<sup>2</sup>, el 0.1% del territorio nacional; se divide en 16 Delegaciones. Es considerada una megaurbe ya que se le asocian varios municipios del EdoMex, que conforman a la zona conurbada o Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). La conformación de ésta ha ido variando, en 1990 se definió que abarcaba 16 delegaciones del D. F. (sin contar zonas de suelo conservado, ubicadas principalmente al sur) más 38 municipios del Estado de México.

En 2010, se considera a 5 municipios como los más importantes por ser los que lo rodean al D.F. (Tabla 1; INEGI, 2010). Considerando estos datos, el incremento poblacional de 2000 a 2010 es de 2.8% y 1.6%, para el D.F. y los 5 municipios, respectivamente. Estos datos por si mismos no explicarían la causante del incremento en las emisiones de contaminantes. Sin embargo, si lo es el aumento del parque vehicular (en 2005 se registraron 2 699 384 vehículos en la zona sin incluir autos y camiones de uso oficial; INEGI, 2006), y las industrias.

El Estado de México tiene una extensión de 22, 357 km<sup>2</sup> y 15,175,862 habitantes (alrededor del 14% del total del país), de los cuales el 87% habita en zonas urbanas y el 13% en zonas rurales. En conjunto con el Distrito Federal, tienen una población de 24, 026 942 habitantes (INEGI, 2010). Por ello es posible que se acepte la más reciente definición de la ZMVM que integra a 59 municipios mexiquenses más 1 hidalguense y el D. F. en su totalidad. Incluso se ha considerado como una megalópolis que

abarca las zonas metropolitanas de Toluca, Puebla, Pachuca, Cuernavaca y Tlaxcala, vinculadas íntimamente con la Ciudad de México por su posición geográfica y sus relaciones económicas, políticas y sociales.

La mayor concentración de la población en el D.F. no tiene correspondencia con la distribución de las áreas arboladas, las que se concentran en la zona sur, y lo que hasta hace poco se consideraba zona de suelo conservado. Existen escasas zonas con parques, bosques y jardines (INEGI, 2005), que constituyen manchas dispersas en la Ciudad, otras con nula o escasa vegetación, y otras que combinan zonas arboladas con no arboladas. El 20.4% del suelo urbano está cubierto por áreas verdes públicas y privadas. En estadísticas previas la estimación de la superficie de áreas verdes era del 7.3 % del suelo urbano; la diferencia estriba en que no se incluían las áreas privadas, las pequeñas áreas verdes que no cuentan con ningún tipo de manejo, ni las zonas de barrancas en suelo urbano, entre otras. Este porcentaje global de áreas verdes para el D.F. varía de un 4.5 % en Benito Juárez, Delegación pequeña en superficie y de alta densidad urbana, hasta un 40.2 % de áreas verdes en Álvaro Obregón donde se ubican la mayor parte de las zonas de barrancas en suelo urbano.

De acuerdo al inventario de áreas verdes de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (2009) existen 15 parques prioritarios, definidos por la Ley de Salvaguarda del Patrimonio Urbanístico Arquitectónico del Distrito Federal como un espacio abierto jardinado, de carácter público cuyo objetivo es elevar la calidad de vida de los habitantes (GODF, 2000). La misma Secretaría considera que es incuestionable la importancia de las áreas verdes dentro de la Ciudad de México por las múltiples e indispensables funciones que realizan; sin embargo, una insuficiente planeación, mantenimiento, gestión y legislación, tanto en su establecimiento como en su conservación y protección a lo largo de décadas, han generado que las áreas verdes urbanas confronten numerosos problemas que han derivado en la disminución de la calidad de los servicios ambientales y sociales que estos espacios brindan a la ciudad. Para revertir esta problemática es necesario proponer estrategias viables que permitan llevar a cabo una buena planeación y ejecución de las labores en estos espacios públicos que permitan contar con áreas verdes más agradables, seguras y que brinden los máximos servicios ambientales a la Ciudad de México.

Tabla 1. Población del Área Metropolitana (INEGI, 2010)

	2000	2010
<b>D.F.</b>	8,605,239	8,851,080
<b>Estado de México</b>		
Ecatepec de Morelos	1,622,697	1,656,107
Naucalpan de Juárez	858,711	833,779
Nezahualcóyotl	1,225,972	1,110,565
Tlalnepantla de Baz	721,415	664,225
Valle de Chalco Solidaridad	217,972	357,645
<b>TOTAL</b>	<b>13,252,006</b>	<b>13,473,401</b>

Las severas alteraciones hidrológicas y ecológicas en el D.F. y la ZMVM por la urbanización, han provocado cambios en las condiciones climáticas, a nivel regional y microregional. Prácticamente  $\frac{3}{4}$  partes de los bosques de coníferas y encinos han desaparecido y se ha desecado casi la totalidad de los lagos, mientras que dos tercios de sus tierras no urbanizadas presentan un avanzado proceso de erosión (Jáuregui *et al.*, 2000). Algunos de los factores que afectan la concentración de metales y otros contaminantes del aire en la Ciudad de México son: estancamiento del aire debido al entorno montañoso que constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes; atmósfera muy estable; abundante radiación solar, lo cual favorece la formación de contaminantes fotoquímicos; formación de líneas de confluencia sobre la cuenca de la Ciudad.

La contaminación por tóxicos ambientales es uno de los problemas más importantes que afectan los ecosistemas y surge como resultado de la adición excesiva de cualquier sustancia al medio ambiente (Fernández *et al.*, 2006), ocasiona la pérdida de biodiversidad global y puede afectar de forma

irreversible la estructura y función de los ecosistemas, tales como los ciclos biogeoquímicos. Se ha reportado que la capacidad de los ecosistemas para asimilar los contaminantes generados por las actividades humanas es limitada, lo cual pone en riesgo su capacidad productiva (CCA, 1997; Romero, 2006).

Se conoce ampliamente que las azoteas verdes producen beneficios ecosistémicos, pero existe poca información científica sobre resultados concretos de cuanto y cómo se reducen los efectos negativos del ambiente en áreas con poca o nula vegetación, y/o contaminación. En México esta información es prácticamente nula. Concretamente, se requiere conocer la capacidad de las especies que se utilizan en las azoteas verdes sobre cuanto y a qué velocidad crecen en altura y cobertura y cuál es su capacidad de captación de CO<sub>2</sub>, y de esta manera saber en qué proporción contribuyen a disminuir las "Islas de Calor Urbano", al aislamiento térmico. Respecto a la azotea en su conjunto, sustrato y plantas, se debe conocer cuánta agua captan; cuál es la pérdida de agua por escorrentía y su calidad para usos potenciales; así como el posible contenido de contaminantes y la captación, filtración y retención de partículas.

### Propósito de las investigaciones

Determinar, desde una perspectiva ecofisiológica, la capacidad de captura de carbono y de retención de contaminantes atmosféricos (hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados).

### Metodología

Sitio de Estudio: Dos edificios de colecciones del Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM. Ubicados en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA)

1) Capacidad de captura de carbono. Instalación de dos azoteas verdes extensivas (AVE) en un área de 45m<sup>2</sup>. Colocación de 9 capas, desde un primario relleno con base agua (polímero polar comercial utilizado para rellenar espacios), impermeabilización, hasta el sustrato. Especies estudiadas: *Sedum dendroideum* y *S. rubrotinctum* (Crassulaceae). Corte de esquejes, desinfección, enraizamiento, plantación. Medición de captura de carbono en una azotea (IRGA, Qubyt Systems) por períodos de 24 h, cada 4 h, durante 10 meses. Se

midió también en otra azotea la altura, cobertura, succulencia y biomasa de las plantas.

2) Capacidad de retención de contaminantes atmosféricos: hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y metales pesados. En una AVE de 11 años de instalación. Principales especies presentes: *Sedum* sp., *Echeveria* sp., *Mammillaria* sp., *Opuntia* sp. y *Agave* sp. Instalación de tubería PVC, colocación de envases de vidrio y plástico en el techo y tubería para coleccionar agua de lluvia en el techo y de escorrentía. Muestreo de 24 y 48 h durante dos meses de la precipitación pluvial y de escorrentía para determinar: pH, y en 12 eventos de precipitación 16 HAPs por cromatografía de gases (naftaleno, acenafteno, acenaftileno, fluoreno, (bajo peso molecular, fase gaseosa); fenantreno, fluoranteno, pireno (mediano peso molecular, fase sólido-gaseosa) y criseno, benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno (alto peso molecular, fase sólida), y 6 metales pesados espectrometría de absorción atómica (cadmio, níquel, manganeso, plomo, cobalto y cromo) en el agua de lluvia y la infiltrada.

### Resultados

Capacidad de captura de carbono. En la Figura 1 se presentan los resultados para los meses de noviembre a julio. Las especies presentaron un comportamiento CAM típico. No hubo diferencias significativas entre ellas. La mayor absorción se realizó a las 6 h, en una época de meses fríos y secos, momento en el que hay una mayor concentración de contaminantes. El total de carbono captado por las 72 plantas fue 150 000 ppm en *S. dendroideum* y de 100 000 en para *S. rubrotinctum* (Fig. 2). Esta información permite realizar prospecciones para una determinada área.

Crecimiento. *S. dendroideum* presentó mayores valores de altura, diámetro y formación de ramas (Fig. 3); la diferencia entre los 30 y 323 días lo ratifica, entre ambas especies el índice fue más grande para la altura.

Los resultados de captura de carbono y de crecimiento señalan que *S. dendroideum* es la mejor para ser utilizadas en las AVE, ya que su eficiencia por unidad de área es superior.

Figura 1. Captura de carbono durante un ciclo de 24 h para *S. dendroideum* y *S. rubrotinctum*.

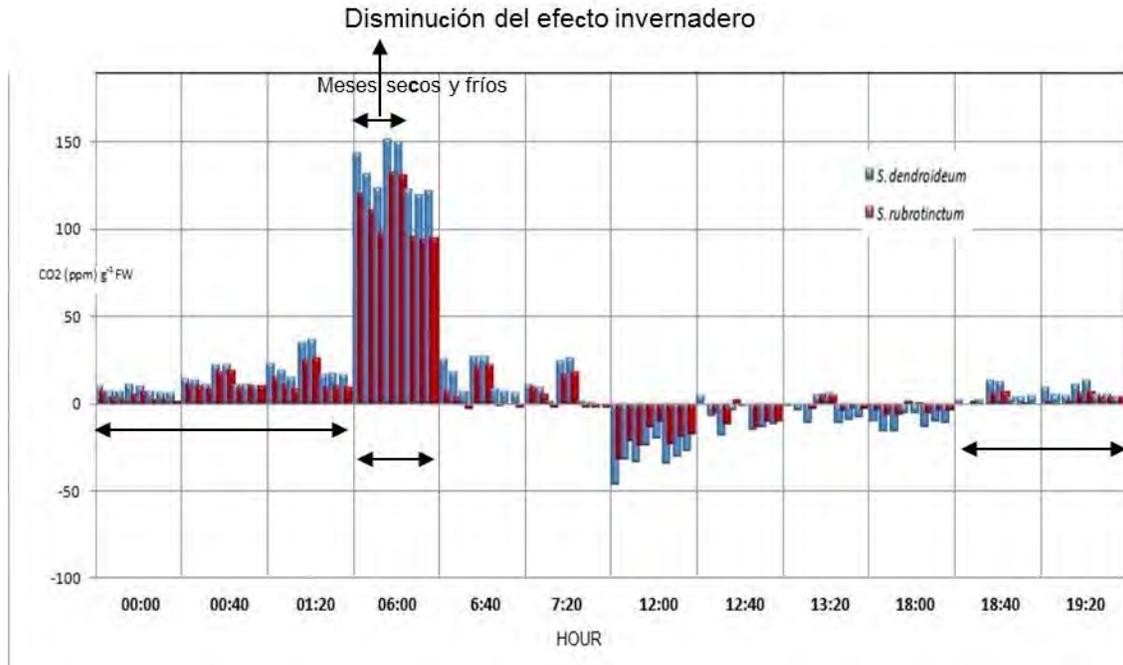


Figura 2. Captura de carbono por 72de cada especie plantas por mes (superior) y el total para cada una de las especies

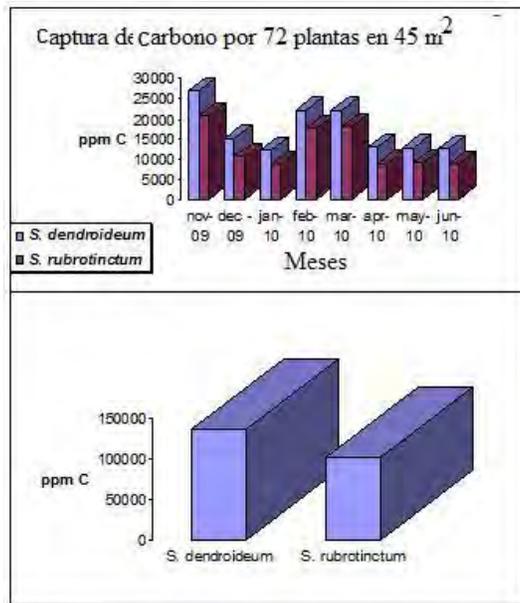


Figura 3. Crecimiento de ambas especies a los 30, 60, 90 y 323 días: altura, diámetro número de ramas. *S. rubroinctum* (izquierda), *S. dendroideum* (derecha).

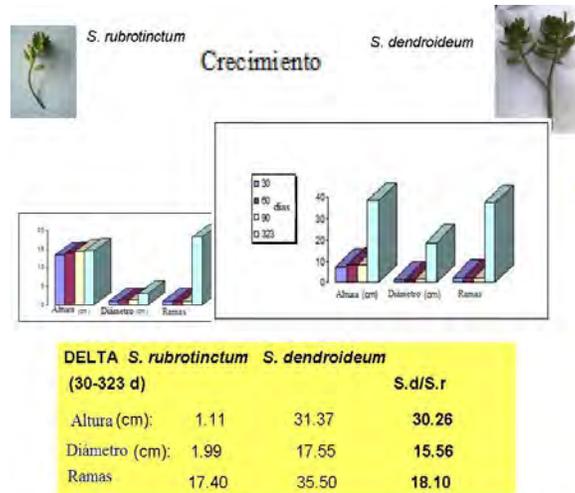


Figura 4. Comparación del volumen de precipitación capturada en la azotea verde del Jardín Botánico y el registrado por la Estación Meteorológica del CCH-Sur en litro por metro cuadrado (mm).

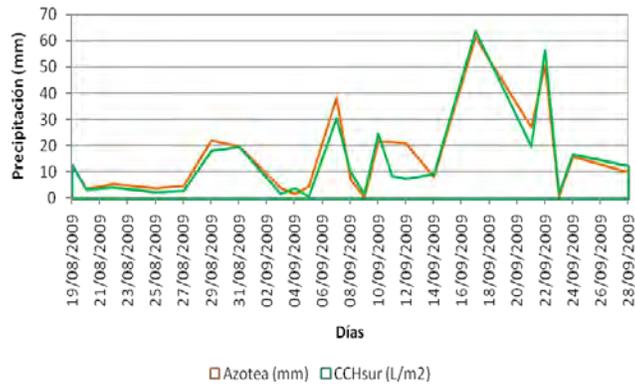
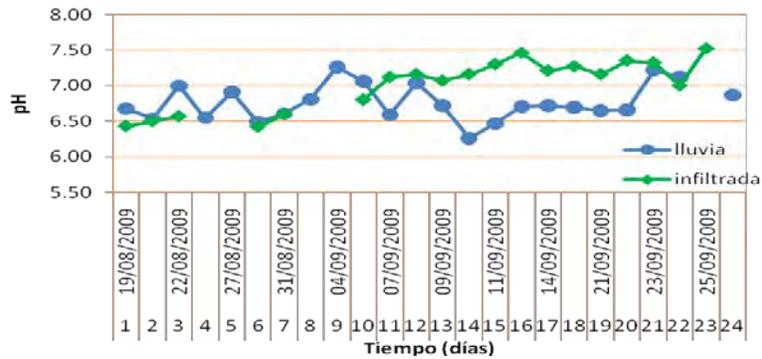


Figura 5. pH del agua de precipitación e infiltrada

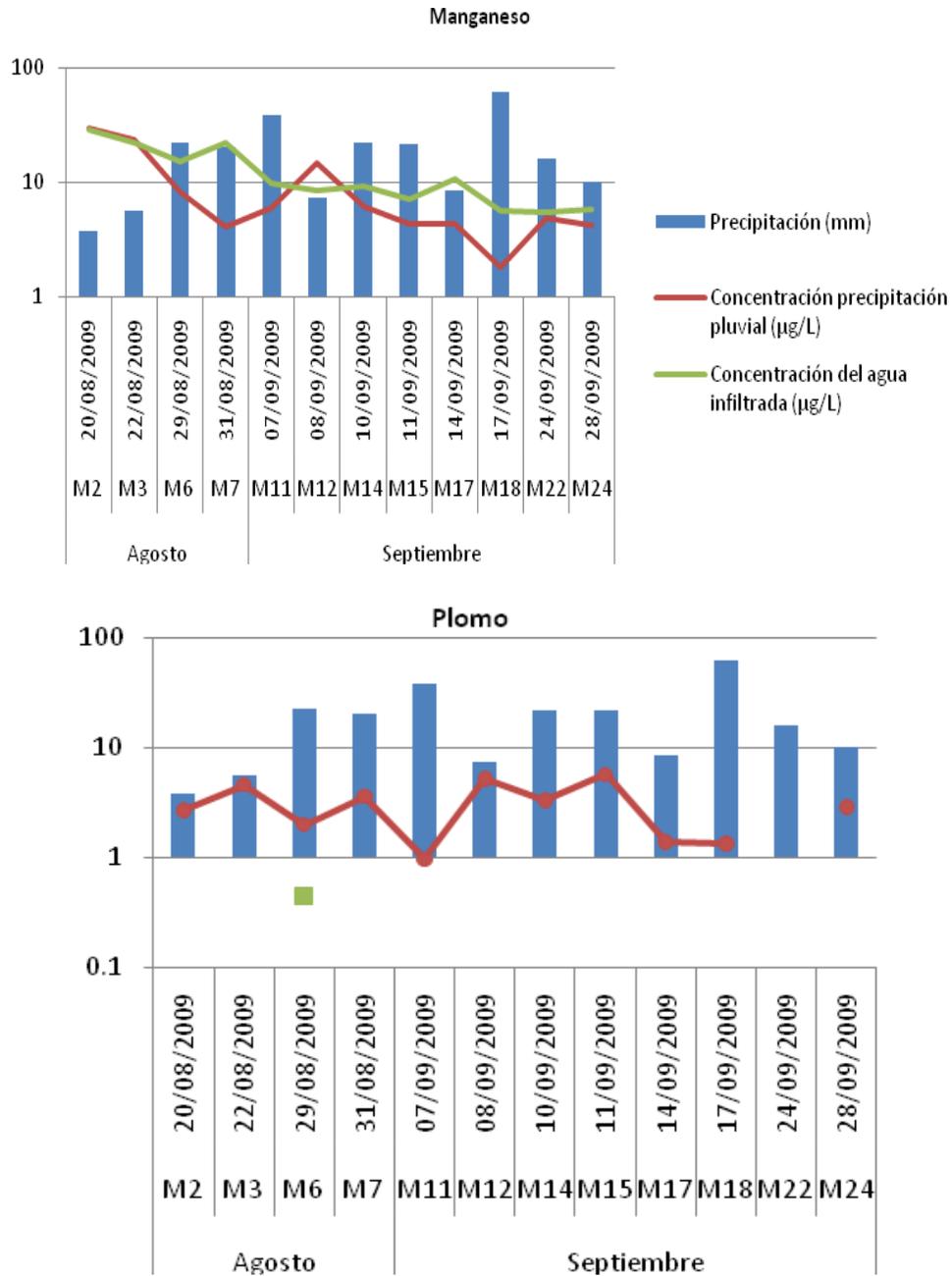


**Primer Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático**  
**Sección III: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Mitigación**

Figura 6. Precipitación (mm) y concentración (ppb) de los HAP's de bajo peso molecular (arriba), mediano peso molecular (en medio) y alto peso molecular (abajo) en agua de lluvia e infiltrada, por muestra en log10. En azul la precipitación, rojo la concentración en agua de lluvia y en verde en la infiltrada.



Figura 7. Precipitación (mm) y concentración (ppb) de manganeso y plomo en agua de lluvia e infiltrada, por muestra en log10. En azul la precipitación, rojo la concentración de agua de lluvia y en verde la infiltrada por mes.



Capacidad de captura de agua de lluvia. En la Figura 4 se presentan los datos del volumen de precipitación captado en la AVE. Los datos se compararon con los de la Estación Meteorológica

del CCH-Sur (la más cercana al sitio de estudio) durante agosto y septiembre del 2009. Se observó una gran similitud entre ambos registros, lo que comprueba la efectividad del método empleado

**pH.** Los valores en las muestras de lluvia e infiltrada indican una ligera tendencia a valores neutros en el agua infiltrada, lo que se manifiesta más en el mes de septiembre. Los resultados señalan que hay neutralización de deposiciones ácidas (Fig. 5).

#### **Capacidad de captura de HAPs.**

De los HAPs de bajo peso molecular, se detectó que el naftaleno fue el compuesto con mayor concentración en el agua infiltrada y que el fluoreno fue el único compuesto en donde la concentración en agua infiltrada no supera el agua de lluvia. En los de mediano peso molecular el fenantreno, fluoranteno y pireno, fueron los de mayor concentración en el agua de lluvia de los 16 HAPs analizados.

De los compuestos de alto peso molecular, él que mostró mayor concentración en el agua de lluvia fue el benzo(b)fluoranteno, mientras que los demás tienen valores del 50% respecto al anterior; en el agua infiltrada las concentraciones son muy pequeñas, e incluso en la mitad de las muestras están debajo del límite de detección del equipo. En la Figura 6 se presentan las gráficas de dos tipos de HAPs por peso molecular y solubilidad. Se observó un patrón positivo (correlación) entre la precipitación y la concentración de los HAPs, esto puede deberse a sus fuentes de emisión en la Ciudad de México.

Capacidad de captura de metales pesados. Se analizó la concentración de 6 metales: El Mn en el agua infiltrada superó en varios eventos la concentración de la precipitación, que puede ser causa de su acumulación en el suelo proveniente del aire y lluvia. En el Pb se distinguió claramente que la concentración es mayor en la lluvia, esto puede deberse a que en la zona urbana hay un abundante número de automóviles, que son la fuente de emisión del plomo a la atmósfera. En cambio, el cromo presentó concentraciones más altas en el agua infiltrada que se puede atribuir a la solubilidad del elemento en condiciones naturales. La concentración de los metales pesados en el agua de lluvia no presenta ninguna correlación con la precipitación como en el caso de los HAPs. En la Figura 7 se presentan las gráficas de 2 metales pesados.

#### **Conclusiones.**

Las AVE son sistemas eficientes en la captura de carbono, HAPs y plomo. Por lo que su implementación debe ser considerada seriamente por las instancias gubernamentales, ONGs y particulares para mejorar la calidad del ambiente

#### **Fuentes de consulta**

CCA. 1997. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Rutas continentales de los contaminantes. Hacia una agenda para la cooperación en materia de transporte a grandes distancias de la contaminación atmosférica en América del Norte. Disponible en: [www.cec.org/Storage/33/2429\\_rutasContaminantes.pdf](http://www.cec.org/Storage/33/2429_rutasContaminantes.pdf).

Fernández-Zacarías A., E. González-García, R. Patiño-Arroyo, F.J. Luna-García y G. de la Rosa-Álvarez. 2006. Emprendiendo la fitorremediación en México. Tercer encuentro "Participación de la mujer en la ciencia". León, Guanajuato, México. Disponible en: [www.cio.mx/3\\_enc\\_mujer/files/extensos/.../S1-BYQ11.doc](http://www.cio.mx/3_enc_mujer/files/extensos/.../S1-BYQ11.doc).

GODF (Gaceta Oficial del Distrito Federal). 2000. Ley Salvaguarda del Patrimonio Urbanístico Arquitectónico del D. F. Gaceta Oficial del Distrito Federal el 13 de abril del 2000.

INEGI (Instituto Nacional de Geografía e Informática). 2005. II Censo de Población y Vivienda. México

INEGI. 2006. Cuaderno Estadístico de la ZMVM.

INEGI. 2010. Censo de población y vivienda.

Jáuregui O. E. 2000. El clima de la Ciudad de México. 1ra ed. Editorial Plaza y Valdés. México, Distrito Federal.

Romero L. P. 2006. Cambio ambiental global: ¿Nuevos desafíos a viejos problemas? Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Disponible en: [rci.net/globalizacion/2006/fg644.htm](http://rci.net/globalizacion/2006/fg644.htm).

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Dirección de reforestación urbana, parques y ciclovías. Disponible en: [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx).

## **Sección IV**

# **Aspectos Sociales, culturales y comunicación**



## Mapeo de la investigación mexicana sobre cambio climático: antecedentes y propuesta.

Antonio Arellano Hernández

Instituto de Estudios sobre la Universidad  
Universidad Autónoma del Estado de México

### Los estudios del potencial de investigación mexicano sobre el cambio climático

De conformidad con los compromisos asumidos por el gobierno mexicano en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (ONU, 1992), el Instituto Nacional de Ecología (INE) en su calidad de instrumentador de la política pública sobre cambio climático ha promovido la realización de tres estudios sobre el potencial de investigación sobre CC en México.

El primer diagnóstico fue realizado conjuntamente por la Secretaría de Investigación y Desarrollo (SID), el Instituto de Ingeniería (II) y el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), todos de la UNAM en 2001 y se denominó "*Potencial de la Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Cambio Climático en México*" (SID-UNAM, 2002). El segundo, fue el "*Inventario de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México*", realizado en el ITAM EN 2005 (Romero y Romero, 2006). Finalmente, el tercero denominado "*Actualización del padrón de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de variabilidad y cambio climático en México*", desarrollado en la UAM-Azcapotzalco en 2008 (Múgica, 2008).

En estos estudios se ha diagnosticado, a fin de cuentas, la capacidad mexicana de investigar la mitigación, vulnerabilidad y la adaptación al llamado cambio climático. Luego entonces, estamos justamente enmarcados en el dominio cognoscitivo de la tetrada conceptual dominante sobre el cambio climático a nivel mundial, vulnerabilidad, adaptación y mitigación (faltaría observación, aunque los diagnósticos lo han contemplado) establecidos por el IPCC (2001).

Desde el momento que los estudios emplean las categorías del IPCC ocurre una extensión de la clasificación implícita y explícita de la organización del objeto de estudio primigenio (del IPCC) y la información producida es una reiteración de la organización del saber del IPCC y una prolongación del conocimiento en nuevos espacios, en este caso, la expresión del conocimiento del IPCC sobre la investigación mexicana sobre cambio climático.

### Mapeo de la investigación en cambio climático desde la perspectiva del investigador

En nuestro caso, hemos intentado conocer la investigación mexicana sobre cambio climático tomando en consideración la perspectiva del investigador y la posibilidad de representar los vínculos heterogéneos que ocurren en las pesquisas.

Para tal fin, en nuestro trabajo empleamos el inventario de contactos del estudio de Múgica (2008) para aplicar un formulario centrado en la perspectiva del encuestado que nos permitiera explotar los datos en el software de mapeo RL. Para lo cual, preparamos un formulario en el que los investigadores deberían anotar las principales características de su actividad en términos disciplinarios, conceptuales y metodológicos, de prácticas de investigación, divulgación, docencia y productividad académica, aunado a la formación general de los contactos. Sin embargo, sólo obtuvimos 74 formularios, lo que nos impidió tener representatividad de alguna entidad definida y la explotación mapeo resultó insuficiente cuantitativamente.

Debido a la escasa capacidad de convocatoria para responder el cuestionario enviado, nuestra indagación empírica no alcanzó la magnitud de

datos deseada; sin embargo hemos avanzado en la concepción metodológica del estudio de la capacidad de investigación.

Tomando en cuenta esta limitación estadística, a continuación presentamos los resultados relevantes para el análisis metodológico tanto de la capacidad de investigación en general, como una exploración para el conocimiento de la potencialidad de investigación mexicana en cambio climático.<sup>1</sup>

De acuerdo con nuestra encuesta es posible analizar la visibilidad del nivel académico y del reconocimiento nacional de investigación (SNI) de la población encuestada en relación con la agrupación institucional de los investigadores (Figura 1).

De igual manera es posible identificar las identidades institucionales que permiten caracterizar la capacidad institucional para conducir, administrar y gestionar los proyectos de investigación sobre CC (Figura 2). Por ejemplo, en la imagen puede apreciarse que institucionalmente existen dos figuras principales para el desarrollo de la investigación, el de investigador y el de profesor-investigador y cada una de ellas significa un distinto matiz en la capacidad de investigación institucional.

Desde el momento que se pregunta a los contactos sobre su afiliación conceptual y metodológica, el abanico de respuestas se amplifica, pero las posibilidades adquieren mayor riqueza y representación de las actividades concretas de investigación que realizan los encuestados evocadas por ellos mismos.

En el caso que nos ocupa, se aprecia que con pocos formularios respondidos han proliferado las interacciones entre los diferentes dominios cognitivos, disciplinas y subdisciplinas identificadas por los investigadores. El dominio cognitivo más visible ha sido el de Ciencias de la Vida, él pone en relación a disciplinas como la Biología la Botánica y aún la Medicina.

El término Cambio Climático es reiterado como dominio cognitivo, sub y disciplina. Desde la perspectiva institucional, la UNAM se vuelve visible en 5 categorías variadas (Figura 3).

<sup>1</sup> Antes habíamos desarrollado un trabajo de capacidad de innovación tecnológica en una universidad mexicana (Arellano, 1996) y más recientemente el estudio de la investigación en Ciencias básicas de la Universidad de Costa Rica (Arellano y Jensen, 2006).

Por otra parte, mapeando la información de la representación conceptual de los dominios científicos mediante la expresión de palabras clave por parte de los investigadores, resultan líneas semánticas que expresan frases de significación desarrolladas en las instituciones. Así resulta interesante seguir las cuatro líneas de significatividad que se despliegan de los términos empleados por los investigadores de la UNAM, pero no menos interesante resultan las líneas de significatividad del CICESE, de la UVeracruzana o la UASLPotosí, en la identificación del potencial de investigación institucional en sí mismas pero en el potencial de colaboración sobre temas cercanos o comunes como se aprecia en las redes semánticas más ramificadas (Figura 4).

Mientras tanto, cuando se mapean los métodos evocados por los investigadores contactados, aparece la metodología del IPCC como el método más empleado pero se encuentra relativizado por otros métodos evocados por los encuestados.

La riqueza y variedad de método que actualmente aplican los investigadores de ciencias de la vida, sociales, humanas e ingenierías, reflejados en el mapa dan cuenta de la gran potencialidad científica de la investigación mexicana en general y sobre el CC en particular.

Las ramificaciones de la UNAM, la UVeracruzana, la UASLP y el CICESE así lo visualizan (Figura 5). En este sentido lo importante es vislumbrar la capacidad de investigación mexicana y como esta se puede expresar para el estudio del CC.

Otro elemento importante en la capacidad de investigación consiste en la colaboración intra e interinstitucional. Las sinergias institucionales incrementan en numerosas ocasiones la capacidad de investigación de una institución o país, en el caso que hemos analizado se encuentran instituciones más proclives a la colaboración, tal es el caso de la UNAM, pero se aprecia que las únicas instituciones que interactúan son el CICESE y la UABC (Figura 6); esto significa que investigadores de cada una de las instituciones evocaron tener relaciones con la otra, situación que no ocurre con otras instituciones de la pequeña encuesta realizada. Lo importante es destacar estas intercolaboraciones para el diseño de políticas públicas de investigación en México y en las que las relacionadas con el CC pueden servir de incentivo.

Por su parte, la producción certificada de las instituciones e investigadores ha sido uno de los elementos importantes para juzgar la capacidad de investigación del nivel analizado. Las publicaciones de artículos arbitrados es una señal del nivel de investigación, en este sentido podemos apreciar que la mayor parte de instituciones no han publicado artículos arbitrados en los últimos diez años (periodo especificado de la encuesta), es posible que una explicación sea que los temas consultados sean relativamente novedosos o bien, que el perfil institucional se haya vertido en otro tipo de producciones. En todo caso, hay investigadores de instituciones aparentemente pequeñas como la UAEMor (Figura 7) que tienen cuatro artículos publicados, lo que muestra un buen potencial de investigación en esta institución o refleja su ya desarrollada capacidad. Algunos investigadores de la UNAM, la UVeracruzana y la UASLPotosí han publicado más de 4 artículos arbitrados en los últimos diez años.

Otra fuente importante de visualización de la investigación es la publicación de capítulos de libro y libros; en el caso que nos ocupa, se aprecia que sólo el IPN y la UNAM han publicado más de cuatro capítulos (Figura 8) y de libros un investigador reporta haber publicado más de cuatro libros y otros de la UAEMor y la Veracruzana reportan haber publicado 3 libros (Figura 8). Esto da una idea de ciertos investigadores ubicados en las universidades referidas que tienen una alta capacidad de investigación sobre el CC.

Asimismo, las ponencias presentadas por los encuestados en el plano internacional sobresalen aquellos que no han presentado y luego aquellos que han presentado más de cuatro (Figura 9).

A los contactos se les consultó sobre las ponencias en el plano local, estatal, regional, nacional e internacional pero acá sólo mapeamos las últimas. Sin embargo en un estudio más amplio podría explorarse la difusión de resultados sobre estudios sobre el CC en los espacios mencionados.

En definitiva, las otras entidades que valdría la pena indagar corresponden con el análisis reticular de la participación de los contactos en programas docentes en todos los niveles profesionales de formación de las personas, así como la participación en estancias de investigación, desarrollo gubernamental y empresarial.

Desde nuestro punto de vista, lo importante en el estudio de la capacidad de investigación se basa en

datos y análisis que muestren los vínculos heterogéneos que permitan que los actores involucrados puedan aprehender del conjunto de los estudios, de los otros actores y de las relaciones que sustentan la capacidad de investigación.

### Conclusiones y propuesta

Cada estudio implica implícita o explícitamente un enfoque epistemológico que se expresa en las categorías ordenadoras que se emplean. Desde esta perspectiva, observamos que los tres trabajos previos emplean un repertorio de categorías proveniente del bagaje oficializado por el IPCC para analizar el fenómeno del CC. Este uso e instrumentalización ha sido para nosotros, en sí mismo, el objeto de estudio principal en este trabajo.

Los trabajos anteriores se han centrado en los recursos humanos e institucionales de la investigación. Nos parece que los estudios deberían analizar también las condiciones materiales de los laboratorios de investigación así como los aspectos simbólicos que sincronizan la investigación (ver: Arellano, 1996). Consideramos que un enfoque que conjugue estos elementos podría ayudar a esclarecer la potencialidad reticular de la investigación sobre cambio climático en México.

El tema epistemológico es relevante si tomamos en consideración que las categorías que se emplean en los análisis permiten el acceso al mundo, prefiguran la organización de los datos y la estructura de la información y dan forma a los conocimientos subsecuentes. La utilización de determinadas categorías y enfoques epistémicos representa una forma de extender y profundizar ciertas forma de pensar, de elaborar conocimientos y de uniformizar el estado cognoscitivo colectivo para seguir accediendo al mundo de formas relativamente preestablecidas.

Específicamente, en los estudios que hemos analizado, se adquieren las categorías con las que de manera oficiosa se han estado empleando en el estudio del fenómeno del CC, estas categorías tienen una estructura consistente en tres momentos; primero el estudio del fenómeno del CC en sí mismo (Observación), le sigue el estudio de los efectos del fenómeno en distintos ámbitos (Vulnerabilidad) y, finalmente las respuestas que los hombres pueden ofrecer al fenómeno (Mitigación). Estas categorías organizan la producción de conocimiento general y son enriquecidas de infinidad de maneras específicas pero guardando la estructura matricial.

La organización cognoscitiva anterior ha estructurado los estudios parafraseando a Bourdieu (Bourdieu, 1976) de manera tal que las categorías funcionan en calidad de filtros por los que la diversidad cognoscitiva de los investigadores bajo estudio debe ser reorganizada. Dos instancias cognitivas deben sincronizarse, la organizadora de los estudios de los investigadores y las de los mismos consultados. Los tres estudios corresponden con la primera perspectiva, la cual no está mal pero puede complementarse con otra que se acerque más a estudiar la mirada del investigador consultado; esta es la perspectiva que se encuentra ausente en los estudios a los que nos hemos referido en la primera parte del texto.

En este sentido, recuperar la perspectiva de la persona consultada puede hacer visibles ciertas categorías puestas en escena por los actores mismos, esto lo saben quiénes han realizado estudios etnográficos y bibliométricos, entre otros.

El uso generalizado de palabras clave en los recursos bibliográficos y administrativos de la investigación ha permitido dar cuenta sencilla y algorítmicamente de la organización del conocimiento institucionalizado (Tichit, 1999; Mogoutov, 1998; Callon y Courtial, 1995), y los antropólogos han dado cuenta de la perspectiva del entrevistado desde hace mucho tiempo.

Por ejemplo, en los estudios las categorías que institucionalizan la práctica de los académicos en el mundo, tales como *campo de conocimiento*, *disciplina*, *objeto de estudio*, *método de estudio* y otras con las que los contactos se identifican profesional e institucionalmente no aparecen en los tres estudios analizados.

Por otro lado, las dificultades técnicas se vuelven desafíos epistemológicos que cuando son aplicados en el estudio del conocimiento del cambio climático obstaculizan esclarecer problemas como la determinación de si el cambio climático es un dominio de conocimiento o un problema de investigación. La organización temática del IPCC ha convertido el CC en un dominio de conocimiento en el que la organización cognoscitiva convencional ha quedado supeditado a las categorías derivadas del Panel; sin embargo en el plano de la investigación concreta de los científicos ocurre que no necesariamente toman el cambio climático como objeto de estudio sino como vehículo para el estudio de sus propios temas o bien, al contrario que estudiando algún fenómeno particular sobre el que pueda afianzarse cierta positividad sirva para

evidenciar o no el cambio climático. En general, la ausencia de la perspectiva del investigador consultado impide reconocer que las positividad de sus investigaciones aluden a un sistema de evidencias que no necesariamente permiten empíricamente mostrar o no el cambio climático sino la correlación de un sistema de variables diseñadas en términos de independencia y dependencia, sólo pueden dar cuenta de relaciones entre ellas mismas pero no dar cuenta de las causas o efectos del cambio climático.

Pero tomar causa por la recuperación de la opinión de los encuestados tiene sus propios desafíos. Se requiere estar cierto que se dispone de una tecnicidad analítica, en este caso informática, que permita analizar grandes bases de datos heterogéneas y que la información pueda presentarse como evidencia gráfica para darle consistencia y veracidad al enfoque.

También se requiere que el propio encuestado tome la palabra y se exprese en esos marcos menos restrictivos para que tome sentido la inversión metodológica. En nuestra encuesta tuvimos resuelto el problema técnico pero no la capacidad de convocatoria que nos permitiese convencer a los investigadores de verter sus opiniones.

En todo caso, con los datos de las 74 encuestas recibidas hemos presentado la potencialidad de la investigación mexicana sobre el CC, en las gráficas que presentamos puede apreciarse las posibilidades analíticas e interpretativas derivadas del mapeo de los datos del formulario.

Finalmente, deseamos que los nuevos estudios sobre la capacidad de investigación mexicana sobre el cambio climático puedan verse enriquecidos con el estudio del sustento material de la investigación, de su sincronización teórico-epistemológica y que pueda incrementarse la recuperación de la perspectiva del investigador encuestado para no ser presa de las categorías apriorísticas que preforman el conocimiento sobre el conocimiento del CC en México.

#### Fuentes de consulta

Arellano Hernández Antonio. 1996. "La capacidad de innovación tecnológica en la Universidad Autónoma del Estado de México", en: Convergencia

Revista de Ciencias Sociales. Año 4, Núm. 12/13:71-113.

Arellano, Hernández Antonio y Jensen, Pennington Henning. 2006. "Mapeando las redes de investigación en ciencias básicas en la Universidad de Costa Rica", *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, año 13, núm. 42:181-213.

Bourdieu Pierre. 1976. "Le champ scientifique", *Actes de la recherche en sciences sociales*, 2-3, junio de 1976: 88-104.

Callon, Michel. y Courtial, Jean-Pierre. 1995. "la scientométrie au service de l'évaluation" en : Callon, Michel., Larédo, Philippe. y Mustar, Philippe. *La gestion stratégique de la recherche et de la technologie: l'évaluation des programmes*. Paris. Economica. pp 177- 235.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climate Change 2001, IPCC Third Assessment Report*. IPCC-ONU-OCM. [http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/12/03/2007](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/12/03/2007).

Mogoutov, Andrei. 1998. « Données Relationnelles en sciences sociales: essai de minimalisme méthodologique ». *Pratiques de formation*, pp. 141-148, Université de Paris VIII.

Múgica, Alvares Violeta. 2008. "Actualización del padrón de expertos e instituciones científicas y técnicas en materia de variabilidad y cambio climático en México". México. UAM-Azcapotzalco-INE.

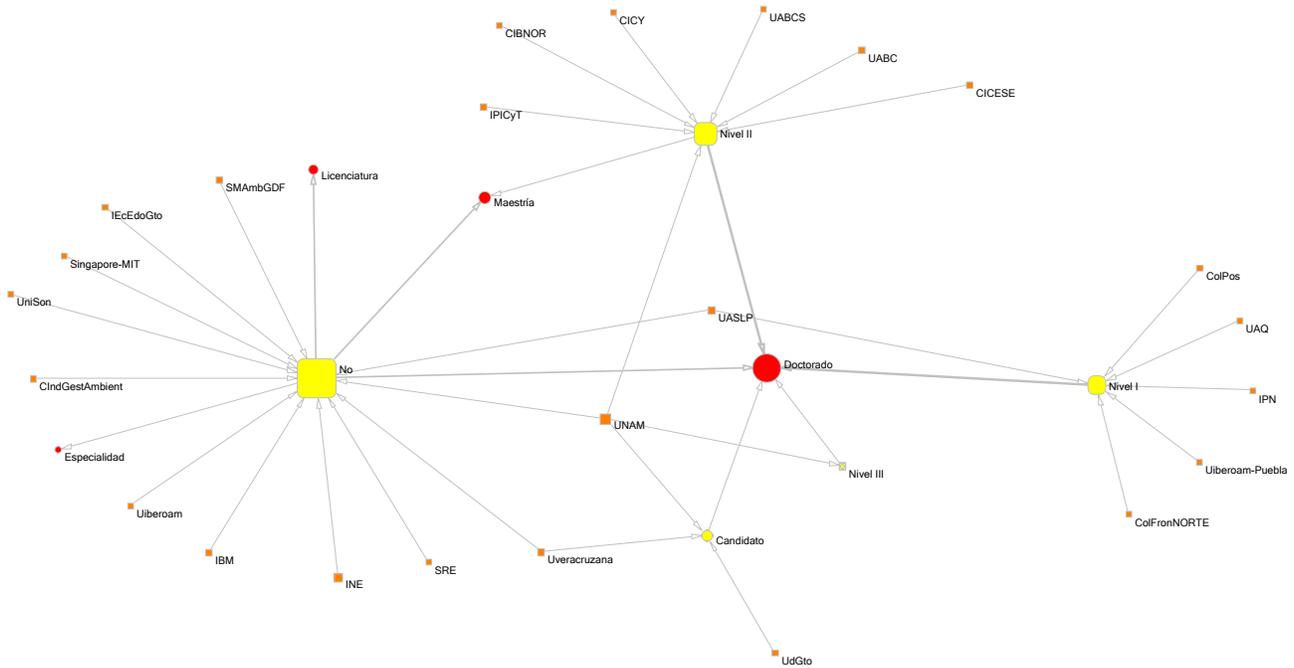
Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1992. *Convención marco de las naciones unidas Sobre el cambio climático*. New York. ONU.

Romero, Hernández Omar y Romero, Hernández Sergio. 2006. "Inventario de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México". México. PNUD-SEMARNAT-INE.

Secretaría de Investigación y Desarrollo de la UNAM (SID-UNAM). 2002. "Potencial de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México", *Gaceta ecológica*. No 65. México. INE-SEMARNAT. (<http://www.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/367/potencial.html>. 10/oct/2008).

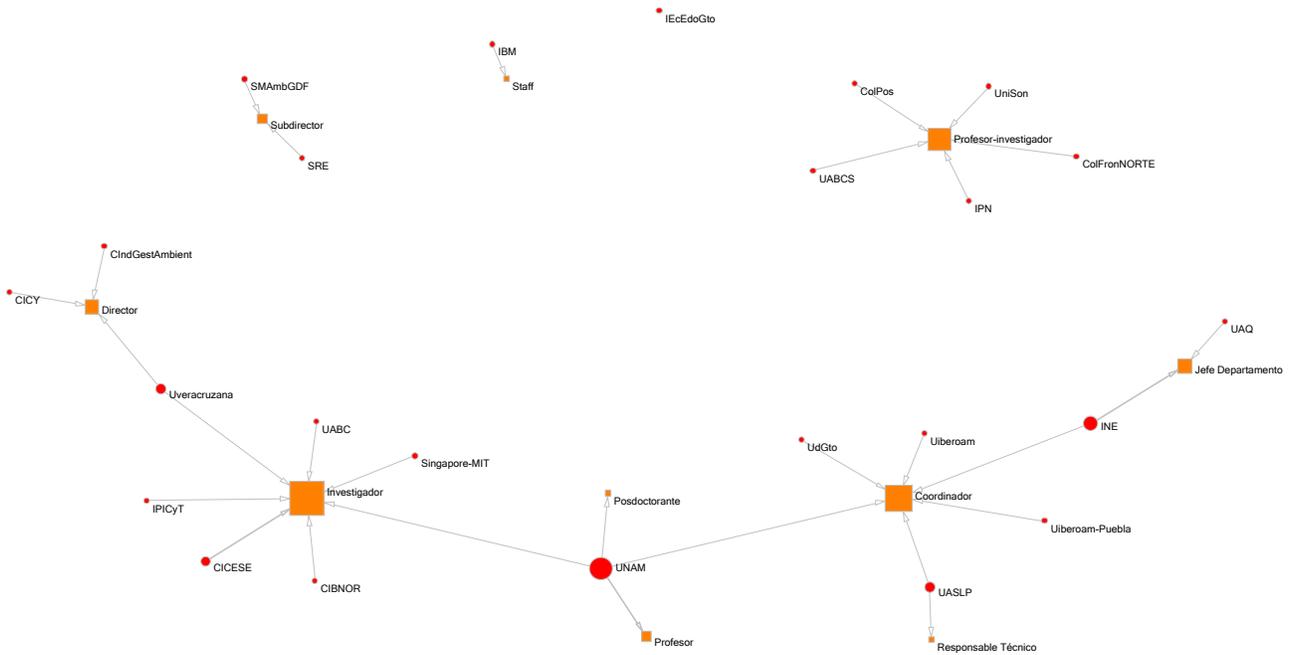
Tichit C. 1999. *Pour une autre approche des biographies: de la collecte a l'analyse "configurationnelle"*. Paris. Rapport de recherche du CEPED 23.

Figura 1. Instituciones, nivel SNI y grado académico



Simbología: cuadro=institución; círculo claro=Nivel SNI, círculo oscuro=grado de escolaridad.  
Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta realizada en 2010.

Figura 2. Institución y puesto de contacto

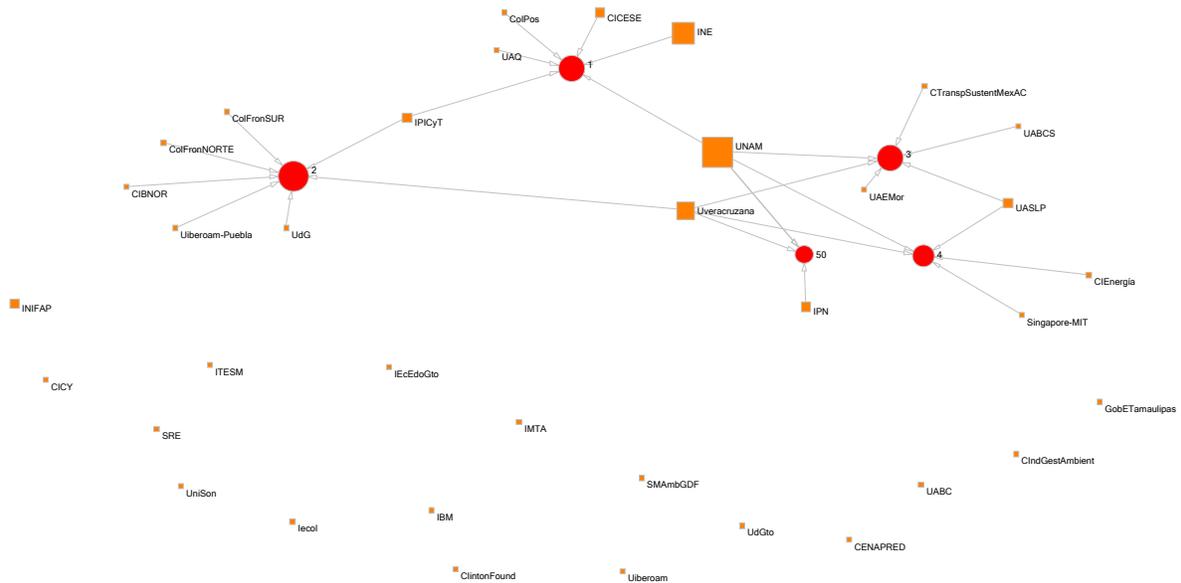


Simbología: círculo=institución; rectángulo=puesto dentro de la institución.  
Fuente: elaboración propia.



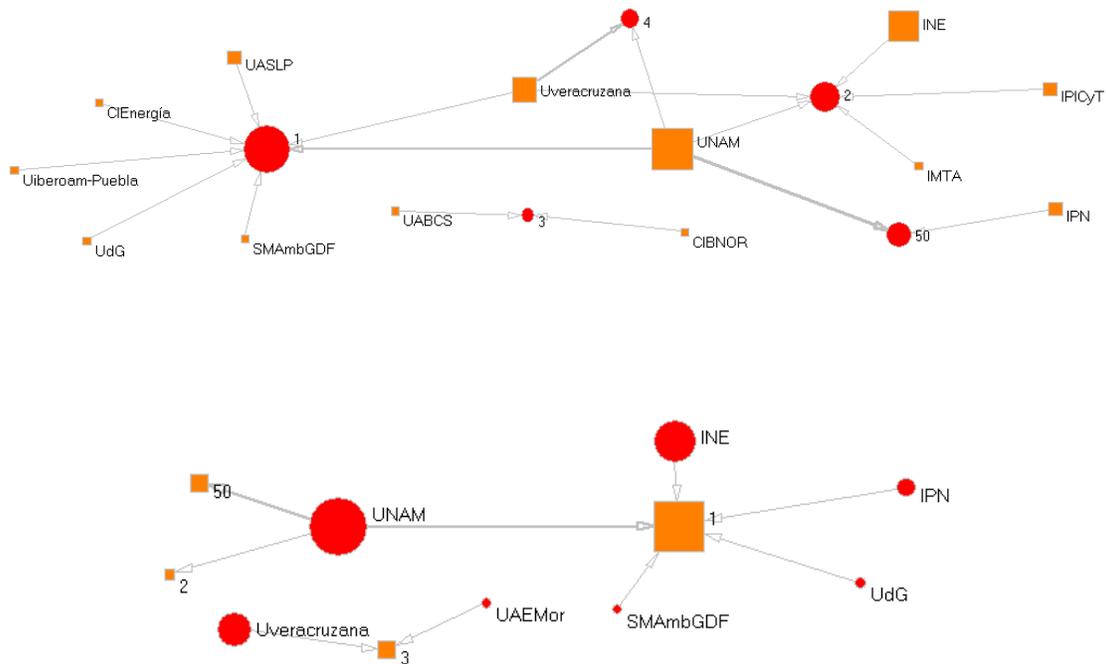


Figura 7. Publicación artículos arbitrados de contactos de las instituciones



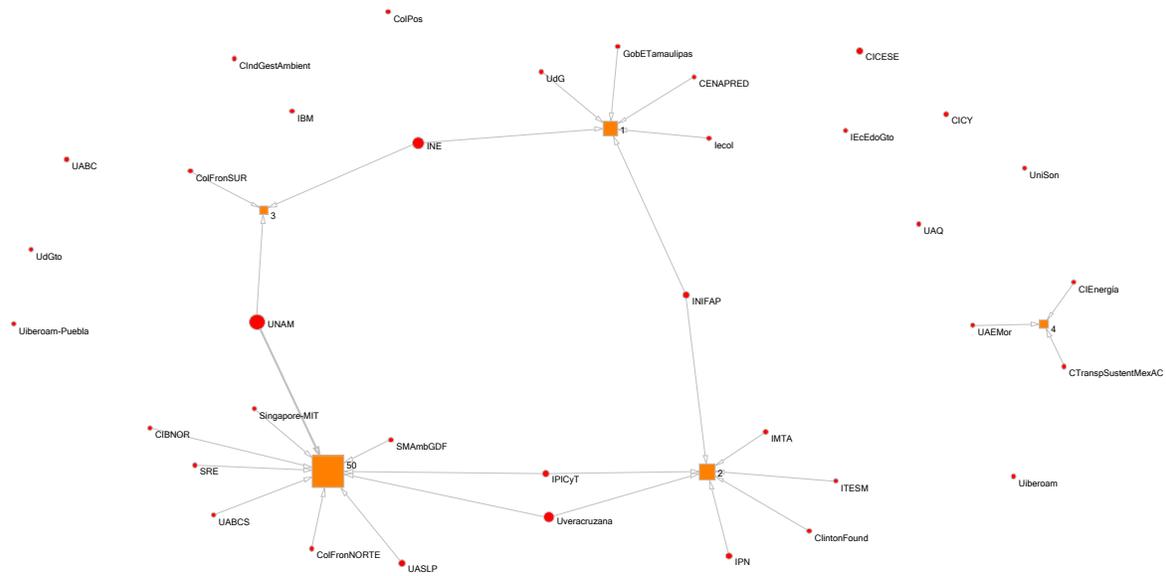
Simbología: rectángulo naranja=institución; círculo rojo=número de artículos (50+=de4)  
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Capítulos y libros por institución.



Simbología: capítulos de libro (arriba): círculos=número de capítulos publicados (50=más de 4); cuadrado=institución.  
Libros (Abajo): círculo=Institución; rectángulo=número (50=más de 4).  
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Número de ponencias internacionales por institución



Simbología: Rectángulo naranja= número de ponencias (50=mas de 4), círculo rojo= institución.  
 Fuente: Elaboración propia con datos de nuestra encuesta realizada en 2010.

# La mitigación y adaptación urbana al cambio climático como proceso de aprender haciendo

Hans Dieleman <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios sobre la Ciudad  
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

## Introducción<sup>1</sup>

Más de la mitad de la población total del planeta vive en áreas urbanas y las Naciones Unidas estiman que la población urbana del planeta llegará a más del 60% en el año 2030. En América Latina el crecimiento urbano es particularmente importante, ya que cuenta con una de las mayores tasas de urbanización en el mundo (Cohen and Rai, 2000). La población total viviendo en áreas urbanas se incrementó hasta 83% en el año 2030 (Sánchez y Bonilla, 2007).

Estos datos son importantes ya que las ciudades contribuyen en grandes escalas al cambio climático, a través del uso de combustibles fósiles que generan gases de efecto invernadero y en particular CO<sub>2</sub>. Mientras que las ciudades ocupan no más que 2% de la superficie de la tierra, las metrópolis son responsables del 66% de la energía producida y del 70% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el planeta. Al mismo tiempo las ciudades son vulnerables frente a los efectos ambientales que genera el cambio climático, como situaciones extremas de lluvias, sequías, huracanes, tormentas, deshielo, etcétera. Estos efectos se combinan con los de la urbanización y crean situaciones urbanas de vulnerabilidad y riesgo elevado.

## El proyecto Ciudades y Gobernanza Urbana ante el Cambio Climático; divulgación, capacitación y simulación

El cambio climático obliga a todas ciudades tomar una gran cantidad de medidas y desarrollar muchas actividades con el fin de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptarse a los cambios inevitables<sup>2</sup>. Como no existen cianotipos de

actuar correctamente ante el cambio climático, es importante ver a la mitigación y a la adaptación como procesos de aprender-haciendo y/o hacer-aprendiendo. Intercambiar experiencias es un elemento clave en este proceso de aprender-haciendo. Las redes como las del "ICLEI" y del "C40"<sup>3</sup> están difundiendo información acerca del cambio climático y ciudades. No obstante, el acceso a esta información es en parte restringido y la información tiene una profundidad limitada.

El proyecto "Ciudades y Gobernanza Urbana ante el Cambio Climático; divulgación, capacitación y simulación" pretende crear un espacio que permitirá documentar y divulgar experiencias obtenidas en varias ciudades, así como convertirlas en contenidos y programas de educación y capacitación. El proyecto se enfatiza en específico en proyectos urbanos del tipo gobernanza, en donde el gobierno local esta colaborando con el sector privado y la sociedad civil en sus esfuerzos de realizar la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Con el fin de realizar estos objetivos el proyecto pretende crear un Educatorio de Cambio Climático y Ciudades con 5 actividades claves:

1. Monitorear políticas y planes urbanos desde diferentes ciudades en el mundo, así como proyectos urbanos concretos ante el cambio climático del tipo gobernanza,
2. Analizar la información obtenida en el marco teórico de la gobernanza y los factores claves de éxito y fracaso de gobernanza,

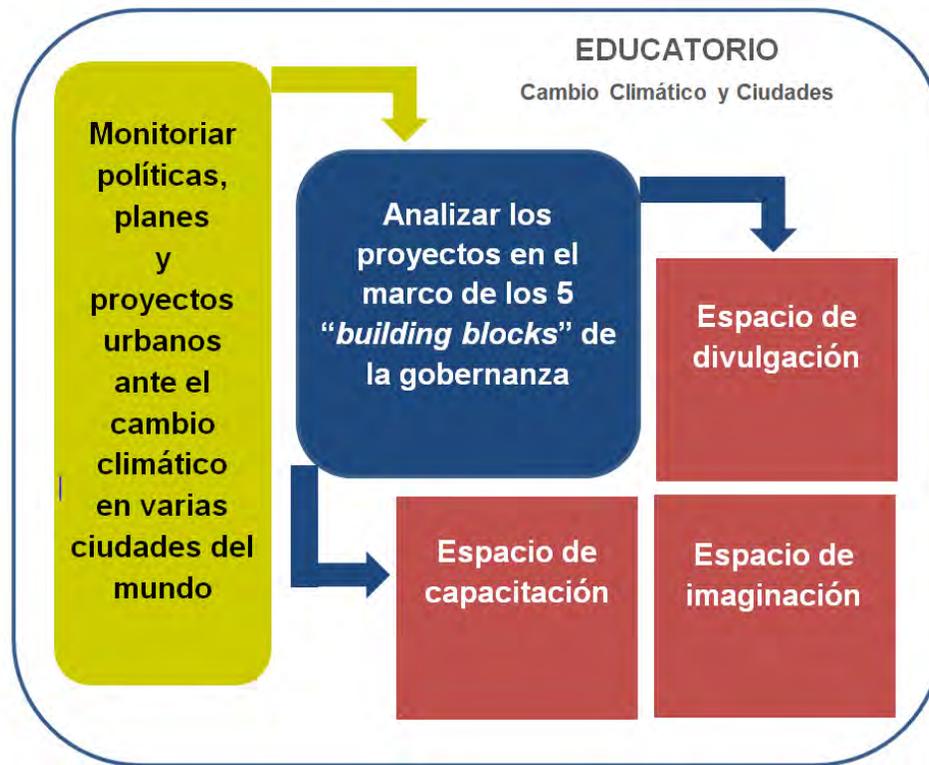
<sup>1</sup> Con agradecimiento al Instituto de Ciencias y Tecnología de la Ciudad de México (ICyTDF)

<sup>2</sup> El IPCC define mitigación como "la intervención humana para reducir las fuentes de gases de efecto invernadero o potenciar los sumideros". La adaptación al CC se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como

respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o a sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos (IPCC, 2007:103).

<sup>3</sup> <http://live.c40cities.org/about-us/> ;  
<http://www.iclei.org/>

Figura 1: Representación esquemática del educatorio



3. Divulgar esta información a través del espacio de divulgación,
4. Capacitar profesionales y estudiantes acerca de cómo desarrollar e implementar planes, políticas y proyectos dentro de un marco de gobernanza, en el espacio de capacitación,
5. Simular e imaginar proyectos de gobernanza, a través de proyectos pilotos, simulaciones en computadores, juegos, teatro y demás, en el espacio de imaginación.

El proyecto actual tiene como meta el desarrollo de las metodologías de las varias actividades, para que en la siguiente etapa se puede realmente realizar el educatorio con sus varios espacios y actividades de monitoreo, análisis, divulgación, capacitación e imaginación.

#### Monitorear

Por el momento estamos buscando y documentando información desde las siguientes ciudades específicas:

- América Latina: Bogotá, Buenos Aires, Caracas, Curitiba, Lima, Montevideo, Rio de Janeiro y Sao Paulo,
- América del Norte: Los Ángeles, Ciudad de México, Nova York, San Francisco,
- Europa: Ámsterdam, Barcelona, Copenhague, Londres, Madrid, Paris y Rotterdam,
- Asia y Australia: Melbourne, Toronto, Sídney y Tokio,
- África: El Cairo y Johannesburgo.

Este monitoreo trata de información general sobre las políticas y los planes de acción de las ciudades.

Las fuentes usadas son el internet, las páginas de los gobiernos de las varias ciudades, las organizaciones como ICLEI y C40, y en algunas ocasiones redes personales.

La estructura del Plan de Acción ante el Cambio Climático 2008-2012 del Distrito Federal sirva como marco referencial del monitoreo de políticas y planes específicas. Tentamos de documentar la información según las categorías elaboradas en este documento:

- Mitigación: energía, transporte, agua, residuos,
- Adaptación: Sistema de alerta temprana, salud y monitoreo epidemiológico, vigilancia a áreas vulnerables, atención a personas vulnerables, y
- Educación y comunicación: educación formal, capacitación, comunicación, difusión

Complementamos estas categorías con dos categorías adicionales:

- Organización de la política pública: gobernanza y gobernabilidad
- Imaginación y experimentación: arte, experimentos sociales, proyectos pilotos.

La base de datos así obtenida dará una idea general acerca de los esfuerzos ante el cambio climático en un gran número de las más importantes ciudades del mundo.

El monitoreo trata también de información más específica de proyectos concretos de gobernanza urbana ante el cambio climático. En este momento estamos monitoreando proyectos desde varias ciudades como el D.F., la ciudad de Rotterdam en los Países Bajos, la Ciudad de Montevideo en Uruguay, la ciudad de Barcelona en España, la Ciudad de Tokio en Japón y la ciudad de Johannesburgo en Suráfrica.

Este monitoreo sirva un análisis más profundo y permita – de manera empírica - identificar los factores claves de éxito y fracaso de gobernanza. Así afinamos, en un proceso iterativo, el marco teórico de la gobernanza.

Analizar los proyectos en el marco de los 5 “building blocks” de la gobernanza

El proyecto identifica cinco “building blocks” de gobernanza urbana ante el cambio climático. Estos

bloques sirvan el análisis de los estudios de caso de las diferentes ciudades.

El primero “building block” trata de la generación de un sentido común entre los involucrados de las redes de gobernanza. Como dice Rueda Abad (2011:24): “La complejidad en la generación del sentido político es simple: los actores y sus diversos intereses deben negociarse para que, en la búsqueda de equidad, todas las necesidades tengan y obtengan la mayor cantidad de beneficios individuales y colectivos que suman el bien común.”

Crear un sentido en común es un gran reto de la gobernanza y es relacionado con los bloques 2 y 3. Como menciona Aguilar (2006), dentro de las redes los actores únicamente tienen que establecer un sentido común de dirección, pero tienen que identificar también las capacidades necesarias para realizar los objetivos establecidos.

El concepto de gobernanza implica dos dimensiones fundamentales de la vida humana en la sociedad: la intencionalidad social y la capacidad social de transformar los propósitos en realidades.

Los bloques 2 y 3 tratan de las capacidades y habilidades y distinguen entre aspectos formales e informales en este sentido. Los aspectos formales son los objetivos y las metas, así como las tareas, actividades, funciones, estructuras y la tecnología de trabajo.

Los aspectos informales son las motivaciones personales de los participantes de las redes, sus aspiraciones, valores, percepciones, intereses personales, rutinas, costumbres y más. Es importante subrayar la importancia de los aspectos informales. La gobernanza implica la colaboración de actores con culturas diferentes, a menudo con prejuicios y con rutinas y maneras de cumplir tareas muy diferentes.

Establecer un sentido o objetivo en común es difícil y cuando es posible establecer un sentido en común, no garantiza en ninguna manera el éxito de la colaboración. Muchas veces el éxito (y el fracaso) depende de la capacidad de brindar con éxito diferentes culturas y superar los prejuicios.

Figura 2 Los cinco “building blocks” de la gobernanza urbana ante el cambio climático

#### BLOQUES DE ANÁLISIS DE LA GOBERNANZA

1. Sentido común de dirección de la red
2. Capacidades formales de la red
3. Capacidades informales de la red
4. Contexto de la red
5. Forma de la red

La gobernanza implica también trabajar y colaborar dentro de contextos emergentes porque no existen estructuras y objetivos establecidos. Esto implica trabajar dentro de una situación de incertidumbre existencial y demanda nuevas formas de colaboración, negociación y establecer compromisos. Existen diferentes constelaciones de gobernanza y es probable que estas constelaciones influyan mucho al éxito o fracaso. Por eso el proyecto toma varias formas de gobernanza en cuenta, y vea al impacto de estas formas sobre la realización de los resultados. Estas formas constituyen “building block” 4 de la gobernanza.

También es importante pensar en el contexto social/institucional de una red. La historia de un país, la cultura dominante, las condiciones económicas, el modelo político y el funcionamiento de las instituciones influyen en gran escala a la capacidad de una red de gobernanza de cumplir con sus tareas, e impactan directamente a los aspectos formales e informales mencionados. Es importante contextualizar redes de gobernanza en sus contextos sociales e institucionales.

#### Espacio de divulgación

Los datos obtenidos durante el monitoreo y el análisis se presentaran en el espacio de divulgación del educatorio. Este tomará la forma de un espacio físico y una página web. La presentación de los datos generales de las políticas y planes de acción siguiera las categorías del plan de acción del D.F. La presentación de los proyectos tomara la forma de estudios de caso y dará atención a los 5 “building block” de la gobernanza.

#### Espacio de capacitación

La información así generada es la base de la creación de programas de capacitación, orientados

a los funcionarios del D.F. y los estudiantes de las universidades de la Zona Metropolitana del Valle de México. Estos programas deben que tener dos características claves. En primera instancia tienen que respetar el principio de aprender-haciendo y en segunda instancia deben que ser basados en los estudios de caso generados durante el análisis de los proyectos de gobernanza.

El modelo de aprendizaje activo o experiencial de David Kolb (1984) tiene todo los elementos para realizar estos dos objetivos. Por lo tanto tomamos este modelo como base de la creación de programas de capacitación. El modelo se base en un ciclo de 4 fases y ayuda a equilibrar diferentes tipos de aprendizaje dentro de una estructura de aprender-haciendo (Dieleman y Juárez, 2008).

La primera fase se base en experiencias concretas, a través de estudios de caso y/o excursiones. La importancia de trabajar con experiencias concretas es que permita ver a una problemática en toda su complejidad y riqueza. Además permita aprehender una problemática: entenderla de manera asociativa, a través de compararla con situaciones conocidas desde la propia vida. Esta fase es muy importante para reconocer los aspectos informales de una situación presentada. A través de la aprehensión personas construyan puntos de reconocimiento: lo entiendo porque estuve en una situación comparable. La aprehensión permita también crear una relación emocional con una experiencia de otras personas

La segunda fase se centra en los aspectos formales de un caso de estudio: las metas, tareas y técnicas, así como los instrumentos y funciones. La pregunta es ¿cómo las personas, en el estudio de caso,

reaccionaron frente a los problemas ocurridos?, y ¿cómo yo hubiera actuado en esta misma situación? Estas preguntas permitan internalizar un estudio de case a través de identificarse con él y descubrir su

misma role, capacidades y habilidades en relación con la situación presentada.

. Figura 3: Representación del ciclo de aprender activo de David Kolb, 1984



El objetivo de la tercera fase es comprender el estudio de caso desde principios universales. En esta fase analizamos la situación desde teorías o conceptos establecidos. Cuando por ejemplo la negociación es un elemento importante en un estudio de caso, revisamos en esta fase el proceso de negociación desde varias teorías y marcos conceptuales. Así creamos un puente entre las experiencias desde otros lugares y las tareas nuestras, y nos preparamos para una acción propia. La fase de la experimentación activa, finalmente, tiene como objetivo poner en práctica el conocimiento adquirido. Aquí entra realmente el aprendizaje a través de aprender-haciendo.

#### Espacio de imaginación

El espacio de imaginación, por último, tiene como objetivo abrir la mente de gente (funcionarios, estudiantes, políticos, el público en general) a través de simulaciones de proyectos de gobernanza y de la creación de proyectos pilotos, juegos, esculturas sociales, teatro y demás. Hay una famosa cita de Albert Einstein que dice: “Lo lógico puede llevarnos de A hasta B, pero la imaginación puede llevarnos a cualquier sitio”. La importancia del espacio de imaginación se encuentra ubicada en esta cita.

Las simulaciones, los proyectos pilotos y los juegos permitan experimentar con posibles soluciones ante el cambio climático. La involucración de los artistas es importante ya que ellos crean espacios que permitan usar todas las experiencias de la vida: sorpresa, perplejidad o confusión, involucrando a todas las facultades del ser humano: hacer, conocer, pensar y sentir al mismo tiempo. La libertad metodológica del artista le permite trascender fronteras y buscar intuitivamente, usando el pensamiento lateral, la imaginación, la asociación, y el pensamiento holístico. Además el arte tiene las capacidades de tocar las emociones y sensaciones de las personas, además de que influye en sus cosmovisiones y estilos de vida. Las simulaciones, los proyectos pilotos, los juegos y los artistas abren espacios de imaginación que son claves en la búsqueda de soluciones ante problemas como el cambio climático (Dieleman, 2010).

#### Conclusiones

El proyecto presentado es pretencioso y depende del desarrollo de varios elementos de un conjunto que llamamos un educatorio. El proceso de desarrollo y diseño es en camino y los primeros resultados deben que presentare en el mes de

febrero 2012. Luego la fase entra de realmente poner en práctica todos los elementos del educatorio.

#### **Fuentes de consulta**

Aguilar Villanueva, Luis F. (2008); Gobernanza y gestión pública, México, Fondo de Cultura Económica

Argyris, C.; Schön, D. (1978); Organizational Learning: A theory of action perspective. Reading MA: Addison-Wesley.

Cohen, R y S. Rai (2000); Global Social Movements. London: The Athlone Press

Dieleman Hans (2010); El arte como nuevo maestro en la Sustentabilidad, en: Los Ambientalistas, revista de Educación Ambiental, Vol. 1 (1), UACM, 2010

Dieleman Hans y Margarita Juarez (2008): ¿Cómo se puede diseñar educación para la sustentabilidad?, en: Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Vol 24 (3)2008, Universidad Nacional Autónoma de México

Eggers William D. y Stephen Goldsmith (2004); Governing by network, the new shape of the Public Policy. Brooking Institution Press.

Gay García Carlos (Compilador) (2000). 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.

IPPC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2007). Cambio Climático 2007, Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad. Fuente: <https://www.ipcc.ch>

Navarro Gómez Carmen (2002); Gobernanza en el ámbito local VII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Lisbon, Portugal, 8-11 Oct. 2002

Rueda Abad José Clemente (2011); Gobernanza y Cambio Climático en la Ciudad de México, Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México. Primera edición: Febrero de 2011

Sánchez Rodríguez Roberto y Adriana Bonilla (2007); Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina. IAI, INE, UNEP, Brasil

## Efectos extremos del cambio climático y conflicto social en México

Ana Lucía García Briones

### Introducción

La alarma del calentamiento global está sonando en todas partes y es compartida por científicos y climatólogos. Las agencias de defensa ven el vínculo entre cambio climático y conflicto. Incluso la Secretaría de Medio Ambiente del gobierno Alemán clasificó a México como uno de los cinco países con un alto índice de riesgo en la relación conflicto-cambio climático<sup>1</sup>.

Sin embargo, es difícil determinar la relación entre los conflictos sociales y los eventos meteorológicos extremos en México. En primer lugar porque hasta la fecha, la sociedad moderna mexicana nunca ha experimentado un conflicto violento derivado de un evento extremo. Al no haber antecedentes de uno solo puede suponer los factores determinantes causantes del conflicto violento. En segundo, porque la relación evento extremo-conflicto violento nunca es lineal; depende de un sinnúmero de variables que juegan en un contexto determinado.

A pesar de los constantes eventos extremos, y en especial inundaciones, que México ha enfrentado en los últimos 11 años no ha explotado ningún conflicto social. Las comunidades de Chiapas que son damnificadas casi cada año por inundaciones se mantienen en relativa paz y no solo eso, muchas se resisten a migrar a pesar de la vulnerabilidad en la que se encuentran. Entonces, ¿Qué factores o variables deben combinarse para que estalle un conflicto social? ¿Por qué sí hay conflicto en unos países y en otros no? ¿Hasta qué punto incide la acción y atención del gobierno a los eventos extremos? ¿Cómo se pueden prevenir este tipo de conflictos? Estas son preguntas complejas que están lejos de tener una respuesta concreta pero que cada vez adquieren mayor claridad en este proceso de investigación.

Este reporte presenta los riesgos, retos y efectos del cambio climático en México y su potencial para generar o exacerbar conflicto social. Está basado en entrevistas a profundidad y análisis de las

principales iniciativas de política pública del gobierno mexicano para enfrentar estos efectos y anticipar futuras presiones en las instituciones públicas para lidiar con este fenómeno. Reportes y otros documentos de investigación también han sido revisados y se encuentran mencionados en la bibliografía. Asimismo, este breve reporte es parte del proyecto "Sistemas de Alerta Temprana: Análisis para la Acción" (Early Warning Systems: Analysis for Action), que tiene dos objetivos:

- 1) Incrementar nuestro conocimiento de las dinámicas de conflicto y catalizadores; e
- 2) Identificar los factores sistémicos que pueden prevenir la escalación o estallido de conflictos así como también acciones coherentes para lidiar con ellos.

Dicho proyecto se desarrolla en el marco de Alerta Internacional (International Alert<sup>2</sup>) para contribuir a través de la investigación a un mejor entendimiento acerca de la relación entre cambio climático y conflicto.

### Conflicto

Es importante mencionar que el conflicto es un fenómeno natural intrínseco a la actividad humana y que a pesar de tener connotaciones negativas cumple funciones específicas en nuestra interacción social.

Las funciones del conflicto son:

- Señalar la necesidad de modificar reglas, normas, leyes e instituciones.
- Indicarnos la importancia de las relaciones.
- Impulsar la creación de coaliciones.

El conflicto también indica la necesidad de cambio en una situación y puede ser una oportunidad positiva dependiendo de la manera en la que se aborde. Hay que recordar que el conflicto es normal, inevitable y a veces hasta necesario. Casi siempre, el conflicto se explica a través de un análisis teórico en lugar de un análisis de hechos objetivos como la realidad de dos partes compitiendo por intereses materiales. El conflicto usualmente

<sup>1</sup> Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Environmental Policy Climate Change and Conflict. November 2002. [http://www.afes-press.de/pdf/Brauch\\_ClimateChange\\_BMU.pdf](http://www.afes-press.de/pdf/Brauch_ClimateChange_BMU.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.international-alert.org/>

describe un fenómeno cíclico que puede evolucionar de situaciones (relativamente) estables y pacíficas a crisis y guerra, y posteriormente bajar a una paz relativa nuevamente. En esta etapa la paz puede ser duradera o el conflicto pueda estallar de nuevo<sup>3</sup>.

En el 2007, el Comité de Seguridad de Naciones Unidas discutió el vínculo entre cambio climático y conflicto. El argumento: el cambio climático podría exacerbar los problemas tradicionales de seguridad. En esta reunión se identificaron seis áreas de vinculación.

Los cambios en el clima producirán tipos de conflictos únicos, redefinirán el valor de los recursos importantes y crearán nuevos retos para mantener la estabilidad y orden social. El camino del cambio climático al conflicto no es directo, es decir la mayoría de los caminos hacia el conflicto son indirectos y subyacen en patrones estructurales y de comportamiento que hacen el camino más fácil<sup>4</sup>.

Es importante mencionar que el conflicto social sólo emerge después de un periodo sostenido de eventos extremos y patrones de clima divergentes. Las personas pueden sobrevivir cambios climáticos aberrantes de corta duración a través de la explotación de los recursos acumulados con anterioridad pero esta estrategia tiene límites temporales. El problema no es sobrevivir una terrible inundación, sequía o huracán, el problema es la acumulación de inundaciones, sequías y huracanes. La sociedad es capaz de soportar eventos extremos de este tipo pero al irse acumulando los eventos a través de los años, incluso décadas, la riqueza acumulada empieza a decrecer hasta que desaparece. Sin una renovación de la riqueza social, la salud humana y el bienestar declinan y con el paso del tiempo la misma sociedad puede colapsarse<sup>5</sup>.

Sociedades con pocos ahorros se vuelven más vulnerables a los impactos adversos del cambio climático. Las sociedades que sobre explotan sus

recursos y su medio ambiente estarán más cercanas de un conflicto que las que no.

En un análisis de las sequías durante el siglo XIX el historiador Mike Davis, estima conservadoramente, que al menos 20 o 30 millones de personas y probablemente más, la mayoría de ellos granjeros tropicales, murieron a consecuencia de las intensas sequías causadas por El Niño y las fallas en la época de lluvias. Es decir, durante el siglo XIX murieron más personas a causa de efectos extremos climáticos que durante todas las guerras de esos 100 años<sup>6</sup>.

El cambio climático por sí solo no causa conflicto pero junto con otros factores puede contribuir a su aparición. Con la existencia de eventos extremos constantes la riqueza disminuye y la estructura social se debilitará con el paso de los años volviéndose más vulnerable a futuros retos. Esto no quiere decir que las sociedades sean incapaces de responder o adaptarse para crear condiciones de supervivencia. De igual modo, la adaptación no es una estrategia lineal. La adaptación es parte de una compleja red de interacciones sociales.

No se ha demostrado que los factores ambientales son los únicos o incluso los más importantes que llevan al conflicto. Otros factores como la pobreza e inequidad entre grupos, la disponibilidad de armas, tensiones étnicas, endeudamiento externo, resistencia institucional, legitimidad del estado y su capacidad y voluntad de intervenir importan de igual forma o en mayor proporción que los efectos climáticos per se<sup>7</sup>.

### Efectos esperados en México

Los mayores efectos del calentamiento del planeta se observarán en latitudes altas y medias, pues padecerán incrementos de temperatura más drásticos y situaciones meteorológicas más inestables.

México se encuentra en latitudes medias y entre dos océanos, lo cual implica soportar los efectos térmicos de la termohalina del Pacífico y de la corriente del Golfo<sup>8</sup>. Las alteraciones promoverán

<sup>3</sup> N. Swanström and M. Weissmann (2005). *Conflict, conflict prevention, conflict management and beyond: A conceptual exploration*, Concept Paper. Johns Hopkins University and Uppsala University. Available at [http://www.silkroadstudies.org/new/docs/ConceptPapers/2005/concept\\_paper\\_ConfPrev.pdf](http://www.silkroadstudies.org/new/docs/ConceptPapers/2005/concept_paper_ConfPrev.pdf)

<sup>4</sup> J. R. Lee (2009). *Climate change and armed conflict. Hot and cold wars*. New York: Routledge. p.3.

<sup>5</sup> *Ibidem*.

<sup>6</sup> Fagan, Brian. *The great warming: climate change and the rise and fall of civilizations*. United States. Quebecor World Fairfield. 2008

<sup>7</sup> Barnett, Jon. *Security and Climate Change*. Tynbdall Centre for Climate Change Research. Working paper 7. October 2001.

<sup>8</sup> O. Peralta (2008). *Cambio climático y seguridad nacional*. México: SEMARNAT, LX Legislatura, Cámara de

migración de peces comerciales y muerte de arrecifes, así como fenómenos climáticos y meteorológicos persistentes relacionados con El Niño y La Niña. Asimismo, un gradiente más grande de temperatura en los mares implica más huracanes de mayor intensidad<sup>9</sup>.

Algunos países son económicamente fuertes y pueden disponer suficientes fondos para enfrentar los cambios súbitos en el clima. México por su parte tiene altos niveles de pobreza, lo cual puede afectar su capacidad de respuesta al contar con más víctimas potenciales. El 10% de la población sólo obtiene 1.1% del PIB y 24% se considera extremadamente pobre con un ingreso insuficiente para una nutrición adecuada<sup>10</sup>.

Estos sectores son los más vulnerables a padecer enfermedades y carestías relacionadas con fenómenos meteorológicos y climáticos extremos exacerbados por el calentamiento global<sup>11</sup>. En resumen, el cambio climático puede conducir a retrocesos en el combate a la pobreza así como en la nutrición, la salud y la educación. Amenaza con detener y revertir el desarrollo humano y ampliar la desigualdad en el país, así como en el resto de América Latina y el Caribe<sup>12</sup>.

Mientras algunos expertos consideran que los cambios en el clima son una variación natural, es decir no antropogénica, otros argumentan que México ya está experimentando fenómenos que demuestran los posibles efectos futuros del calentamiento global. Por ejemplo, el número de huracanes de gran intensidad ha aumentado en los últimos 11 años; desde el 2000 se ha detectado un incremento de un 1.0°C en la temperatura del país y el nivel del mar ha subido 10 cm en Veracruz desde 1955<sup>13</sup>. Si este aumento continúa, miles de kilómetros de costa se podrían inundar de agua salada, afectando la agricultura, la infraestructura

costera, el ganado, el turismo, el abastecimiento de agua y la vivienda. El cambio climático y sus efectos son difíciles de predecir sin embargo la evidencia científica y la opinión de expertos sugiere que el cambio climático es y seguirá siendo una causa de intensificación de los fenómenos naturales y desastres en México. Las regiones en México varían mucho en geografía, población y desarrollo económico por lo que el cambio climático no será una experiencia uniforme.

De los 32 estados, veinticinco serán afectados por sequías, catorce por huracanes, nueve por precipitaciones extremas, ocho por heladas, cinco por inundaciones, cuatro por ondas de calor y cuatro por incendios. Alarmantemente, todos los estados, menos Campeche, sufrirán escasez de agua en un rango de entre 20 y 80% para el año 2025<sup>14</sup>. Esta situación es crítica, no solo porque afectará la producción de alimentos y la salud humana sino también porque puede generar tensiones entre comunidades y estados por el control de recursos así como competencia entre los diferentes usuarios.

La población de México es muy vulnerable a estos cambios, por un lado la mayoría del territorio se encuentra en un clima semi-árido, cambios en los patrones de lluvias podrían generar sequías severas y poner en peligro la producción de comida<sup>15</sup>. Por el otro la precipitación intensa en algunas regiones podría ser la causa de inundaciones a gran escala y deslizamientos de tierra que podrían amenazar la vida de muchas personas. Inclusive, las costas densamente pobladas podrían significar el desplazamiento de millones de personas debido al incremento en el nivel del mar.

### ¿Cuáles son las oportunidades de México para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático?

Derivadas del Diálogo de Cambio Climático y Seguridad Nacional<sup>16</sup> que se llevó a cabo en el 2007 por un conjunto de organizaciones convocantes, éstas son algunas recomendaciones para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático.

Diputados/PNUD México/Centro de Colaboración Cívica, A.C., CEMDA/Centro Mario Molina/CESPEDES.

<sup>9</sup> Ibidem.

<sup>10</sup> Vega Martínez, Luis, La Pobreza en México, Observatorio de la economía Latinoamericana, Número 44, junio 2005.

<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/index.htm>.

<sup>11</sup> Organization for Economic Cooperation and Development, Poverty and Climate Change, 2005.

<sup>12</sup> Comisión Intersectorial de Cambio Climático, Estrategia Nacional de Cambio Climático, 2007.

<sup>13</sup> Comisión Interministerial de Cambio Climático (2007). 'Estrategia Nacional de Cambio Climático'.

Disponible en:

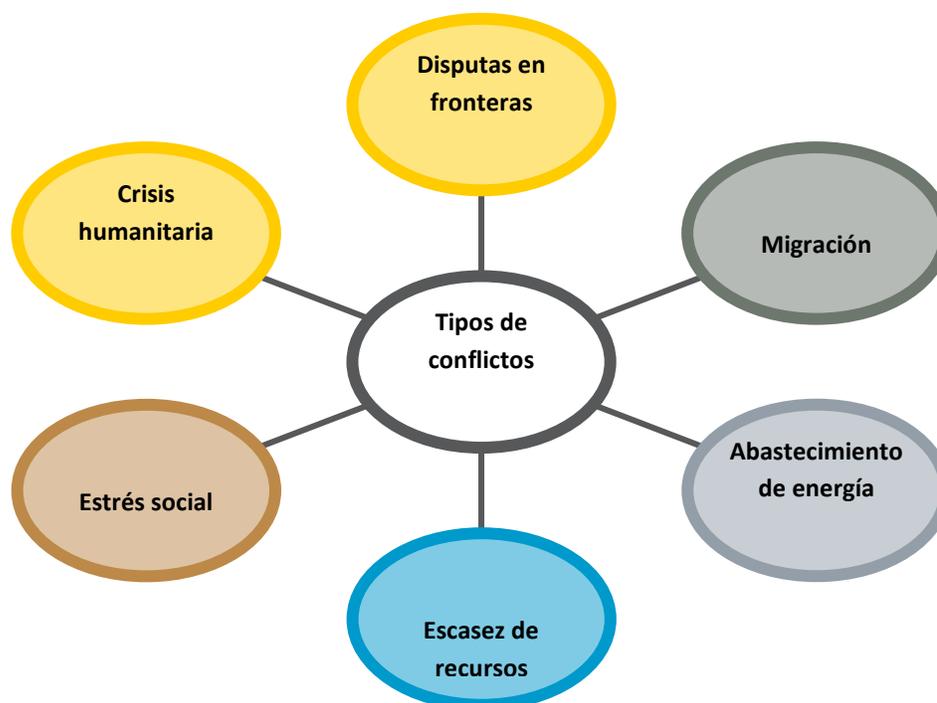
[http://www.cinu.org.mx/temas/Calentamiento/vinculos/Estrat\\_nal\\_Sintesis.pdf](http://www.cinu.org.mx/temas/Calentamiento/vinculos/Estrat_nal_Sintesis.pdf)

<sup>14</sup> Efectos esperados del cambio climático y vulnerabilidad en los estados de la República Mexicana.

<sup>15</sup> V. Magaña, J. Méndez, R. Morales and C. Millán (2004).

'Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México' En J. Martínez, A. Fernández and P. Osnaya (Eds.). *Cambio climático: Una visión desde México*. Mexico: INE. p.203.

<sup>16</sup> [www.cambioclimaticoyseguridadnacional.org](http://www.cambioclimaticoyseguridadnacional.org)



Si bien el cambio climático representa un riesgo de seguridad nacional, también representa una oportunidad para caminar hacia la sustentabilidad.

Actualmente se cuenta con algunos estudios que identifican un potencial de mitigación en sectores económicos; sin embargo, es necesario desarrollar estudios más profundos que determinen la factibilidad técnica y económica de mitigación en cada uno de los diferentes sectores enmarcados en el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

La valoración del carbono y los proyectos MDL son pasos importantes para difundir y fomentar la reducción de emisiones de gases a la atmósfera. Estimaciones de la SEMARNAT permiten suponer que es posible reducir hasta 60 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq mediante procesos de eficiencia energética y modernización tecnológica, los cuales equivaldrían a cerca del 10% total nacional.

Se debe impulsar un uso eficiente de la energía a todos los niveles desde producción hasta el consumo final, así como promover las fuentes de

energía alterna (solar, eólica, biológica, geotérmica, etc.) que representan actualmente el 8% de la producción de energía primaria<sup>17</sup>.

El grado de organización y articulación requeridos para enfrentar el cambio climático sólo pueden conseguirse con una gobernabilidad ambiental efectiva entre las diferentes instituciones del Estado Mexicano y los distintos sectores de la sociedad. El siguiente listado enumera algunas áreas de oportunidad para contribuir con la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero:

- Incremento en la eficiencia energética
- Adopción de energías renovables
- Valoración del carbono
- Manejo de residuos sólidos
- Desarrollo de transporte sustentable
- Captura biológica de carbono
- Desarrollo de infraestructura
- Manejo de sistemas hidráulicos eficientes
- Cambio en el patrón de consumo energético

<sup>17</sup> Comisión Intersectorial de Cambio Climático, Estrategia Nacional de Cambio Climático, 2007.

- Cultura y educación sobre cambio climático

Avanzar en estas áreas representa oportunidades económicas importantes para países de ingreso medio como México.

Asimismo, una adaptación rápida al cambio climático permite asegurar la efectividad de las inversiones para erradicar la pobreza y lograr un desarrollo más perdurable. Por ejemplo, se estima que el 15% de la población de México habita en los 15 municipios de la franja litoral y gran parte vive en condiciones de lata marginación social<sup>18</sup>. Estos municipios están en riesgos de sufrir inundaciones a causa del aumento estimado en el nivel del mar. Para una adecuada adaptación, todos los programas de urbanización y desarrollo de infraestructura costera deben considerar el menos una elevación media del mar de 40cm entre la actualidad y el 2100<sup>19</sup>.

El país debe prever cómo adaptarse a las condiciones de los próximos años. Para ellos es necesario tomar en cuenta las disparidades económicas en la capacidad para enfrentar los impactos del cambio climático, a fin de evitar que se conviertan en detonadores de mayor desigualdad entre Estados y al interior de ellos.

De acuerdo con Oscar Peralta, investigador del Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, Ya es tarde para revertir el cambio climático pero aún hay tiempo para impulsar el desacoplamiento de las emisiones provocadas por el crecimiento económico, lo cual seguramente se reflejará en el clima futuro del planeta<sup>20</sup>.

Las modificaciones implicarán grandes inversiones, en particular en el ámbito de energía, lo cual supone establecer nuevos dispositivos conforme con las reglas de buen gobierno.

#### **Conclusión. Políticas de adaptación y mitigación y conflicto.**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología, el gobierno mexicano tiende a implementar políticas unilaterales de mitigación y adaptación. Ejemplos de esto incluyen la construcción de una planta eólica en

la Ventosa, Oaxaca, o la Ley de Cambio Climático en el estado de Veracruz donde, de acuerdo con entrevistas locales, el proceso legislativo excluyó a la población afectada así como también a varios expertos lo que ha causado tensiones y podría comprometer la efectividad de su implementación.

Por un lado, cuando las personas son excluidas de los procesos de toma de decisión, las nuevas políticas y sus consecuencias se perciben como una imposición y no como algo en lo que la comunidad quiera participar voluntariamente. Las personas no se consideran parte de la solución ni parte del problema. Por el otro, cuando la población afectada no es informada de la naturaleza del proyecto – por ejemplo, su objetivo, como los afecta, qué daños implica, qué tipo de compensación recibirán y si serán realojados o no forman lo que algunos académicos llaman una percepción de riesgo<sup>21</sup>

Esta percepción subjetiva del riesgo es causada por una falta de información acerca de las políticas y falta de transparencia en el uso de recursos. Por ejemplo, en Zimapán Hidalgo, los habitantes locales no sabían que el gobierno iba a construir un tiradero de desechos tóxicos a 10 km de la ciudad hasta que el proyecto ya estaba en construcción y el gobernador hizo un anuncio público.

La falta de consulta ciudadana aunada a la información incompleta u omitida normalmente lleva a la frustración y a la falta de confianza en el gobierno. La percepción subjetiva del riesgo significa que organizaciones internacionales y OSCs, gobiernos, empresas, grupos sociales e individuos pueden reaccionar ya sea con un espíritu de colaboración u hostilidad. Por ejemplo, un grupo social puede comenzar protestas en las calles como reacción a las políticas públicas con las que no están de acuerdo.

El gobierno puede reaccionar en una forma adversarial potenciando la represión y el conflicto violento o puede iniciar una transformación positiva el conflicto al re evaluar la política pública e incluir a la población afectada en el proceso de toma de decisiones. Es más probable que está táctica resulte en políticas de mitigación y adaptación multilaterales, sustentables y efectivas.

<sup>18</sup> *Ibidem*.

<sup>19</sup> *Ibidem*.

<sup>20</sup> Peralta, Oscar. Cambio Climático y Seguridad Nacional. Elaborado para el Diálogo sobre Cambio Climático y Seguridad Nacional. Mayo 2008.

<sup>21</sup> D. Matten (2004). 'The impact of the risk society thesis on environmental politics and management in a globalizing economy – principles, proficiency, perspectives', *Journal of Risk Research*, Vol. 4, No. 7, pp.377–98.

### Fuentes de consulta

Comisión Intersectorial de Cambio Climático, Estrategia Nacional de Cambio Climático, 2007.

Comisión Interministerial de Cambio Climático(2007). 'Estrategia Nacional de Cambio Climático'.

Disponible en:  
[http://www.cinu.org.mx/temas/Calentamiento/vinculos/Estrat\\_nal\\_Sintesis.pdf](http://www.cinu.org.mx/temas/Calentamiento/vinculos/Estrat_nal_Sintesis.pdf)

D. Matten (2004). 'The impact of the risk society thesis on environmental politics and management in a globalizing economy – principles, proficiency, perspectives', *Journal of Risk Research*, Vol. 4, No. 7, pp.377–98.

G. Aguilar (1995). *México ante cambio climático. Segundo Taller de Estudio de País*. Mexico: SEMARNAT-UNAM-US Country Studies.

L. Arriaga and L. Gómez. *Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México*. Disponible en <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/arriaga.html>

Comisión Nacional del Agua (2003). *Programa Hidráulico Regional 2002–2006. Región II Noroeste*. Mexico:

C. Conde, R. M. Ferrer, C. Gay and R. Araujo (2004). *Impactos del Cambio Climático en la Agricultura en México*. En J. Martínez, et al. (Eds.). Op. cit.

INE (2006). *Análisis de la Vulnerabilidad y Capacidad de Adaptación al Cambio Climático en los Sectores más Relevantes del Estado de Morelos*. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Morelos – INE.

M. T. Sánchez Salazar and M. Martínez Galicia. *La vulnerabilidad de la industria y los sistemas energéticos ante el cambio climático global*. Disponible en [http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/cambio\\_climatico/industria.pdf](http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/cambio_climatico/industria.pdf)

SAGARPA (2007). *Programa Especial para la Seguridad Alimentaria*. México: SAGARPA.

Organization for Economic Cooperation and Development, Poverty and Climate Change, 2005.

Peralta, Oscar. Cambio Climático y Seguridad Nacional. México: SEMARNAT, LX Legislatura, Cámara de Diputados/PNUD México/Centro de Colaboración Cívica, A.C., CEMDA/Centro Mario Molina/CESPEDES. Mayo 2008.

V. Magaña, J. Méndez, R. Morales and C. Millán (2004). 'Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México' En J. Martínez, A. Fernández and P. Osnaya (Eds.). *Cambio climático: Una visión desde México*. Mexico: INE. p.203.

Vega Martínez, Luis, La Pobreza en México, Observatorio de la economía Latinoamericana, Número 44, junio 2005. <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/index.htm>.

## Retos multidisciplinarios de la investigación en cambio climáticos.

Tania García, Carlos Welsh, Lorena de Medina y Eduardo Castillo

Universidad Veracruzana

### Aproximación multidisciplinaria

En general, cuando se trabajan temas que tienden a desarrollarse entre la frontera de las ciencias sociales y naturales se escucha con frecuencia el concepto de multidisciplinar; al parecer, en el ámbito del cambio climático tal aproximación parece tener una oportunidad, pero ¿qué significado tiene? ¿Cuáles son las implicaciones de su uso? Y, finalmente ¿qué fines persigue tal aproximación?

De acuerdo a diversos autores un enfoque multidisciplinar es aquél que permite acercarse a un objeto de estudio desde cada una de las disciplinas de los involucrados o interesados en dicho objeto, y que, finalmente, una vez que se obtienen resultados o conclusiones puedan ser presentadas como una discusión con una perspectiva que sienta las bases para una discusión posterior donde la cooperación sea el eje funcional de las disciplinas que intervinieron

En forma simple es un estudio de la realidad (objeto de estudio), con diferentes lentes (disciplinas) que arroja un conjunto de matices que hacen observar detalles que de manera aislada no sería posible obtener, al final la colección de matices da origen a un espacio común de discusión.

Esta aproximación permite obtener un conjunto de estudios sistematizados usando metodologías diferentes, que son válidos en ciencias sociales y naturales y dan una perspectiva de profundidad sobre un objeto de estudio.

Quizás existan algunas deficiencias de esta aproximación: una de ellas, desde nuestro punto de vista, es que la compilación de resultados no explota las áreas comunes de oportunidad y tampoco condiciona una cooperación futura entre las disciplinas que intervinieron; sin embargo, las ventajas parecen ser mayores: se logra una profundidad en el estudio que permite la creación de espacios donde se reduce la complejidad al estudiar un fenómeno y se maneja mejor la incertidumbre ante la conveniencia de tener que presentar, en un

lenguaje común para diferentes disciplinas, conclusiones o resultados que, al mismo tiempo, pueden servir para la toma de decisiones.

En el caso del IV informe de evaluación sobre cambio climático<sup>1</sup> que se comentará en el siguiente apartado, y en casos como los planes estatales de acción ante el cambio climático, parece que la aproximación usada fue la descrita en los párrafos previos y da sentido a un conjunto de oportunidades en el futuro cercano.

Los informes del PICC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)

El PICC fue creado por la Organización Meteorológica Mundial con el objeto de reunir a los científicos destacados en el ámbito del estudio del cambio climático en todas las disciplinas y contar con un alto grado de certeza basados en los estudios publicados sobre la existencia, impactos y posibles medidas de adaptación ante el cambio climático.

La estructura de los informes redactados por los miembros del IPCC muestra tres grupos base de trabajo: el primero hace referencia a la ciencia del cambio climático, donde se reúnen los estudios sobre el modelado del sistema climático, datos duros sobre temperatura, precipitación, teleconexiones y variabilidad climática, entre otros; al parecer, es el lugar natural para que las ciencias duras tengan un espacio de expresión sobre el sistema climático y el cambio climático.

El grupo II se dedica a los temas de impactos (positivos y negativos) y adaptación; intenta reportar las acciones que, desde el ámbito político local o estructural, han emprendido comunidades,

<sup>1</sup> IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. 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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ciudades o naciones para hacer frente a los impactos del cambio climático y estructura de manera diferenciada y regional, por sector, los efectos posibles de los impactos, por ejemplo en biodiversidad, salud pública, etc., es decir que evalúa la vulnerabilidad del sistema natural y socioeconómico.

Esta comunidad de científicos, al parecer, está muy relacionada con la perspectiva de un enfoque multidisciplinar.

En el grupo III se encuentran las ciencias aplicadas (ingenierías), mostrando soluciones tecnológicas que permiten capturar, absorber y recuperar los gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono, a través de mecanismos viables para reducir los impactos actuales de estos gases en la atmósfera.

Esta división que se observa en los reportes de evaluación tiene similitud con un enfoque multidisciplinar: se acumulan un conjunto de estudios o resultados, las discusiones al interior de cada apartado son científicamente correctas y usan un lenguaje del mundo académico homogéneo en la presentación de resultados, pero no se observa la interacción y cooperación entre estas áreas.

En el reporte para tomadores de decisiones se compilan las ideas generales, los comentarios más importantes y por supuesto aquello que puede ser digerido (entendido y asimilado) por una clase política que necesita argumentos de peso para hacer valer una decisión en torno al fenómeno del cambio climático, como por ejemplo que se puede concebir con un 90% de confianza que atravesamos un periodo de cambio climático o que existen factores sociales que exacerbarán los impactos del cambio climático como la pobreza y finalmente que el desarrollo sostenible es una alternativa para la construcción de políticas públicas.

### Conclusiones del PICC

Algunas de las conclusiones que se presentan en el IV informe del PICC<sup>2</sup> permiten observar que se procesó la información con un enfoque multidisciplinar, contando con un conjunto homogéneo en el lenguaje, pero diferenciado en función de la disciplina que sienta las bases de lo

que más adelante puede convertirse en mecanismos de acción o reacción ante los efectos del cambio climático, por ejemplo:

#### A) Grupo I

- El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se desprende ya del aumento observado del promedio mundial de temperatura del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos, y del aumento del promedio mundial del nivel del mar.
- Entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal (0,13 [entre 0,10 y 0,16]°C por decenio) ha sido casi el doble del experimentado en los cien años transcurridos desde 1906 hasta 2005.
- El promedio mundial del nivel del mar aumentó, en promedio, a una tasa de 1,8 [entre 1,3 y 2,3] mm anuales entre 1961 y 2003, y de 3,1 [entre 2,4 y 3,8] mm anuales entre 1993 y 2003.

#### B) Grupo II

- La adaptación puede reducir la vulnerabilidad, tanto a corto como a largo plazo.
- La vulnerabilidad al cambio climático puede acentuarse por efecto de otros factores de estrés. Estos pueden ser, por ejemplo, fenómenos climáticos peligrosos, pobreza, acceso desigual a los recursos, inseguridad alimentaria, tendencias de la globalización económica, conflictos, o incidencia de enfermedades tales como el VIH/SIDA.
- La capacidad adaptativa está íntimamente conectada con el desarrollo social y económico, pero no se distribuye por igual entre las sociedades ni en el seno de éstas.

En particular el grupo II elabora una tabla por sectores (agua, infraestructura, turismo, salud humana, agricultura, transporte, energía) donde la aproximación multidisciplinar se observa, se presenta el ejemplo para el caso del sector agua.

#### C) Grupo III

- Diversos estudios, tanto de planteamiento ascendente como descendente, indican que hay un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia de que hay un potencial económico sustancial de mitigación de las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) mundiales en los próximos decenios, que podrían compensar el crecimiento proyectado de las emisiones

<sup>2</sup> IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

mundiales o reducir las emisiones por debajo de los niveles actuales.

- Estudios de planteamiento ascendente parecen indicar que hay oportunidades de mitigación de costo negativo neto que podrían reducir las emisiones en aproximadamente 6 GtCO<sub>2</sub>-eq/año de aquí a 2030. Para ello, sería necesario hacer frente a los obstáculos prácticos. El potencial de mitigación económico, que suele ser más alto que el potencial de mitigación de mercado, solo puede materializarse implantando políticas adecuadas y eliminando los obstáculos.

### **Retos y oportunidades de la investigación aplicada: el caso del programa veracruzano ante el cambio climático**

En el estado de Veracruz y fruto de la colaboración entre la Embajada Británica, el Instituto Nacional de Ecología y la Universidad Veracruzana, se realizaron una serie de estudios<sup>3</sup> científicos con la finalidad de que sirvieran de base para la elaboración de una propuesta de Programa Veracruzano ante el Cambio Climático, el cual, además de construir escenarios climáticos e identificar la vulnerabilidad de la región por sector (ambientales y económicos), propone medidas de adaptación a los efectos del cambio climático en la zona y alguna, también, de mitigación.

A pesar de la calidad de los estudios previos el Programa es difícil de poner en marcha debido a que no contiene una estrategia definida, realista y ajustada a la realidad jurídica en todas sus áreas, que permita tomar las medidas sectoriales necesarias para la adaptación. Tampoco se plantea la integración de dichas medidas en las correspondientes políticas sectoriales, lo cual podría llegar a ser una solución para su eficacia.

### **La integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales, ¿una solución desde las ciencias sociales?**

En la Unión Europea, con la finalidad de garantizar que el elemento ambiental sea tomado en cuenta en la definición y ejecución de toda política pública<sup>4</sup>, se incluyó en el año 1997 dentro del Tratado de

Ámsterdam el principio de la integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales.

Precisamente con base en lo anterior se adopta en el año 2001 la Directiva de evaluación estratégica ambiental<sup>5</sup>, de acuerdo a la cual es necesario evaluar el impacto ambiental, no ya de posibles obras o actividades, situación ésta que se garantiza a la luz de las normas nacionales existente sobre Evaluación de Impacto ambiental, sino de cualquier plan o programa público, independientemente del sector concreto que atienda o al cual vaya dirigido.

Así, todos los planes y programas cuya elaboración o adopción corresponda a una autoridad nacional, regional o local, ya sea mediante un procedimiento administrativo o mediante un acto legislativo, deben ser objeto de evaluación desde la óptica de su incidencia ambiental.

En algunos países de América Latina, tal es el caso de México, se habla de la necesidad de exigir la transversalidad de las políticas públicas en relación a la cuestión ambiental con la misma finalidad que la que persigue el principio de la integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales, sin embargo las consecuencias de ambos planteamientos son muy diferentes.

La diferencia sustancial entre ambos radica en el carácter vinculante o no de uno y otro. No es lo mismo situar al principio de *la integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales* como un verdadero principio jurídico, exigible, por lo tanto, en el actuar de la Administración Pública que considerar la transversalidad como algo deseable y, por lo tanto, no exigible jurídicamente<sup>6</sup>.

Así las cosas, nos encontramos en la actualidad en México con muchas políticas públicas que no toman en cuenta (no integran) el elemento ambiental en sus consideraciones, lo cual redundaría en que este último se aborde de manera aislada, básicamente, desde las políticas públicas ambientales, tanto federales como estatales y que, a la hora de ejecutar estas últimas, surja la necesidad de

<sup>3</sup>

[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=1945,4436459&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1945,4436459&_dad=portal&_schema=PORTAL)

<sup>4</sup> Artículo 6° del Tratado CE, tras la adopción del Tratado de Ámsterdam de 1997.

<sup>5</sup> Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 197, de 21 de julio de 2001.

<sup>6</sup> Vid., García López, Tania, La integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales vs. la transversalidad de las políticas públicas, en, Molina del Pozo, Carlos F. (coord.), 30 años de Integración Europea, Ed. Jurúa, Brasil, 2009, pp. 437 y ss.

colaborar o cooperar con dependencias encargadas de otras políticas sectoriales, quedando en la mayoría de las ocasiones a la buena voluntad de los

responsables en turno la realización o no de determinadas acciones.

Tabla 1. Ejemplo de adaptación planificada (PICC 2007. Reporte síntesis)

Sector	Opción/estrategia de adaptación	Marco de políticas básico	Limitaciones principales y oportunidades de implementación (en fuente normal: limitaciones; en cursiva: oportunidades)
Agua	Potenciación de la recogida de agua de lluvia; técnicas de almacenamiento y conservación de agua; reutilización del agua; desalación; eficiencia de uso del agua y de la irrigación.	Políticas nacionales sobre el agua y gestión integrada de los recursos hídricos; gestión de fenómenos peligrosos relacionados con el agua.	Recursos financieros y humanos, y obstáculos físicos; gestión integrada de los recursos hídricos; sinergias con otros sectores.

Por otra parte, y ya centrándonos en la política mexicana de acción climática, plasmada sobre todo en el Plan Nacional de Desarrollo, La Estrategia Nacional de Acción Climática y el Programa Especial de Cambio Climático<sup>7</sup>, ésta se basa en los compromisos adquiridos, como país tercero, en el artículo 10.b. del Protocolo de Kyoto, de acuerdo al cual, “Todas las Partes deben formular, aplicar, publicar y actualizar periódicamente programas nacionales, y en su caso, regionales, que contengan medidas de mitigación de las emisiones de GEI y medidas de adaptación (énfasis añadido) ante los impactos adversos del cambio climático”, los cuales deben abordar los siguientes sectores:

- energía;
- transporte;
- industria;
- agricultura;
- silvicultura;
- gestión de desechos.

Se reconoce, sin embargo, tanto en la Estrategia, como en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Especial de Cambio Climático, que

<sup>7</sup> Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 2006; Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, Diario Oficial de la Federación de 31 de mayo de 2007; Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Diario Oficial de la Federación de 28 de agosto de 2009.

existen numerosas limitaciones legales para desarrollar las medidas propuestas y que es necesario trabajar tanto para su identificación como para su modificación con la finalidad de poner en marcha las acciones sugeridas.

#### **Cambio climático y gobernanza ambiental en Veracruz**

Es necesario resaltar que uno de los efectos del cambio climático, unánimemente aceptado por la comunidad científica, especialmente en las zonas o regiones menos desarrolladas, es la agravación del impacto de los fenómenos meteorológicos extremos y Veracruz es una región altamente vulnerable a estos, como se ha puesto de manifiesto con los desastres producidos por el huracán Karl.

Esto ya se había subrayado en uno de los estudios científicos comentados, que dieron lugar a la propuesta de PVCC, a saber:

“Tal sensibilidad, remarcada por su posición altitudinal, lleva a suponer que esos cuerpos de agua y sus tierras inundables aledañas tendrían una respuesta asociada al efecto potenciado de las tormentas tropicales, que puede llegar a equivaler a una elevación oceánica momentánea de entre 3 y 6 metros, dependiendo de la categoría de los huracanes. Las marejadas asociadas a estos fenómenos, generalmente acompañadas de largos eventos de lluvias, aceleran el taponamiento de las barras por el arrastre de sedimentos que les

acompañan y entonces propician que las tierras más bajas, cercanas a los cauces y lagunas costeras, permanezcan días e incluso semanas completamente inundadas, con las aguas entre 0.5 y 1.5 m por arriba de su espejo habitual. Estos eventos, largamente experimentados por las poblaciones locales, muy probablemente serán más fuertes y recurrentes en los próximos años. Con base en ello, el contexto más grave podría significar aumentos transitorios del mar cuatro metros por arriba de otras previsiones anteriores para el Golfo de México, con el concomitante corrimiento de la línea de playa hacia el interior”<sup>8</sup>.

Además, y según los expertos en cambio climático<sup>9</sup>, los países en vías de desarrollo presentan una capacidad adaptativa reducida en relación a los efectos del aumento en la temperatura a largo plazo, esto se debe a una serie de factores relacionados, entre los que se encuentran los bajos niveles de riqueza económica; la falta de infraestructura física y social, especialmente en salud y educación; la escasez de tecnología; el nivel bajo de eficiencia y confianza en las instituciones y servicios que prestan a la sociedad; la falta de información y conocimientos, y finalmente la desigualdad social y la pobreza que impide la equidad en la distribución de los beneficios sociales. Por ello, uno de los objetivos de los países pobres debe ser, necesariamente, el aumentar el desarrollo económico, lo cual aumentará la capacidad de adaptación de los habitantes de las comunidades y los hará menos vulnerables al cambio climático.

El estado de Veracruz es una región en vías de desarrollo, “su imagen es la de un territorio con gran riqueza natural y económica; no obstante, esta situación se opaca ante la pobreza y desigualdad social y económica que prima entre la población”. De todo lo anterior, podemos deducir que una estrategia de gobernanza ambiental, centrada en proponer la integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales de cara a la adopción de estrategias de adaptación al cambio climático podría resultar útil para mejorar la calidad de vida en el estado de Veracruz, al minimizar los efectos del cambio climático sobre la población, la economía y los recursos naturales de uno de los estados con mayor biodiversidad del país.

#### Fuentes de consulta

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. 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.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

PCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=1945,4436459&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1945,4436459&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Artículo 6° del Tratado CE, tras la adopción del Tratado de Ámsterdam de 1997.

Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 197, de 21 de julio de 2001.

Vid., García López, Tania, La integración de la variable ambiental en las políticas sectoriales vs. la transversalidad de las políticas públicas, en, Molina del Pozo, Carlos F. (coord.), 30 años de Integración Europea, Ed. Jurúa, Brasil, 2009, pp. 437 y ss.

Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 2006; Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, Diario Oficial de la Federación de 31 de mayo de 2007; Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Diario Oficial de la Federación de 28 de agosto de 2009.

[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=1945,4436459&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1945,4436459&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Stern, N. (2006) Informe Stern, La Economía del Cambio Climático, Cambridge University Press

<sup>8</sup>

[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=1945,4436459&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1945,4436459&_dad=portal&_schema=PORTAL)

<sup>9</sup> Informe Stern, La Economía del Cambio Climático, 2006.  
<http://www.oei.es/decada/informestern.htm>



## Representaciones sociales del cambio climático en estudiantes de la Universidad Veracruzana

Edgar González Gaudiano, Ana Lucía Maldonado González  
y Gloria Elena Cruz Sánchez

### Introducción

La adopción de diversas medidas de mitigación y/o de adaptación para reducir los efectos del CC es urgente. Los acuerdos internacionales y los reportes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007) han puesto de manifiesto que para mantener la temperatura planetaria promedio por debajo de los 2° Celsius, se requerirán reducciones de los gases de efecto invernadero (GEI) de al menos cincuenta por ciento para 2050 (meta "aspiracional"), respecto del nivel de las emisiones actuales globales.

Se trata en efecto de un desafío fundamentalmente político con una vertiente científica y tecnológica muy clara en cuanto al suministro de la información necesaria para la toma de decisiones; pero también es un asunto social dado que el éxito de las medidas tomadas dependerá de que éstas sean asumidas en forma generalizada por un amplio conjunto poblacional. Se requiere entonces emprender esfuerzos en materia de educación y comunicación en todos los niveles y modalidades educativas, empleando todos los medios disponibles para ello.

Por su parte, el actual gobierno mexicano publicó desde comienzos de su gestión la Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007) y más recientemente el Programa Especial de Cambio Climático (2009-2012) que convierte a todas las agencias e instancias del gobierno federal en responsables concurrentes de la política gubernamental en esta materia. Dentro de los ejes transversales para la concurrencia de políticas públicas, la educación, la comunicación, la información y la capacitación desempeñan un papel de primer orden para formar una cultura cívico-política que promueva la participación ciudadana.

Sin embargo, tratándose del problema ambiental más importante de los últimos veinte años, han sido pocas las acciones al respecto: la penetración en el discurso público sobre el tema no es suficiente, ninguna nación ha reducido adecuadamente sus emisiones y ninguna nación tiene una base sólida de ciudadanos

comprometidos social y políticamente con el problema (Norgaard, 2009).

Pero, si entre la población hay bajo conocimiento o comprensión de la complejidad y magnitud del CC ¿cómo involucrarse? Conviene primero entonces hacer acopio de las representaciones y percepciones sociales de la sociedad civil, sus barreras y disposiciones a actuar en este tema, a fin de obtener mejores condiciones para desarrollar estrategias pedagógicas y diseñar programas y materiales que tengan mayores posibilidades de incidir en el territorio no sólo del conocimiento, sino principalmente en el de los valores y las actitudes ante la radicalidad de los cambios por venir. Es por ello que el estudio realizado parte de la premisa de que conociendo las representaciones sociales que sobre el fenómeno del CC posee la población destinataria de los mensajes educativos sobre el mismo, se podrán diseñar mejor los programas de comunicación educativa y de educación.

La representación social es "un *corpus* organizado de conocimientos y una de las actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran en un grupo o en una relación cotidiana de intercambios, liberan los poderes de su imaginación" (Moscovici, 1979: 18). Es posible afirmar entonces que las representaciones sociales son construidas y más aún, co-construidas mediante procesos de comunicación social (interpersonal, grupal o masiva) en los que la mezcla de información, de campo de representación y de actitudes, permiten la definición de un discurso, un marco de interpretación de la realidad y por ende, de hábitos y comportamientos de su grupo social. En el caso de este estudio, las representaciones sociales del CC han sido co-construidas por los actores sociales (sociedad civil, sector público, sector privado), a través de discursos de orientación diversa que corresponden al universo e intereses de quien difunde el mensaje, a la interpretación de quien lo recibe y que lo retransmite mediante información y actitudes propias de su contexto, de su campo de representación.

Sobre el tema de las representaciones sociales y en particular en materia de CC, el estudio realizado en la sociedad española por Meira Cartea (2009) ha contribuido al establecimiento de la plataforma teórico-metodológica; mientras que la principal contribución a la plataforma analítica de este estudio se encuentra en González y Meira (2009), donde se formula un planteamiento del problema de educación y comunicación del CC. Por otro lado, en México los estudios sobre representaciones sociales se han orientado a temas de medio ambiente (Calixto, 2007; Calixto y González-Gaudiano, 2008; Lara *et al.*, 2009; Fernández-Crispín *et al.*, 2008) y de educación ambiental (Terrón, 2010). Otros hacen acopio de estudios sobre educación y comunicación del CC a nivel internacional (Urbina y Martínez, 2006).

Nuestro estudio, aún en proceso, explora en la población estudiantil de la Universidad Veracruzana (UV) aspectos relacionados con el reconocimiento social del CC como problema y su magnitud, la valoración de los riesgos actuales y potenciales, las fuentes de información sobre el tema, la forma como se incorpora la información científica recibida, las prácticas cotidianas de educación ambiental relacionadas con la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) (ahorro de energía, prácticas de consumo, etc.), las posibles medidas de adaptación asumidas voluntariamente, las barreras y disposiciones a actuar hacia un cambio radical de estilo de vida. Estos aspectos fueron explorados a través de la información recabada mediante un instrumento de 42 preguntas, el cual ya ha sido validado para este tipo de problemas de investigación y piloteado en dos ocasiones con población veracruzana.

Se determinaron muestras aleatorias representativas para cada uno de los cinco campus de la UV, en el caso de Xalapa se incluyó una muestra por separado para los estudiantes de posgrado, con lo que se completaron seis muestras representativas de la población estudiantil. La población total a encuestar fue determinada utilizando la fórmula de Mateu y Casal (2003), con un margen de error de 10%, obteniendo en total una muestra aleatoria representativa de 401 estudiantes. Para cada una de las seis muestras se buscó la representatividad entre sexo y programa de estudio, según número de estudiantes inscritos en cada campus de la UV. Este texto incluye resultados de dos de estas muestras representativas: estudiantes de nivel licenciatura y de posgrado del campus Xalapa. Se trabaja aún en la colecta y análisis de

información para el resto de las muestras. Por lo tanto, las percepciones y representaciones que se incluyen en este texto corresponden a jóvenes que habitan en Xalapa, sean originarios de esta ciudad o bien, habitantes de ella o sus alrededores por motivos de estudio.

### **Conocimientos generales relacionados con el tema del CC.**

Este punto incluye respuestas hacia una serie de términos utilizados para describir el problema del CC, sus causas y consecuencias. Se trata de términos algunos de ellos científicos y otros derivados de la representación social, utilizados también con frecuencia aunque erróneamente. En principio se exploró la percepción del problema del CC como tal en diferentes contextos, detectándose que entre los estudiantes de la UV pertenecientes al campus Xalapa, el CC no es reconocido dentro de los dos principales problemas que más afectan a Xalapa o al estado de Veracruz, sólo el 2.7% de los encuestados lo menciona. Esto se obtuvo de manera espontánea al mencionar en orden de importancia los dos problemas que más afectan actualmente al mundo, a México, a Veracruz y al municipio de Xalapa. Sólo a nivel mundial, el CC es mayormente mencionado (17%), mientras que a nivel México no alcanza mención alguna. De entrada, son bajos los índices de reconocimiento entre la población estudiantil hacia el fenómeno del CC como problema en los distintos contextos, sólo a nivel mundial lo perciben como tal.

Sin embargo, en la Tabla 1 se incluyen otras respuestas espontáneas relacionadas con el medio ambiente; no se pretende hacer aquí una agrupación de las mismas dentro del CC, pero sí mostrar que otros asuntos relacionados con el medio ambiente son mencionados entre los encuestados. Problemas relacionados con "*inseguridad, violencia, delincuencia*" aparecen con mayor frecuencia. Puede observarse que a nivel municipio de Xalapa, tanto afecta la "*inseguridad, violencia y delincuencia*", como la "*contaminación y deterioro del medio ambiente*" (30%); llama la atención el 7% que menciona la escasez de agua en una ciudad donde las lluvias son abundantes, aunque no el aprovechamiento del agua de lluvia. También destaca el 26% de menciones para el problema de "*validad vehicular*" en Xalapa, lo que ciertamente contribuye a incrementar las emisiones de GEI a la atmósfera.

Tabla 1. Principales problemas relacionados con CC y medio ambiente  
(Total de menciones espontáneas en % a primera y segunda respuesta)

Suma de Primera y Segunda Respuesta	Mundo (%)	México (%)	Veracruz (%)	Xalapa (%)
Cambio climático/calentamiento global	17	0	3	3
Contaminación	32	14	21	25
Deterioro del medio ambiente	6	3	6	5
Fenómenos naturales	5	0	2	0
Escasez de agua	0	2	3	7
Porcentaje Total	60	19	35	40

El que “CC” no sea mencionado dentro de los dos principales problemas, no significa que no hayan escuchado hablar de este concepto, aunque escuchar no siempre significa comprender y mucho menos emprender acciones hacia conductas ambientalmente sustentables. Efectivamente, conceptos como “CC”, “calentamiento global” y “agujero de la capa de ozono” son familiares para casi todos los encuestados (99%), seguidos de “gases de efecto invernadero” (95%) y “variabilidad climática” (90%). Disminuye la familiaridad con términos como “Estrategia Nacional de CC” (57%); “Comercio de emisiones de carbono” (31%) y “Sumideros de carbono” (23%). Con esto se detecta un menor conocimiento hacia conceptos también relacionados con el CC pero que seguramente reciben menos difusión entre la población estudiantil de Xalapa, especialmente si ésta no se encuentra dentro de profesiones relacionadas con el tema ambiental. A lo que sí convendría dar mayor difusión, seguimiento y aplicación de manera transversal en los planes curriculares de educación superior, es a la “Estrategia Nacional de Cambio Climático” y al “Protocolo de Kioto”. Por ejemplo, el término “Protocolo de Kioto” es conocido por el 61.5% de los estudiantes de posgrado, mientras que sólo el 37% de licenciatura afirma conocerlo y en esta misma proporción responden a pregunta específica sobre “qué es el protocolo de Kioto”. Además, en ambas muestras casi 7 de cada 10 estudiantes afirma no saber si México firmó este Protocolo. Entre quienes afirman que México sí se suscribió (28%), sólo el 5% considera que se están cumpliendo los compromisos adquiridos en el mismo, denotando así una baja credibilidad hacia la política ambiental y hacia los acuerdos internacionales suscritos por México en la Convención Marco de CC.

Muy diversos pensamientos o imágenes llegan a la mente de los encuestados cuando escuchan hablar

de CC, por lo que se agruparon en conceptos integrados de respuesta. Dentro del concepto “cambio y variabilidad climática” se encuentran el 24% de las menciones, aquí se integran respuestas relacionadas principalmente con cambios bruscos de temperatura, mucho frío, mucho calor. En el concepto “destrucción del medio físico”, se encuentran pensamientos o imágenes descritos por el 18% de los encuestados (deforestación, destrucción, especies en peligro de extinción, trastornos en el ecosistema, un planeta solitario), 16% de las respuestas espontáneas pueden ubicarse dentro del concepto “calentamiento global” (derretimiento/deshielo de los polos/de los glaciares, “imagen del mundo sobre una hornilla”, “la gente quemándose”, “oso polar en pedazo de hielo, sin posibilidad de seguir viviendo”). Casi 10% cuando escucha hablar de CC lo relaciona con “fenómenos naturales” (huracanes, terremotos, ciclón, temblor, catástrofes). Dentro del concepto “fin del mundo” se ubican 5% de las respuestas: “algo catastrófico como el apocalipsis”; “destrucción de la raza humana”; “fin del mundo, muerte, desesperación, desequilibrio”. Algunas otras de las respuestas espontáneas obtenidas se integran en conceptos como “escasez de agua” (4.5%), “escasez de alimentos” (1.8%) y “desinformación sobre el tema” (3.6%). Por otro lado, sólo 7% ubica espontáneamente al CC con situaciones que bien pueden ser agrupadas en el concepto “responsabilidad antrópica” (“hemos abusado mucho de nuestro mundo, de nuestra madre tierra”; “la principal causa, la industrialización en los países del primer mundo”; “las próximas generaciones no conocerán un mundo igual”; “personas haciendo cosas para remediar la situación”).

Sin embargo, en pregunta cerrada, al decidir entre si el CC es un proceso natural de la Tierra o bien, si es un proceso provocado por la actividad humana, 70% opta por esta última respuesta y 29% elige ambas respuestas. Esto es consistente con lo publicado por

el IPCC (2007) respecto a que el CC es causado por la actividad humana y coincide con lo que se ha obtenido en estudios similares con otras poblaciones. Además, casi 8 de cada 10 encuestados asume que al CC se le está dando “menos importancia de la que tiene”. Opiniones como éstas dejan ver el alto reconocimiento que se tiene hacia la responsabilidad antrópica ante el fenómeno del CC y la necesidad de emprender acciones de mitigación y adaptación de manera inmediata.

El 95% afirma que “cada vez que se utiliza carbón, petróleo o gas contribuimos al CC” y 85% está de acuerdo y totalmente de acuerdo en que “los GEI son la principal causa del CC”. Además, 53% elige entre varias afirmaciones la correcta para explicar la forma en que los GEI afectan al clima de la Tierra, sabe que estos “impiden que el calor escape de la atmósfera”. Sin embargo, 27% afirma que los GEI “destruyen la capa de ozono”, lo que científicamente resulta falso. Llama la atención también que casi 7 de cada 10 encuestados está de acuerdo en afirmaciones que se les presentan y que no corresponden a la realidad del CC, como afirmar que “la lluvia ácida es una de las consecuencias del CC” y que “el CC es una consecuencia del agujero en la capa de ozono”. Con esto se detecta que existe aún confusión en las representaciones que se tienen sobre las causas y consecuencias del CC entre los jóvenes estudiantes de nivel licenciatura y posgrado.

Con el fin de explorar posibles consecuencias derivadas del CC en el imaginario de los encuestados, se les plantearon una serie de afirmaciones relacionadas con situaciones meteorológicas y fenológicas que pueden o no estar vinculadas científicamente con el CC. Al cuestionar a los encuestados sobre su grado de acuerdo o desacuerdo con diversas afirmaciones que posiblemente detectan más ahora que antes, 9 de cada 10 personas está de acuerdo y totalmente de acuerdo en que “las estaciones antes eran más definidas, ahora se notan menos”; entre 7 y 8 de cada 10 detectan que “los veranos ahora son más largos y calurosos” y que “los huracanes ahora son más intensos”, además opinan que “la temporada de invierno ahora es más seca y calurosa” y perciben que “cada vez llueve menos donde viven”. Estos cambios son quizá lo más palpable que detecta la gente en relación con el CC, lo vive directamente y

así lo reconoce. Esta misma percepción se ha detectado en estudios similares<sup>1</sup>.

En otro grupo de afirmaciones, ahora partiendo de lo actual y con respecto al futuro, se cuestiona la presencia en México en los próximos veinte años de ciertos acontecimientos relacionados con el CC, siendo la escasez de agua potable lo que para 8 de cada 10 encuestados resulta muy probable y probable. Entre 6 y 7 personas de cada 10 ven probable y muy probable que aumentarán significativamente las temperaturas en todo el país, que los períodos de sequías serán más frecuentes, que se perderán suelos fértiles, que los alimentos serán más caros, que se extinguirán especies de plantas y animales y que habrá un incremento de incendios forestales. En otro contexto, entre diversos problemas mundiales que podrían agravarse por el CC, figuran en primer sitio los relacionados con la salud: desnutrición y hambrunas (81.3%), seguido de enfermedades (75.9%).

Posteriormente los encuestados ubican a la pobreza (74.1%) y migraciones (67.0%) con riesgos de incrementarse a causa del CC. Frente a escenarios semejantes y conscientes de los mismos, ¿qué cambios en conductas y comportamientos han adoptado en los últimos años en relación con el CC? 7 de cada 10 encuestados ha hecho algo al respecto; sin embargo, 10% de ellos menciona acciones que pudieran más bien orientarse hacia el propio confort: “más uso de ventiladores y aire acondicionado”, “más actividades al interior, otro tipo de actividades”, “usar ropa más ligera, otro peinado”, denotando con esto conductas individualistas de bajo compromiso y poco conscientes del problema del CC.

El resto ha realizado otro tipo de acciones como menor consumo de energía en el hogar, menor consumo y reutilización de agua, reciclaje y separación de basura, uso de focos y aparatos ahorradores, compartir auto, desplazarse en transporte público o caminando. La economía es el principal motivo para plantearse el ahorro energético (42.9%); otros concientizan y afirman que ahorran energía para producir menos contaminación (36.6%) y unos más para ser responsables (19.5%). No hay muchos dispuestos a pagar un sobreprecio del 10% en productos y servicios si esto contribuyera a frenar

<sup>1</sup> En un estudio de Meira Cartea y Arto Blanco (2009) realizado sobre la sociedad española y en otro estudio citado por este mismo autor, realizado sobre la sociedad sueca (SEPA, 2000), 7 de cada 10 personas encuestadas afirmaron percibir cambios meteorológicos y fenológicos.

el CC, lo que más menciones recibe son: electrodomésticos más eficientes (47.3%), transporte público (31.3%), agua (28.6%), combustible (27.7%), con lo que queda claro que la economía ya está demasiado presionada como para aceptar incrementos con este fin.

### Fuentes de información sobre CC

La televisión y las redes sociales son los principales medios masivos a través de los cuales los encuestados han recibido información sobre CC, así lo mencionan 9 de cada 10 encuestados. Tratándose de una muestra comprendida por estudiantes, es claro que otra fuente importante para recibir este tipo de información sea a través de clases (7 de cada 10) aunque de manera paralela esta misma proporción de encuestados afirma recibir información sobre CC de los periódicos, revistas especializadas y campañas publicitarias. Disminuye entre 6 y 5 de cada 10 encuestados la recepción de este tipo de información a través de radio, conferencias, libros y cine.

Un profesor, un amigo y un familiar, son las personas de quienes entre 7 y 8 encuestados han escuchado recientemente algo relacionado con el CC; seguidos de un ecologista y un periodista en igual porcentaje de menciones (66%). Escuchar hablar sobre este tema a funcionarios de gobierno, políticos nacionales y locales no ha sido reciente entre los encuestados, sólo entre 2 y 3 de cada 10 así lo afirman. El grado de confianza a la información recibida sobre CC es mayor si se recibe de los científicos, de grupos ecologistas, de educadores ambientales y de organismos de Naciones Unidas, entre 5 y casi 7 de los encuestados afirman tener mucha confianza en la información proveniente de estas fuentes. Por el contrario, en esta misma proporción se encuentra la poca o nula confianza hacia la información proveniente del gobierno federal, estatal, de los ayuntamientos y de los empresarios.

Documentales y películas sobre el CC han sido vistos en alguna ocasión por 9 de cada 10 encuestados, dominando este género informativo y seguido muy de cerca por las búsquedas en internet sobre este tema (76%). Otras actividades relacionadas con el tema de CC que 5 de cada 10 encuestados ha realizado en alguna ocasión son: lectura de revistas especializadas, exposiciones sobre ahorro de energía o CC, consulta de guías prácticas para el ahorro de energía. Cabe destacar la mínima consulta que se hace en dependencias de

gobierno sobre cómo ahorrar energía, sólo 7% ha recurrido a esta fuente para pedir información o asesoría al respecto. Las fuentes de información, ya sea a través de medios masivos o de comunicación personal, contribuyen a crear y modelar la propia estructura de las representaciones. Al conocer las principales fuentes de información y las más confiables para los destinatarios, se espera proponer canales más efectivos de difusión de información puntual y convincente, orientada a adoptar conductas que contribuyan a frenar los efectos del CC.

### Conclusiones

Ciertamente la población estudiantil condensa rasgos representativos de un gran conjunto de la población mexicana, lo que permite construir un perfil general de los rasgos psicosociales que la caracterizan y que tendrían que ser tomados en cuenta para el diseño de estrategias educativas y de comunicación que potencien las políticas de respuesta al CC. A través de los resultados derivados de este estudio, se puede avanzar que entre la población estudiantil del campus Xalapa de la UV, el deterioro del medio ambiente es detectado espontáneamente como problema desde el contexto local hasta el global, lo que no sucede con el fenómeno del CC. En respuesta a pregunta específica, el término del CC es conocido por la mayoría, aunque existe aún confusión hacia sus causas y consecuencias, lo que deja manifiesto que a nivel de la población el conocimiento y comprensión sobre el CC se mantienen bajos, aunque a nivel científico sea alto. Las fuentes que consideran más confiables al recibir información sobre el CC son principalmente los científicos, los grupos ecologistas, los educadores ambientales y los organismos de Naciones Unidas. Se detecta también que los medios masivos de comunicación es el principal canal a través del cual afirman recibir información sobre el CC. Con esto se confirma que el problema educativo y de comunicación sobre el CC no puede reducirse a transmitir la mejor información científica disponible a través de los medios masivos de comunicación, dado que según los resultados obtenidos en este estudio, no se está llegando aún a los cambios de actitudes y comportamientos deseados en la sociedad para contribuir a frenar el CC. Este sería entonces el reto a vencer a través de programas de comunicación y de educación diseñados con conocimiento de las percepciones y representaciones que los destinatarios tienen sobre CC.

**Fuentes de consulta**

Calixto, R. (2007). *Representaciones del medio ambiente de los estudiantes de la Licenciatura en Educación Primaria*. Tesis de Doctorado en Pedagogía. México: Facultad de Filosofía y letras UNAM.

Calixto, R. y E. González Gaudiano (2008). Representaciones sociales del medio ambiente. Un problema central para el proceso educativo En *Trayectorias*, revista de ciencias sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 10(26): 66-79. México: UANL.

IPCC (2007). *Climate change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, IPCC.

Fernández Crispín, A., J. Benayas del Álamo y J.G. García Pérez. (2008). La teoría de las representaciones sociales como una herramienta de investigación en educación ambiental En Abraham Quiroz Palacios (coord.), *La psicología en los procesos electorales, la educación ambiental y la vida cotidiana* (pp. 105-124). México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

González Gaudiano, E. y P.A. Meira Cartera (2009). Educación, comunicación y cambio climático. Resistencia para la acción social responsable En *Trayectorias*, revista de ciencias sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 11(29): 6-38. México: UANL.

Lara González, J., A. Fernández, S. Silva y R. Pérez (2009). Representación social de las causas de los problemas ambientales. El caso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla En *Trayectorias*, revista de ciencias sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 12(30): 40-55. México: UANL.

E. Mateu y J.Casal (2003). *Tamaño de la Muestra*, CReSA. Centre de Recerca en Sanitat Animal / Dep. Sanitat i Anatomia Animals, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193-Bellaterra, Barcelona, pp. 8-10. Consultar en: <http://minnie.uab.es/~veteri/21216/TamanoMuestra3.pdf> (acceso 15/08/2011).

Meira Cartea, P.Á. (2009). *Comunicar el cambio climático. Escenario social y líneas de acción*. Madrid,

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

Meira Cartea, P.Á., M. Arto Blanco y P. Montero Souto (2009). *La sociedad ante el cambio climático. Conocimientos, valoraciones y comportamientos en la sociedad española*. Fundación Mapfre. España: Universidad de Santiago de Compostela.

Moscovici, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Editorial Huemul, Buenos Aires.

Norgaard, K.M. (2009). *Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change*. Background paper to the 2010 World Development Report. The World Bank. Policy Research Working Paper 4940, 74 p.

Terrón Amigón, E. (2010). *Educación Ambiental. Representaciones sociales y sus implicaciones educativas*. México: Horizontes Educativos.

Urbina Soria, J. y J. Martínez Fernández. (Comp.) 2006. *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. México, INE-UNAM.

## De cómo se ha embotado nuestro sentido solidario.

Gabriela Hernández Flores <sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNAM /UIA

En la actualidad, los seres humanos enfrentamos el mayor desafío de toda la historia a nuestra supervivencia. Las problemáticas ecosociales día con día son más graves y la *crisis generalizada de relaciones* es cada vez más apremiante. Con esto queremos decir que nuestras relaciones sociales (entre individuos y entre sociedades), así como nuestras relaciones ecológicas (con otros organismos y con el medio físico) son críticas, lo que implica que todas las interacciones que sostienen nuestro mundo “*se muestran en el límite de su capacidad de resistencia*” y es previsible un grave colapso de todas ellas. Para poder seguir habitando nuestro planeta de forma viable, es urgente recomponer la comunión con los otros humanos y no-humanos “*con quienes tenemos una relación de necesaria interdependencia*”. Por lo anterior, proponemos con este trabajo, la reivindicación del sentido solidario de nuestra raza humana.

Comencemos señalando que el “sentido solidario” es el talante humano de atender y encargarse del otro y la básica sensibilidad y acogida de éste, del distinto a mi persona; es también el interés genuino por las diversas realizaciones de la vida, el padecer en las propias entrañas el dolor de la desaparición de otros seres, de la muerte innumerable de las víctimas del sistema que depreda constantemente la esperanza en la tierra. Solidaridad que no consiste en el mero compartir la vida con los otros hombres, las otras culturas o las otras especies, sino que requiere también el hacer del derecho suyo un deber propio y luchar por la posibilidad de su vida con la denuncia y el diario ejercicio que exige la situación de interdependencia a la que estamos sujetos. José María Vigil y Pedro Casaldáliga señalan que “los varios nombres que el amor ha ido recibiendo a lo largo de los siglos, confluyen hoy en

esta palabra de tan fuerte contenido: solidaridad”.<sup>1</sup> Efectivamente, este talante, es la ternura ante los pueblos, la ternura ante los otros hombres, la compasión por las otras especies que busca ser un efectivo reconocimiento, respeto, colaboración, alianza, amistad y ayuda hacia ellas. También está íntimamente vinculada con otras actitudes como la simpatía, el afecto y el cariño sin las que no habría verdaderos gestos solidarios.

La solidaridad nos lleva a estar dispuestos a participar de la suerte de los relegados, oprimidos o amenazados, y esa actitud es el mejor camino para evitar un simple asistencialismo con el que durante muchos siglos se trató de remediar las problemáticas sociales o ecológicas. Es decir, una forma sencilla de atender a las urgencias ecosociales sería simplemente dar recursos económicos, demandar leyes o solicitar cambios que no involucren la totalidad de nuestras propias vidas; pero la solidaridad implica el ponernos del lado de las víctimas de los sistemas depredadores para asumir su misma situación de riesgo, para hermanarnos con ellas y tomar la causa de su supervivencia como propia. Esta actitud es ejemplar en algunos personajes que han abandonado sus propios lugares privilegiados, poderosos o protegidos, para volverse vulnerables y atender así más de cerca a las personas o vidas marginadas, empobrecidas o frágiles.

La solidaridad en un mundo de víctimas nos lleva a estar dispuestos a llegar a ser también víctimas. De esta manera, las transnacionales, los gobiernos o los grupos urbanos privilegiados sólo podrán atender superficialmente las demandas de los afligidos, pero jamás ejercerán la solidaridad, hasta

---

<sup>1</sup> CASALDÁLIGA P. Y VIGIL J. M.; *Espiritualidad de la liberación*, CRT-CEE-CEBs-CAM, Distrito Federal 1993, pp. 85-86.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

que puedan atreverse a “traicionarse a si mismos”, pues el sentido solidario exige comunión de compromiso, ya que promueve la comunión de bienes y de vidas.

Lamentablemente, el carácter solidario es cada día más escaso en nuestra época, debido al mismo sistema estructural sobre el que la mayoría de nuestras sociedades están organizadas. Éste es el capitalismo tardío que impera en numerosos países desde hace aproximadamente treinta años y al que culturalmente se ha caracterizado (por algunos sociólogos y ecologistas) como “posmodernidad”, que es descrita por Ramón Fernández Durán<sup>2</sup> como. “la nueva maquinaria o modo de autoreproducción del capitalismo, que ha ido eliminando la ética puritana-calvinista por la cultura del consumo y de la realidad virtual en la que se aparenta que nada cuesta trabajo”.<sup>3</sup> Precisamente esta definición es casi idéntica a la que nos ofrece el sociólogo D. Lyon:

Utilizo la palabra “posmodernidad” a modo de abreviatura conceptual para referirme al conjunto de cambios que se relacionan particularmente con la difusión de las tecnologías de la comunicación y la información y con el surgimiento de lo que podría denominarse hiperconsumismo.<sup>4</sup>

Los dos aspectos señalados son entonces: 1) la cultura del consumo, 2) la realidad virtual o tecnologías de la comunicación e información; dos rasgos que nos hacen creer que “nada cuesta trabajo”. Sencillamente, la posmodernidad es la situación de que nuestro mundo contemporáneo se rija por el consumismo, pues éste ha llegado a sustituir al trabajo como modo de producción económica; y ha sustituido también a éste como modo de apropiación de nuestra identidad. Además,

<sup>2</sup> Quien ha muerto recientemente el pasado 10 de mayo del presente año.

<sup>3</sup> Cfr. FERNÁNDEZ DURÁN, R., *Tercera piel: Sociedad de la imagen y conquista del alma*, Virus Editorial, Barcelona 2010., Puede consultarse: <http://www.viruseditorial.net/pdf/Tercera%20piel.pdf>

<sup>4</sup> LYON, D., *Jesús en Disneylandia*, p. 71.

en nuestra época los flujos financieros se propician motivando con la publicidad el deseo de las masas para que nuestro consumo sea el motor de todo el sistema. Ésta es la primera característica, que produce la incapacidad del hombre y mujer posmodernos para adentrarnos en la solidaridad y para reaccionar ante el otro ser vivo. A esto es a lo que llamaremos *la primera forma del solipsismo* en el que la ideología del consumo “se ha convertido en la gran ideología”<sup>5</sup> y bajo cuya lógica se generan personas “atrincheradas en su mundo de deseos y necesidades” que “no levantan la vista más allá del círculo de sus intereses”. Al caminar por la vida “sólo advierten las personas y situaciones capaces de saciar su fiebre poseedora de ostentación”. “No perciben los rincones oscuros de la sociedad”. El hiperconsumismo nos deja ciegos ante las otras especies amenazadas o ante las otras personas humanas marginadas, hasta que sencillamente no se atraviesan ya por nuestro espacio. Pasamos de largo junto a ellas, pero por algo más grave que la sola indiferencia, porque no los percibimos, porque han dejado de existir, somos inmunes a la exigencia de su vulnerabilidad y de su vida amenazada.<sup>6</sup> José María Mardones concluye sus análisis sin acallar que “el hombre consumista es un ser insolidario”,<sup>7</sup> que con su mirada pasa cosificando y atrapando posesivamente al prójimo. Así, el capitalismo no tiene otra manera de triunfar que comprando y domesticando la lealtad de las masas por medio del consumo. Éste es el principal legitimador del sistema, pues “se nos tiene contentos si la capacidad de comprar, tener y consumir más no cesa”.<sup>8</sup>

El segundo rasgo posmoderno, es el desarrollo de las nuevas tecnologías: desde la radio hasta las redes sociales del Internet, la televisión, las comunicaciones, los celulares, las cámaras, los cines, las múltiples oportunidades cibernéticas, etc. Todo esto conforma la realidad virtual<sup>9</sup> que crea

<sup>5</sup> FERNÁNDEZ DURÁN, R., *Tercera piel...*

<sup>6</sup> MARDONES, J. M., *Postmodernidad y neoconservadurismo: reflexiones sobre la fe y la cultura*, Verbo Divino, Navarra 1991, pp. 199 y 200.

<sup>7</sup> MARDONES, J. M., *Op. cit.*, p. 200.

<sup>8</sup> *Ibid.*, p. 104.

<sup>9</sup> Ésta surge en los avances tecnológicos de finales del siglo XIX (telégrafo, teléfono, fotografía, primeras proyecciones cinematográficas, etc.) hasta que en el siglo XX se desarrollen los medios de comunicación de masas.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

sociedades progresivamente desapegadas de la “realidad real”, es decir la realidad de las víctimas innumerables de toda clase de muertes antes de tiempo. Especialmente, la televisión irá desplazando las preocupaciones humanas hacia el espacio de lo virtual y esconderá al mismo tiempo el deterioro del espacio cotidiano (la metrópolis urbana en la que residimos físicamente o la aniquilación de bosques, ríos, selvas o comunidades), así trastocará la comprensión del funcionamiento social. La realidad virtual se instala en el espectáculo y el entretenimiento “para que no pensemos”; la cultura del videoclip embrutece la reflexión y fragmenta cualquier línea discursiva con la velocidad del vértigo.

Actualmente, la televisión llega a más del 80% de la población mundial, ayudando a formar la “Aldea Global”, e incluso a sitios donde no llega el agua, llega la tele, lo que condiciona por completo el sentido de la realidad. Parece que casi la totalidad del género humano “*se hubiese salido de la realidad física para meterse en cuerpo y sobre todo en alma en la ‘realidad virtual’*”, generando así un exilio y un encierro en la indiferencia, debido a la extremada y veloz obsolescencia de las noticias. Llamamos a esto “el casco de realidad virtual”, segunda “coraza de indiferencia” o *segunda forma del solipsismo*.

También la “sociedad del entretenimiento” desaparece el trabajo y la energía de nuestras preocupaciones, como si todo este mundo virtual, se moviera sin esfuerzo humano y sin consumo energético, “todo está a un click”, “todo fuera del Internet nos va resultando lento”. Esta ‘Tercera piel’ (o realidad virtual) provoca que creamos en el crecimiento continuo y viable sin fin, en el desarrollo, y que tengamos fe en el dinero como “vara universal de medirlo todo”, todo se va reduciendo a lo monetario. La realidad virtual o sociedad del espectáculo fabrica un mundo irreal en el que todo es posible.

En términos generales, encontramos que la característica elemental del universo posmoderno es el autocentramiento en el yo, ligado a la angustia por conquistar la propia identidad. D. Lyon asegura

que el objeto sagrado-numinoso de nuestra época es precisamente el yo.

la sacralización del yo de finales del siglo XX -como medio de hallar continuidad a múltiples identidades- constituye una sorpresa. Esto se ve sobre todo en los variados movimientos de la New Age -y sus parásitos comerciales-, pero también en el “solipsismo autoabsorto” del cibernavegante, que crea un cosmos personalizado dentro de unos audífonos de realidad virtual, o que tal vez construye incluso una página de Internet.<sup>10</sup>

Actualmente asistimos a una apabullante reafirmación del yo. Leonardo Boff apunta que al ser humano posmoderno le ha entrado el “complejo de Dios”, se comporta casi como si lo fuera, todopoderoso y por encima del bien y del mal. Piensa que a través de la tecnociencia y del uso indiscriminado de energía lo puede conseguir todo, pero además ha desarrollado el individualismo narcisista y posesivo, y el hedonismo insolidario al que ya hemos hecho referencia. El ser humano posmoderno es un consumidor insaciable, espectador pasivo de una realidad que lo supera y no comprende, “*cuya principal libertad es la del mando a distancia, sin ningún sentido del bien común y que sólo defiende sus propios intereses particulares*”, este nuevo Dios potencial ha conseguido finalmente, que “nuestro yo más íntimo se haya convertido en capitalista”,<sup>11</sup> este sistema y cultura han penetrado en lo más hondo de nosotros mismos, en el sitio que las religiones reservaron para lo numinoso. Además, el continuo contacto a distancia que permiten las TICs nos inhibe de cultivar los vínculos comunitarios más cercanos que cada día se diluyen y desarticulan más. El diagnóstico contra el que es preciso luchar actualmente es, entonces, el embotamiento de la genuina solidaridad de la raza humana. Lo que comúnmente se nombra como indolencia generalizada o rémora de los indiferentes.

<sup>10</sup> LYON, D., *Jesús en Disneylandia*, p. 28. Cita a Benjamín Woolley, *Virtual Worlds*.

<sup>11</sup> FERNÁNDEZ DURÁN, R., *Tercera piel*, p. 50-51.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Pese a esta situación cultural imperante, la urgencia de que se realice la justicia ecosocial y se rearticulen y sanen las diversas interrelaciones, precisa que ellas broten de la solidaridad, de la empatía que nos sitúa en el lugar de las víctimas y que nos impulsa a reconocerlas de modo real, y no sólo declaratoriamente, como sujetos de derecho y dignidad.<sup>12</sup> Javier Jiménez Limón señala que para vivir una auténtica solidaridad, se requiere del afecto y de la efectividad para que se realice la comunión real entre los seres vivos. La solidaridad es un amor histórico y práctico que implica una fuerte relación con el *sufrimiento* y la *muerte* pues se deja afectar por el dolor de especies, personas, o colectividades, asumiéndolo como propio. Además, actúa contra los sufrimientos que es posible evitar y no se detiene por el temor de los riesgos que se van asumiendo. Se apropia de la búsqueda y el anuncio de esperanza para los sufrimientos irremediables, como la finitud o lo ya acontecido. La crisis planetaria exige que reaccionemos ante la amenaza ecológica y que vuelva a despertarse en el ser humano su sentido solidario.

Como rasgo central, la solidaridad es con las víctimas de la injusticia socio-histórica y eco-estructural, porque la solidaridad que no incluya a las víctimas está pervertida y porque la búsqueda de esperanza para otras formas de sufrimiento (muertes, enfermedades inevitables o culpas) será mezquina y contradictoria si se acepta la “muerte matada” y “la muerte antes de tiempo” de las mayorías humanas y de las múltiples especies. Tal solidaridad es eficazmente transformadora, nos coloca en la tarea urgente de la liberación y del cuidado históricos y está dispuesta a todas las consecuencias de su *praxis*.

El llamado personal se escucharía del modo siguiente: ‘ante los retos urgentes de nuestra hora...’ “sé solidario; sé eficazmente solidario; y no temas”. La invitación es a ser solidarios con las víctimas vivas humanas o no humanas de las

estructuras sociales y económicas, afrontando las causas de su opresión y marginación estructural; no temiendo a los poderes que asimismo nos marginarán y oprimirán por hacerlo “pero que no pueden matar a la solidaridad misma incondicional en la que consiste (...) la vida indestructible”.<sup>13</sup> La solidaridad es el lugar decisivo de la vivencia de la plenitud, es el talante que nos humaniza, pues es el sitio más pertinente para experimentar la redención del sufrimiento y su esperanza fiel y creíble. Pero, justamente por ser transformadora suele suscitar la persecución de este mundo y capacita para no rehuir la persecución, la condena o la muerte.<sup>14</sup>

**Fuentes de consulta**

CASALDÁLIGA P. Y VIGIL J. M.; *Espiritualidad de la liberación*, CRT-CEE-CEBs-CAM, Distrito Federal 1993

FERNÁNDEZ DURÁN, R., *Tercera piel: Sociedad de la imagen y conquista del alma*, Virus Editorial, Barcelona 2010., Puede consultarse: <http://www.viruseditorial.net/pdf/Tercera%20piel.pdf>

MARDONES, J. M., *Postmodernidad y neoconservadurismo: reflexiones sobre la fe y la cultura*, Verbo Divino, Navarra 1991

AGUIRRE, R. Y VITORIA CORMENZANA, F. J.; “Justicia”, Sobrino J. y Ellacuría I. (coords.) *Mysterium Liberationis, Conceptos fundamentales de la Teología de la Liberación II*, Trotta, Madrid 1994

<sup>12</sup> Cfr. AGUIRRE, R. Y VITORIA CORMENZANA, F. J.; “Justicia”, Sobrino J. y Ellacuría I. (coords.) *Mysterium Liberationis, Conceptos fundamentales de la Teología de la Liberación II*, Trotta, Madrid 1994, p. 574.

<sup>13</sup> Cfr. *Ibíd.*, p. 484.

<sup>14</sup> Cfr. *Ibíd.*, p. 491.

## Propuesta de comunicación para promover el Manejo Integral del Acuífero de Maneadero, B.C. México.

Adriana Licona García <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias  
Universidad Autónoma de Baja California

### Introducción

A nivel mundial, pero de manera más intensa en la cultura occidental, la mayoría de las formas de producción fueron diseñadas para operar en condiciones de abundancia de recursos naturales (suelo, agua y aire). Esto ha ocasionado que en las últimas décadas la explotación de los recursos naturales se haya hecho de manera irracional sin precedentes. Este tipo de desarrollo, en el que se presenta una sobreexplotación del “capital natural” con la finalidad de obtener la máxima ganancia en el corto plazo, es la causante de los problemas ambientales globales (efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, contaminación atmosférica y del agua, entre otros) y en buena proporción de los problemas locales (deforestación, erosión, pérdida de la biodiversidad, contaminación, etc.).

A su vez, estos problemas ambientales limitan el mismo tipo de desarrollo (Bautista Zuniga, 2011). La caracterización del acuífero de Maneadero, Baja California, a partir de la integración sistemática de la información de las actividades antropogénicas (Presión) y los estudios técnicos (Estado), servirá como base para proponer estrategias de comunicación que promuevan la participación de los usuarios principales en el manejo integral del acuífero.

### Metodología

Para lograr una caracterización integral, es necesario que el abordaje se genere desde la interdisciplina. El esquema metodológico de la Figura 1 se diseña con el supuesto de que una caracterización integral, mínimamente aceptable, debe incluir; la descripción de la presión socioeconómica que se ejerce sobre el sistema, y el estado del capital natural, que describiremos a partir de los monitoreos de la calidad del agua, estudios piezométricos y geológicos. Se propone entonces este esquema metodológico (Figura 1) como una estrategia para integrar la información que se refiere al Acuífero de Maneadero.

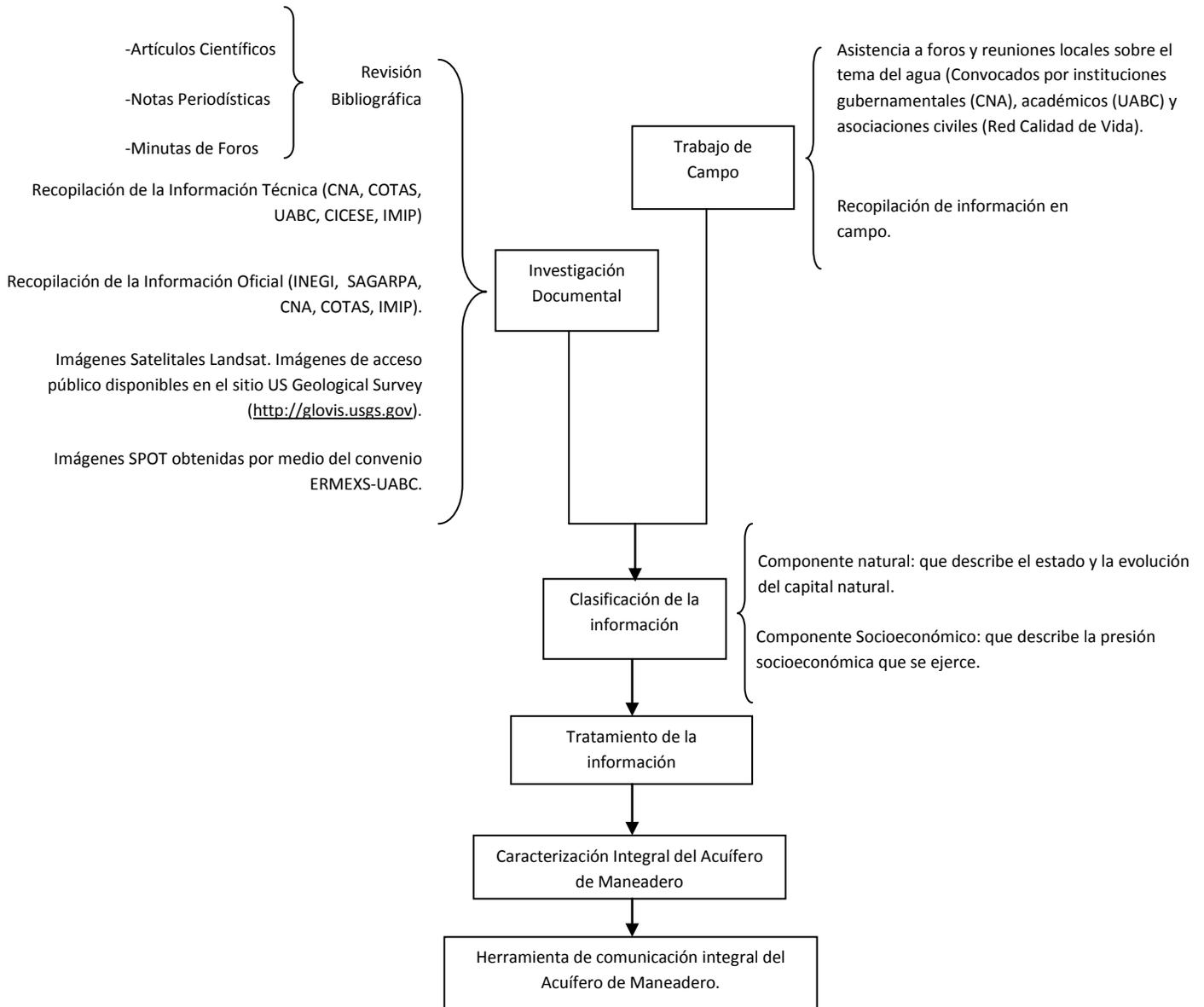
Como se señala en la Figura 1, como primer paso se realizó la investigación documental y simultáneamente se comenzó el trabajo de campo. Posteriormente se iniciaron los trabajos de digitalización de la información espacial; como parte de este proceso se homogenizó el sistema de coordenadas de los datos. Luego se clasificó la información que describe el componente socioeconómico (presión) y el componente natural (estado) y se diseñó la estructura de cada capa del SIG.

Durante la recopilación de la información para describir la presión nos enfrentamos con la falta de bases de datos de calidad, con información poco confiable, debido principalmente a que entre los productores agrícolas y las autoridades correspondientes, no existe un diálogo de confianza, que promueva el desarrollo sostenible de la agricultura. Los productores agrícolas tienen una concesión total de 37.6 Mm<sup>3</sup> de agua subterránea, lo que limita que estén dispuestos a disminuir su consumo, ya que si éste disminuye, puede disminuir también la concesión. Entonces, la causa fundamental del problema de sobreexplotación está implícita en la misma estructura de gestión.

El censo de aprovechamientos de agua subterránea del 2010, comparado con el censo 2002, contiene un mayor número de campos de caracterización para cada pozo, sin embargo, cuenta con un menor número de registros. Uno de los principales problemas, según nos indicaron los ejidatarios, es que la CNA contrata temporalmente a personal que no es de la región (de la capital y del centro del país), por un periodo de tiempo corto. Según los ejidatarios, es personal que no conoce la zona, ni a los ejidatarios, así que no se comprometen para realizar un levantamiento de datos de calidad. El censo de aprovechamientos de agua subterránea 2010, fue gestionado de forma extraoficial y hasta la publicación de esta investigación, no se ha reportado su publicación oficial.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 1 Esquema Metodológico



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

**Discusión**

Por otro lado, no acercamos la Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Distrito de desarrollo Rural 001 en busca de información de la productividad agrícola del período 1990-2008. Sin embargo, no se cuenta con una base de datos digital, los reportes mensuales se van desechando en un archivo muerto, lo que limita la capacidad de análisis.

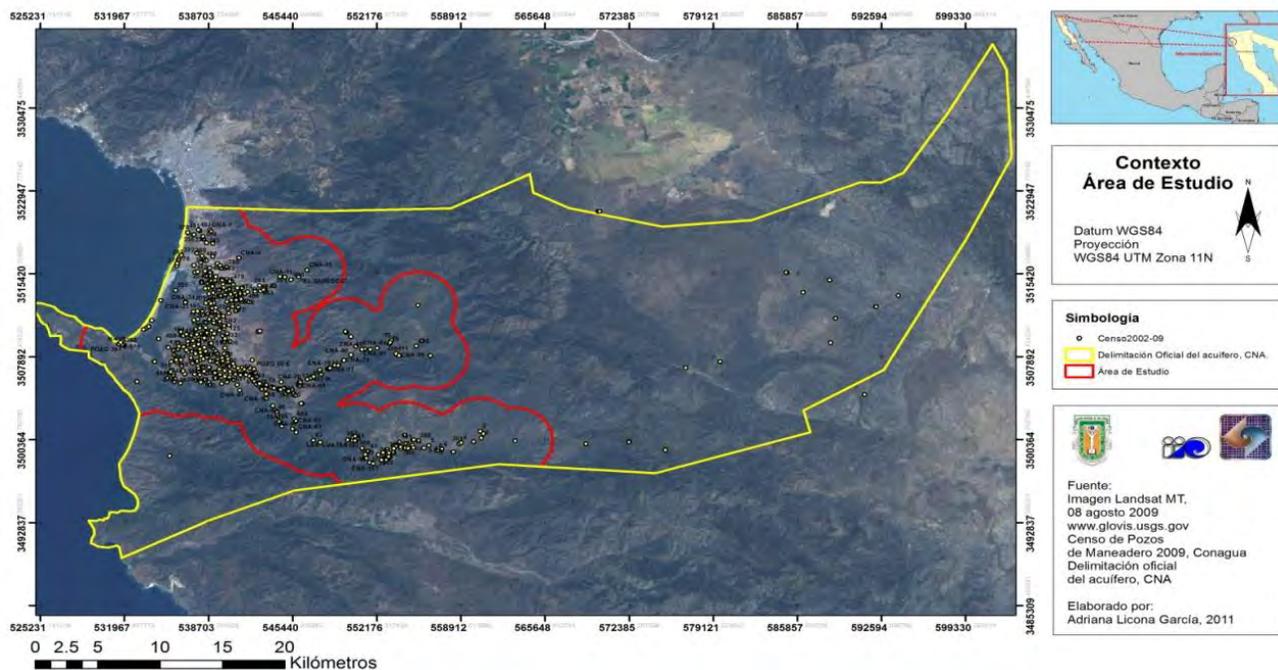
En las salidas de campo se observó una falta de información generalizada. Se hizo un levantamiento de encuestas por muestreo estratificado (costa, arroyo las animas, arroyo san carlos y tanque de distribución), ya que de la localización espacial, depende la calidad del agua de cada pozo. El estrato de tanque de distribución se propuso por considerar que la cercanía a este puede influir en el imaginario colectivo del aprovechamiento.

El análisis de las encuestas arrojó que no existe una asociación entre la ubicación espacial de los pozos (calidad del agua) y la disposición para usar agua

tratada para riego agrícola. La causa fundamental de la sobreexplotación es la desinformación y la falta de sentido de colectividad aunado a la poca o nula participación de los ejidatarios con la gestión del valle agrícola. Además, se identificó uno de los hábitos que merman la calidad del agua subterránea; además de la extracción desmedida, los productores que usan osmosis inversa para mejorar la calidad del agua subterránea, desechan la salmoera residual en los caminos o la vierten en los pozos abandonados.

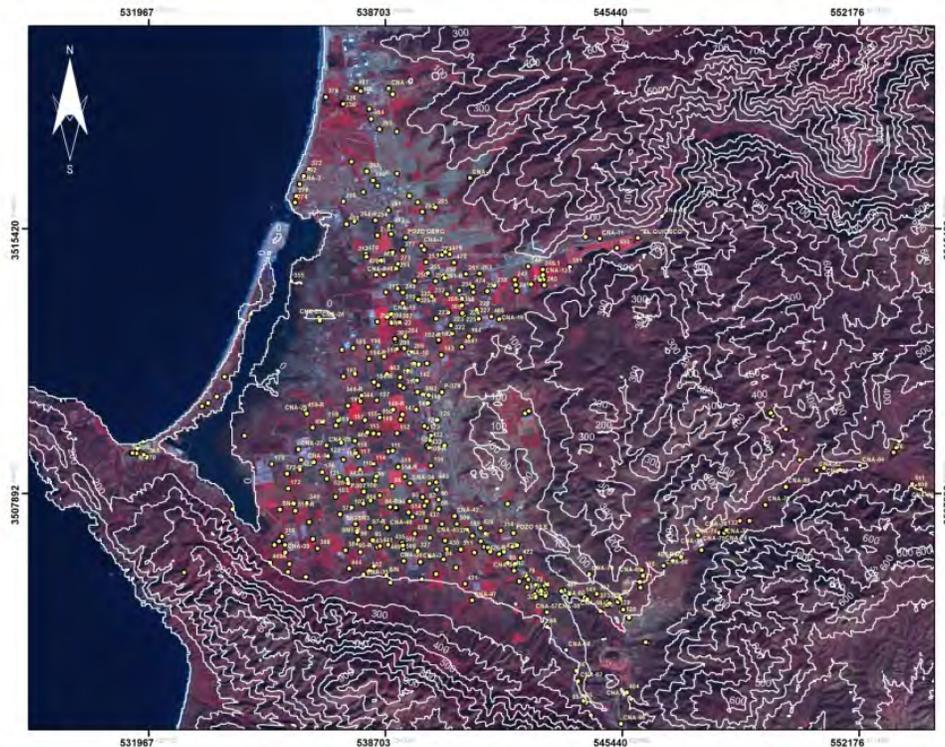
Se reconoce la falta de un proceso de educación ambiental dirigido a los pobladores del Ejido Sánchez Taboada, enfocado a los ejidatarios que cuentan con concesión para explotar el agua subterránea, para promover buenas practicas de uso y reuso del agua. Hoy en día, el mayor interés de los usuarios son las ganancias monetarias que les representa la exportación a EUA, aunque cada vez son menos los ejidatarios que exportan.

Figura 1. Contexto y área de estudio de la investigación



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 2. Zoom del Área de Estudio (valle)



En el análisis de la información del estado del capital natural, encontramos que el monitoreo del clima (temperatura, precipitación pluvial, evapotranspiración), se lleva a cabo en las estaciones climatológicas de la CNA. Sin embargo, no todos los datos que nos proporcionaron son originados por el monitoreo, algunos son la media de los datos que si fueron registrados. Es decir, no existe un monitoreo sistemático de la climatología.

Las investigaciones académicas y técnicas que se llevan a cabo son de gran importancia para la descripción del estado del acuífero. En éstas se detalla el avance de la intrusión salina a través del tiempo y/o se proponen modelos de la conformación hidrogeológica. Sin embargo, hacen falta investigaciones integrales que tengan como objetivo general comunicar el estado del acuífero a los usuarios, de forma clara y concisa.

Hay información del estado del acuífero, sin embargo el monitoreo tampoco es sistemático y no involucra activamente a los usuarios principales. Además, estos trabajos se publican en revistas científicas, que es literatura de nulo interés para los tomadores de decisiones y que no está al alcance de los usuarios principales, lo que resulta en un desconocimiento amplio de la problemática que enfrentan. Hay que aclarar que no estamos en contra de este tipo de publicaciones, más bien es un exhorto a la comunidad científica para que sea también facilitadora del conocimiento que genera.

El valle de Maneadero es cada vez menos rentable para el abasto de agua potable y las actividades agrícolas, sin embargo, no existen datos concluyentes del balance hidrológico que presenta el acuífero anualmente. Las actividades agrícolas se deben planear en función de un balance hidrológico anual que anteponga los requerimientos del ecosistema y

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

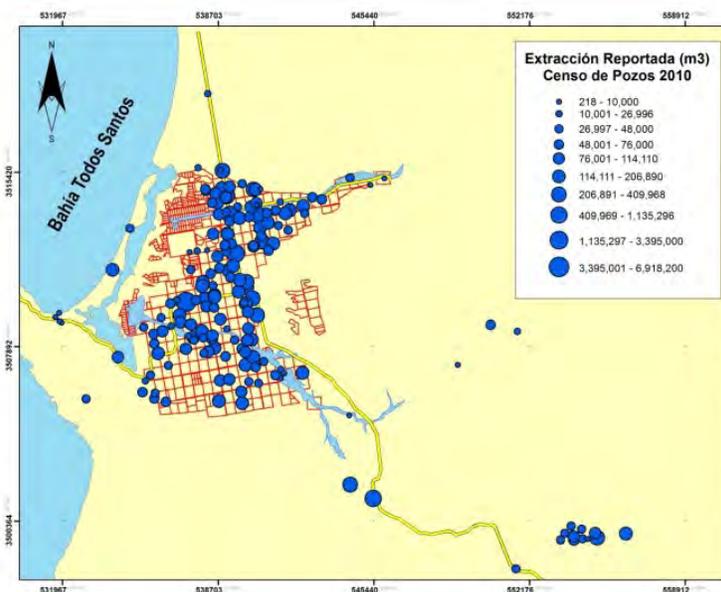
agua potable para consumo humano. Se debe preferir el reúso para fines agrícolas, de tal forma que exista un abasto garantizado para esta actividad productiva. Mientras se antepongan intereses económicos de corto plazo que lograr el equilibrio de la recarga y descarga del acuífero, no se puede garantizar la salud del ecosistema, que a su vez asegura el bienestar social y la estabilidad económica de nosotros y nuestra futuras generaciones.

Aunque ya hay esfuerzos concretos de la reutilización de agua tratada (Sistema Producto Flor – CESPE), falta vincular a todos los organismos involucrados en el manejo del recurso hídrico, en una ambiente de confianza que promueva la comunicación entre los sectores, evite la sobre posición de ideas y vinculé al Comité Técnico de Agua Subterránea de Maneadero, A.C. (COTAS) de manera activa en la gestión integral. Así, el producto de éste trabajo es un primer acercamiento a la integración de todas las variables socio ecológicas y una propuesta para subsanar los huecos que se identifican. La planeación ambiental, es necesariamente un ejercicio de interdisciplinariedad que genera progresos metodológicos como consecuencia directa del aprendizaje mutuo entre los diferentes colaboradores. Hasta este trabajo, no existía una caracterización que conciba todas las componentes de la gestión integral

La utilización de los SIG en el manejo y conservación de los recursos naturales facilita la sobre posición de superficies continuas para su análisis y es una herramienta que nos permite informar de manera practica y sencilla la presión que se ejerce sobre el sistema y el estado del capital natural. Mediante el cambio actitud de la academia, que ya se vislumbra, que promueva la comunicación de calidad con los ejidatarios, se asegurará, en el largo plazo, el manejo integral del acuífero de Maneadero. A continuación se describe el contenido del SIG por capas de información.

Información del Contexto. Escala 1:350,000. Imagen satelital Landsat en color verdadero formato \*.jpg. Capa de reconocimiento del paisaje para contextualizar el área de estudio. (a) La imagen Lansat fue tomada el 8 de agosto del 2009 y sólo tiene procesamiento del nivel 4. (b) Polígono oficial del acuífero de Maneadero. Los vértices oficiales se reportan en el Diario Oficial de la Federación, 31 de enero de 2003. (c) Censo de aprovechamientos en el 2010. Puntos de la base de datos “Censo de Pozos de Maneadero 2002-10” (Figura 2).

Figura 4 Presión por el volumen de extracción reportado



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 5 Histograma por zonas (UMG) del volumen extracción de agua subterránea reportado (CNA 2010).

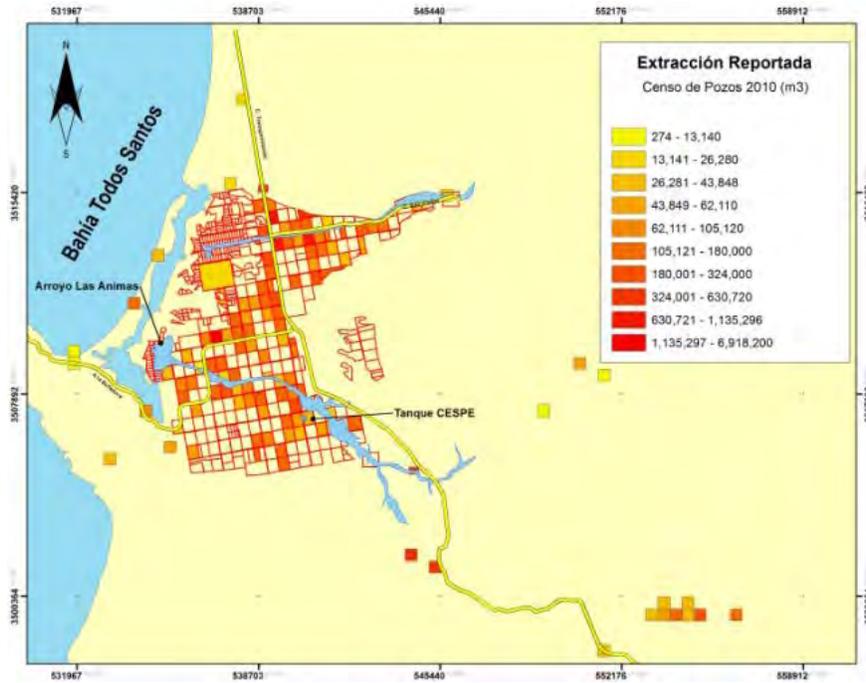
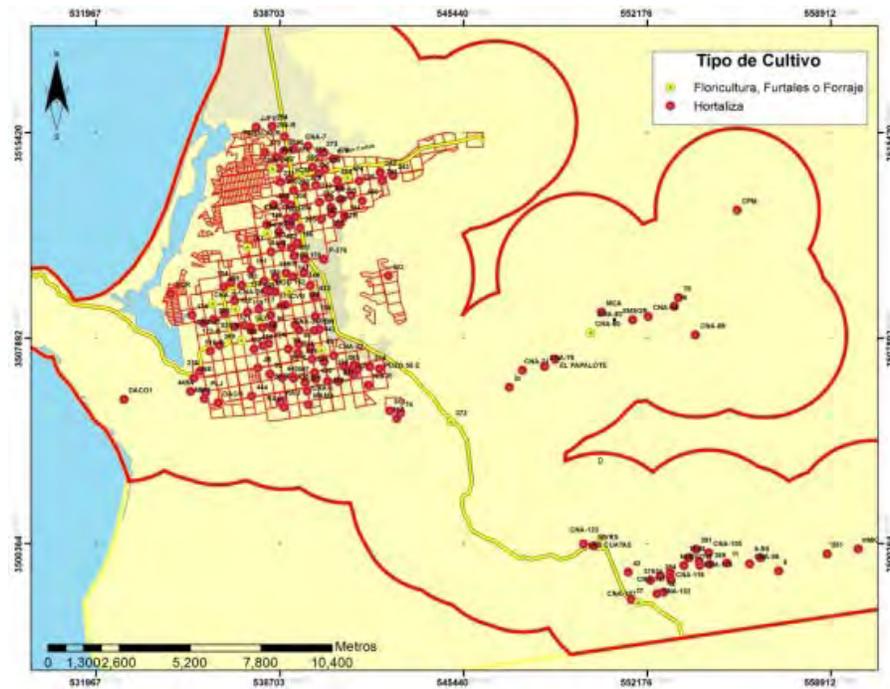


Figura 6 Tipos de cultivo



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 7 Parcelas con mayor disposición a ser regadas con agua residual tratada (en color verde)

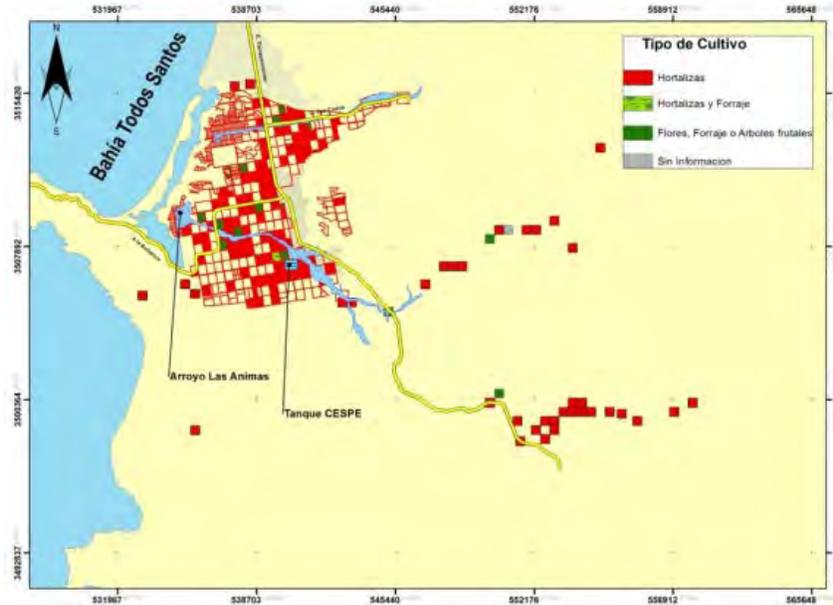
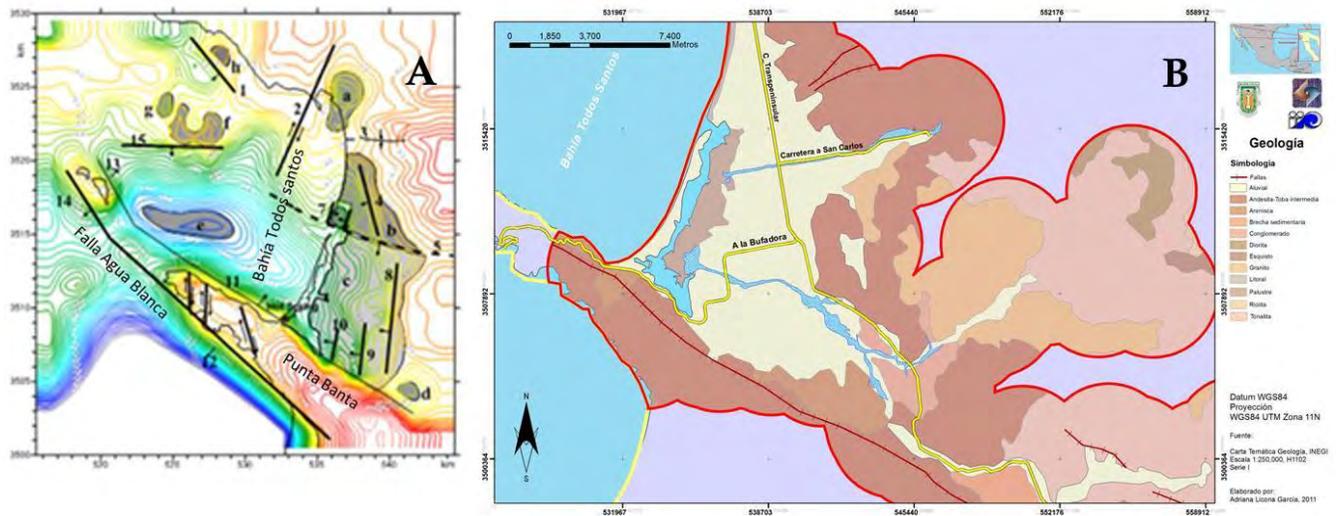


Figura 8(A) Modelo geológico de Pérez Flores (2004). Las curvas de nivel representan la topografía del basamento cada 50 metros. (B) Carta Geológica 1:250,000 (INEGI, Serie I)



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 9 Distribución espacial de STD obtenidos durante el muestreo de pozos marzo y abril del 2011

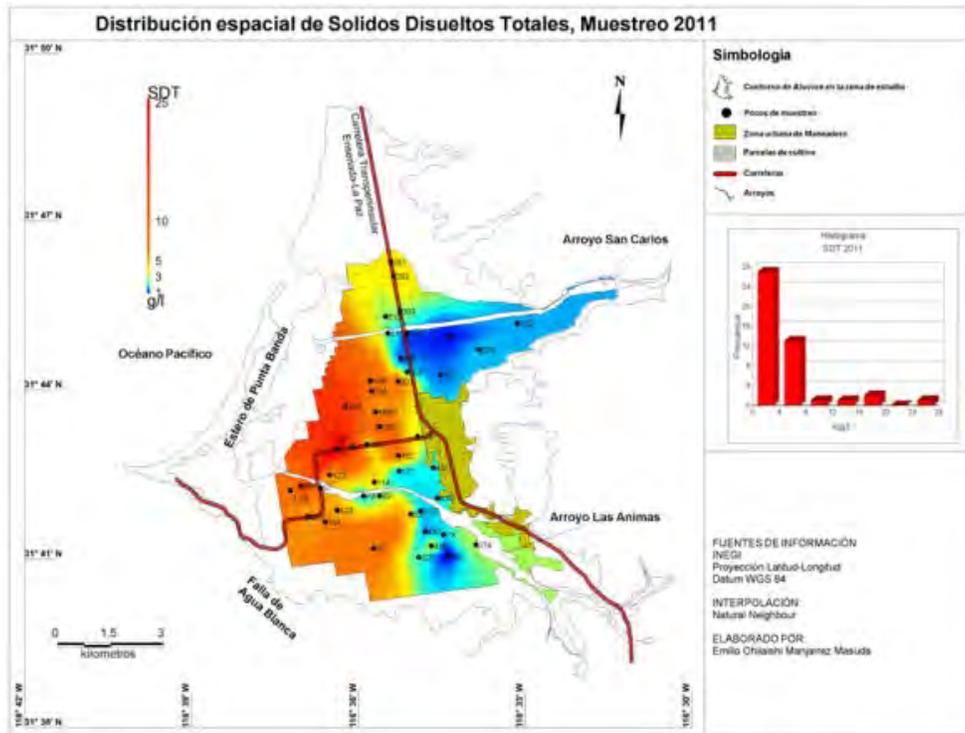
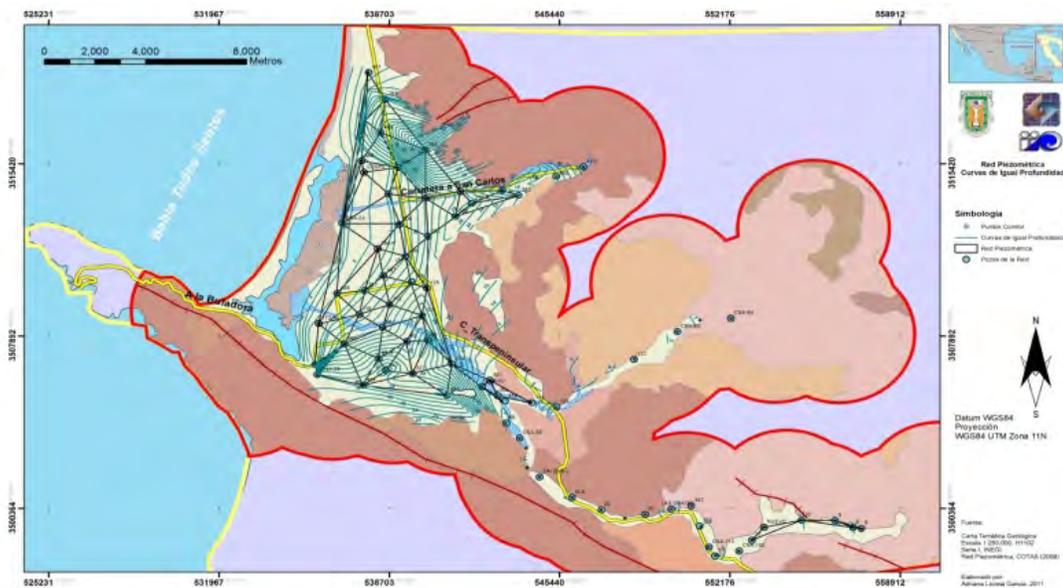


Figura 10 Red Piezométrica, COTAS 2009



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 11. Modelo de Presión-Estado-Respuesta donde el SIG tiene cabida como una respuesta que promueve la comunicación.

Presión	Estado	Respuesta
<b>Educación Ambiental</b>	<b>Monitoreo</b>	<b>SIG</b>
- Agricultura convencional planificada	Recarga	Sistematización de la Información
	Descarga	Promueve los trabajos integrales
- Urbanización planificada	-Piezometría	Facilita la educación ambiental
	- STD	

Información del Área de Estudio. Escala de Trabajo. 1:40,000. Mosaico de dos imágenes SPOT tomadas el 8 de diciembre del 2010. Formato \*.jpg. Capa de reconocimiento del área de estudio. (a) Mosaico de dos imágenes SPOT tomadas el 8 de octubre del 2010 (b) Curvas de nivel cada 100 metros generadas a partir de un mosaico del Modelo Digital de Elevación (MDE, Escala 1:50,000) ([www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)). (c) Censo de los aprovechamientos ubicados en el valle de Maneadero. (parte baja de la cuenca). (Figura 3).

Información de la Presión. Escala 1:40,000. (a) Trazo agrícola proporcionado por COTAS (b) Carreteras principales de la zona (c) la zona urbana del Ex Ejido Chapultepec y la zona urbana de Maneadero que colinda con la Carretera Tranpeninsular.(d) Tanque de distribución de la CESPE (e) Aprovechamientos con reporte de volumen de extracción anual (m<sup>3</sup>). A partir de las extracción anual reportada para 168 aprovechamientos en el Censo de Pozos 2010, se diseñó un histograma de las zonas donde ocurren las mayores extracciones. Cabe destacar que veintiocho de los registros que se reportan inactivos, también reportan volumen de extracción. Según estos datos, la extracción de agua subterránea del acuífero de Maneadero en el 2009 fue de 27, 606, 659m<sup>3</sup>. Fue necesario determinar una Unidad Mínima Geográfica

(UMG) para las zonas que reportan extracciones fuera del trazo parcelario. La UMG tiene un área de 20 ha, que es el área promedio de las parcelas (Figura 5).

En el Censo de Pozos de Maneadero 2010 se reportan los productos agrícolas que se producen en el Valle de Maneadero. Sin embargo, está información también está incompleta. En la Figura 6 se señalan los pozos agrícolas que reportan tipo de cultivo. Sólo se señala si se trata de hortalizas, froricultura, árboles frutales o forraje para identificar las parcelas que actualmente tienen mayor disposición para ser regadas con agua residual tratada.(Figura 7) En la base de datos agrícola también se reporta el tipo de hortaliza que se produce.

Información del Estado del Capital Natural. La caracterización del capital natural se realizó en base a una investigación documental de los trabajos académicos realizados por la universidad estatal (UABC), el CICESE (Centro de Investigación de Científica y de Educación Superior de Ensenada) y el COTAS.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Se reconoce que el trabajo de gestionar (convocar, convencer, propiciar la colaboración, el trabajo en equipo, el compartir información), es poco valorado tanto en el medio académico como en el sector oficial, sin embargo es vital para poder desarrollar mejores proyectos en manejo de agua. No existen metodologías ad hoc, sino que cada problema y situación implica un reto y una forma particular de abordar esta gestión.

Esta investigación es la primera etapa en el diseño de un SIG, el trabajo de integrar la información fue arduo. Sin embargo aún falta mucho por hacer para que la gestión integral del acuífero de Maneadero sea una realidad. En la Figura 11 se presenta el SIG como una herramienta para sistematizar la información, promover los trabajos integrales y facilitar el proceso de educación ambiental.

Fuentes de consulta

Barkin, D. (2006). *La Gestión del Agua Urbana en México*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.

Barrera, L. M. (2004). *Reuso de Aguas Tratadas*. Ensenada, Baja California.: Comisión Nacional del Agua.

Bautista Zuniga, F. (2011). *Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*. México: 2a Edición, Instituto de Geografía, UNAM.

Bertrán Gómez, L. (1991). *Estudio de Actualización Piezométrica y Geoquímica del Valle de Maneadero, Municipio de Ensenada, B.C.* Gerencia Estatal en Baja California, Coordinación Técnica de Hidrología Subterránea, Control y Operación de Acuíferos. Ensenada: CNA.

Bocco, G. (2000). El desarrollo de sistemas de información geográfica en la frontera norte de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, Núm. 42, pp. 40-47.

Castillo, A. (2002). <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx>. Recuperado el 27 de Abril de 2011, de Revista Decisio. Saberes para

la acción en la educación de adultos: [http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/servicios/hemeroteca/decisio/d3/alicia\\_c.htm](http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/servicios/hemeroteca/decisio/d3/alicia_c.htm)

CESPE. (s.f.). *CESPE GobBC*. Recuperado el 12 de Mayo de 2011, de <http://www.cespe.gob.mx/?id=antecedentes:www.cespe.gob.mx>

Chirino, E., & et al. (Enero de 2008). Uso de indicadores de Presión-Estado-Respuesta en el diagnóstico de la comarca de la Marina Baja, SE, Espana. (<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=530>, Ed.) *Ecosistemas*, 17 (1), 107-114.

COTAS. (2005). *Reactivación y Actualización de la Red Piezométrica del Acuífero de Maneadero*. Ensenada, Baja California, México: Ing. Carlos Manuel López Fernández.

Daesslé Heuser, L. W., & et al. (2005). Geochemical evolution of groundwater in the Maneadero coastal aquifer during a dry year in Baja California, Mexico. *Hydrogeology Journal*(13), 584-595.

Daesslé Heuser, L. W., & et al. (5 de Agosto de 2008). Fluoride, Nitrate and water hardness in groundwater supplied to the rural communities of Ensenada County, Baja California, Mexico. *Environ Geol*(DOI 10.1007/s00254-008-1512-9).

Endter-Wada, J., & et al. (Agosto de 1998). A framework for Understanding Social Science Contributions to Ecosystem Management. (<http://links.jstor.org/sici?sici=1051-0761%28199808%298%3A3%3C891%3AAFFUSS%3E2.0.CO%3B2-F>, Ed.) *Ecological Applications*, 8(3), 891-904.

Hernando, M. C. (2002). El Periodismo Científico, necesario en la sociedad actual. *BIBLID* [1137-4462 (2002) , 8; 485-498], 485-498.

Hiscock, K. (2005). *Hydrogeology. Principles and Practice*. Reino Unido: Blackwell Publishing.

INEGI. (2010). Censo de Población 2010.

INEGI. (Serie I). Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Aguas Superficiales . *Escala 1:250,000 Serie I, en formato digital*.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

- Jansen H. P., S. M. (Water Science & Technology). Development of indirect potable reuse in impacted. Vol 55 (1-2).
- Jonathan Chenoweth, J. B. (Summer 2003). GMI Theme Issue: The Business of Water and Sustainable Development. *GMI* 42, (pág. Introducción).
- Jonch-Clausen, T. (2004). Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005. *Global Water Partnership*, 34.
- Manjarrez-Masuda, E. O. (2011). Actualización y Evolución histórica del avance de la intrusión Salina, la contaminación por nitratos y flúor en el acuífero costero de Maneadero, Baja California, México. *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Guanajuato.
- Mendoza, E. L. (2002). *Uso Sustentable del Acuífero de maneadero, Reuso de Aguas Residuales Taratadas*. Ensenada Baja California: California Projects.
- Millenium, E. (2003). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. *Borrado hasta el 30 de Marzo*, (pág. Informe de Síntesis). [www.millenumassessment.org](http://www.millenumassessment.org).
- Muñoz, T. (2006). *Propuesta de Programa de Educación Ambiental para promover la Cultura del Agua en la Población del Valle de Maneadero, Ensenada, B.C.* Ensenada, Baja California: Tesis para el Grado de Maestro en Ciencias.
- Naredo, J. M. (2004). La economía en evolución: invento y configuración de la economía en los siglos XVIII y XIX y sus consecuencias actuales. *Manuscripts*, (22) 83-117.
- NOM-014-CONAGUA. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la Recarga Artificial de Acuíferos con Agua Residual Tratada*. México: CONAGUA.
- Owen, O. (2000). *Conservación de Recursos Naturales*. México (Traducido del libro Natural Resource Conservation An Ecological Approach: Pax México).
- Perez Flores, M. A., & et al. (Junio de 2004). Structural Pattern of the todos Santos Coastal Plain, based on Geophysical Data. *Ciencias Marinas*, 30(002), 349-364.
- Rámirez R, M. L. (2005). *Economía del Agua en Baja California: Reúso de aguas residuales tratadas bajo mecanismos de mercado*. Ensenada: UABC.
- Red Calidad de Vida. (2010). Problemas Identificados en el Foro del Agua 2010. *Problemas Identificados Red Calidad de Vida*. Ensenada B.C.
- Rivera Velázquez, J. E., & et al. (2010). *Gobernanza Ambiental para el Manejo Sustentable de Recursos: La experiencia de Canadá en México*. México: El Colegio de Veracruz.
- SARH. (1978). *Estudio de Factibilidad Hidrológica en San Quintín y Maneadero*. Ensenada, Baja California: Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Secretaria de Protección al Ambiente. (s.f.). Recuperado el 28 de Noviembre de 2009, de [http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/problematika/regi on\\_tijuanapuntab.html](http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/problematika/regi on_tijuanapuntab.html)
- Serrano Ortiz, J. (2011). Determinación de la geometría 2D y 3D del acuífero del sur del valle de Maneadero, mediante mediciones de resistividad. *Tesis de Maestro*. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. .
- SRH. (1974). *Informe Final del Estudio Geohidrológico del Valle de Maneadero, Baja California*. Diciembre. Ensenada: Técnicas Modernas de Ingeniería, S. A.



# Vínculos percibidos entre consumo doméstico de energía y cambio climático

Daniel Martínez Morales<sup>1</sup> Javier Urbina Soria <sup>1</sup> y Olga Flores Cano <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Psicología, UNAM

## Introducción

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) define cambio climático como: “Un cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (2007). Las causas del cambio climático son diversas -de origen natural y social; van desde erupciones volcánicas, fuentes hidrotermales, variabilidad oceánica, cambios en los movimientos de rotación y traslación del planeta, actividad biológica (Ej. La respiración de animales y la descomposición microbiana de la materia orgánica), el aumento mundial de la demanda y del consumo energético, actividad industrial, el transporte, la deforestación y la agricultura; en conjunto han desembocado un incremento de las emisiones en gases de efecto invernadero a la atmósfera del planeta Tierra –principalmente las fuentes antropogénicas--, las cuales son causantes del cambio climático.

La consecuencia más notoria del cambio climático es el aumento de la temperatura. El año 2010 fue el 34° año consecutivo en el cual las temperaturas del planeta se sitúan por encima del promedio del S.XX, afirman científicos de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), otra consecuencia es la alteración en la humedad y precipitación del planeta que provoca aumento del nivel del mar, formación de huracanes, ocurrencia de inundaciones graves, desertización y sequías más intensas y prolongadas, pérdida de glaciares en América Latina y la Antártica, efectos secundarios de catástrofes humanas (cambio de la distribución de algunos vectores de enfermedades, mayor morbilidad y mortalidad por olas, crecidas y sequías, y aumento de la carga de malnutrición y

enfermedades diarreicas, cardiorrespiratorias e infecciosas), desaparición de especies de flora y fauna en diversos ecosistemas. Los factores sociales relacionados con el cambio climático surgieron a partir de la Revolución Industrial, periodo histórico comprendido entre la segunda mitad del S. XVIII y principios del S. XIX, periodo que se caracteriza por cambios socioeconómicos, tecnológicos y culturales. Pero los cambios tecnológicos son los que dieron lugar al uso de nuevas fuentes de energía, tales como el carbón y el vapor. Así las nuevas fuentes de energía se basaron en combustibles fósiles y su uso inmoderado ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, los cuáles son causantes del cambio climático. El aumento de la población y la revolución industrial crearon la necesidad de incrementar la obtención de materias primas para la creación de diferentes fuentes de energías. La sociedad participa activamente en su medio para satisfacer sus necesidades, como lo es la energía, su uso ineficiente ha provocado daño a los ecosistemas y a los seres vivos en general.

El concepto de energía está relacionado con la capacidad de producir algún tipo de trabajo o poner algo en movimiento. En el ámbito económico y tecnológico, la energía hace referencia a un recurso natural y los elementos asociados que permiten hacer un uso industrial del mismo. La energía es un tema de enorme relevancia para la actividad humana, ya que permite el desarrollo de la vida en la tierra y sostiene la actividad económica. La energía puede clasificarse en energía no renovable –aquella que proviene de fuentes agotables, como la procedente del petróleo, el carbón o el gas natural- y la energía renovable – aquella que proviene de fuentes naturales virtualmente

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales-.

El mundo genera sus energías mayormente de fuentes no renovables como el petróleo, gas natural y carbón, pero también lo han hecho de recursos renovables como el sol, mares, aire etc. La Agencia Internacional de Energía en su publicación "Key World Energy Statistics" (2010) nos proporciona el consumo final (total) de energía del mundo en el año 2008, en ese año se consumió un total de 8,428 Mtoe. (Mtoe [Megatoe] es un múltiplo de toe, una unidad de energía, y es igual a una tonelada equivalente de petróleo, que es la energía liberada por la combustión de una tonelada de crudo de petróleo 1tep= 41,84\*10<sup>9</sup> J). De los 8,428 Mtoe consumidos, el 41.6% correspondió al consumo de petróleo, seguido del 17.2% al consumo de electricidad, el 15.6% al consumo de gas natural, el 12.7% al consumo de combustibles renovables y residuos, el 9.8% al consumo de carbón y turba, y por último el 3.1% al consumo de otras fuentes de energía (solar, eólica, geotérmica, etc.)

La energía consumida por región en 2008 (8,428 Mtoe) se distribuye de la siguiente forma: La OECD (Organización para la cooperación y el desarrollo económico) consumió el 43.8%, China el 16.4%, Asia el 11.6%, la Antigua Unión Soviética el 7.9%, África el 5.7%, América Latina el 5.2%, Medio Oriente el 4.6%, Bunkers –aviación y marina internacional- el 4% y los países europeos no pertenecientes a la OCDE el 0.8%.

Con el uso y mal uso de la energía se han arrojado a la atmósfera grandes cantidades de GEI y con ello, contribuido al incremento de la concentración de éstos gases en la atmósfera. Sin embargo el cambio climático acelerado que se vive actualmente, es producto en mayor parte por fuentes antropogénicas, las cuales han alterado el flujo natural de los GEI que existe entre las fuentes naturales y la atmósfera.

Las emisiones de gases de efecto invernadero son en parte responsables del cambio climático pero éste no es el verdadero problema, sino la acumulación de GEI en exceso debido a fuentes antropogénicas.

La capacidad efectiva instalada en México se integra con todas las formas de generación de

energía; las termoeléctricas representan el 46% de la generación, las hidroeléctricas el 22%, seguidas de las carboeléctricas que generan el 5% del total de la electricidad en el país, mientras que las nucleoeeléctricas contribuyen con el 3%, con menor capacidad están las geotermoeléctricas con 2% de generación total y las eoloeléctricas con 0.15% (Proyecto TECH4CDM, 2009). Un caso especial son los productores independientes que generan un alto porcentaje en relación con las otras formas de generación, ya que aportan el 23% de la capacidad instalada, según la CFE (2010). El consumo nacional de energía en el año 2009 fue de 8,246.957 PJ (Sistema de Información energética).

En México se emiten GEI por dos fuentes de energía, 1) por el consumo de electricidad y 2) por la quema de gas natural y otros combustibles. La emisión de GEI por la segunda fuente de energía se realiza directamente en el hogar, mientras que la primera fuente de energía realiza sus emisiones de GEI indirectamente del hogar --a través de plantas de generación que utilizan combustibles fósiles--. Datos de 2008 proporcionados por la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica) mencionan que el 100% de la distribución del consumo de energía eléctrica en México se distribuye de la siguiente manera: 58.8% en el sector industrial, 25.4% en el sector doméstico, 7.5% en el sector comercial y servicios, 4.5% en el sector agrícola y por último 3.8% en el sector municipal; mientras que los usuarios de consumo de energía eléctrica se distribuyen de la siguiente manera, 87.9% residencial, 10.4% comercial, 0.7% industrial, 0.6% servicios y 0.4% agrícola. Con base en las estadísticas se deduce que la población contribuye con poco más de una cuarta parte de emisiones de GEI en el país por el consumo de energía eléctrica. El modelo nacional energético actual considera su producción en fuentes no renovables de origen fósil como el petróleo, el carbón y el gas natural. Pero el gobierno mexicano ha introducido progresivamente tecnologías más eficientes que utilizan combustibles limpios, con el motivo de hacer una mejoría en la eficiencia energética en la generación eléctrica, buscando un modelo nacional energético a futuro que sea sustentable. Las fuentes renovables de energía para la generación de electricidad ofrece el beneficio de la reducción de GEI.

**Método**

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Los objetivos del estudio son proporcionar información sobre cómo una parte de la población se percibe de acuerdo a su uso de energía (percepción del uso-ahorro y consecuencias) vinculado al cambio climático, ya que es común que no se asocie las emisiones de gases de efecto invernadero con las actividades diarias o los procesos que ocurren alrededor de éstas – generación de electricidad, consumo de gasolina y diesel, producción de alimentos que se consumen en el hogar y otros bienes y servicios que se necesitan día a día generan una gran cantidad de GEI-- por parte de la población. Los objetivos específicos son conocer cómo entiende los conceptos de cambio climático y energía, conocer comportamientos o actos individuales que realizan en el ahorro y uso de energía, y mitigación del cambio climático.

La investigación se basa en un estudio correlacional el cual ofrece predicciones, tales como, explicar relación entre las variables y cuantificar la relación entre éstas. Las correlaciones se realizarán entre 1) sexo y la percepción de vínculos entre el uso de energía y el cambio climático, 2) nivel socioeconómico y la percepción de vínculos entre el uso de energía y el cambio climático. La investigación tiene un diseño no experimental, es decir, no existe manipulación intencional de las variables y se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural para analizarlos. El estudio se encuentra en proceso de desarrollo, se aplicó un piloteo de 60 participantes y se pretende contar con los resultados definitivos a finales del año en curso.

El piloteo se aplicó a una muestra de 60 participantes; personas que viven en la Ciudad de México y Zona Metropolitana. El cuestionario se aplicó en el domicilio de cada persona o lugar de trabajo, aplicación individual, los participantes eran personas mayores de 18 años, en su mayoría personas que laboran. La muestra es de tipo no probabilístico, es una muestra accidental debido a que se tomaron a los participantes que se encontraban disponibles en el momento y que aceptaron participar.

Para la recolección de los datos se utilizó un cuestionario que aborda las siguientes categorías: Percepción sobre la energía y cambio climático, conocimientos de energía y cambio climático y, ahorro y uso de energía.

### Resultados

La primera parte del cuestionario consistió en la aplicación de la técnica llamada “Redes semánticas”, las palabras a definir fueron: cambio climático y energía. La primera palabra, cambio climático, tuvo un total de 21 definidoras (Gráfica 1), siendo las seis principales en el siguiente orden: Altas temperaturas, contaminación, calentamiento global, lluvias intensas, enfermedades y cambios drásticos de clima. La segunda palabra, energía, tuvo un total de 16 definidoras (Gráfica 2), siendo las seis principales en el siguiente orden: Electricidad, luz, sol, movimiento, fuerza y nuclear.

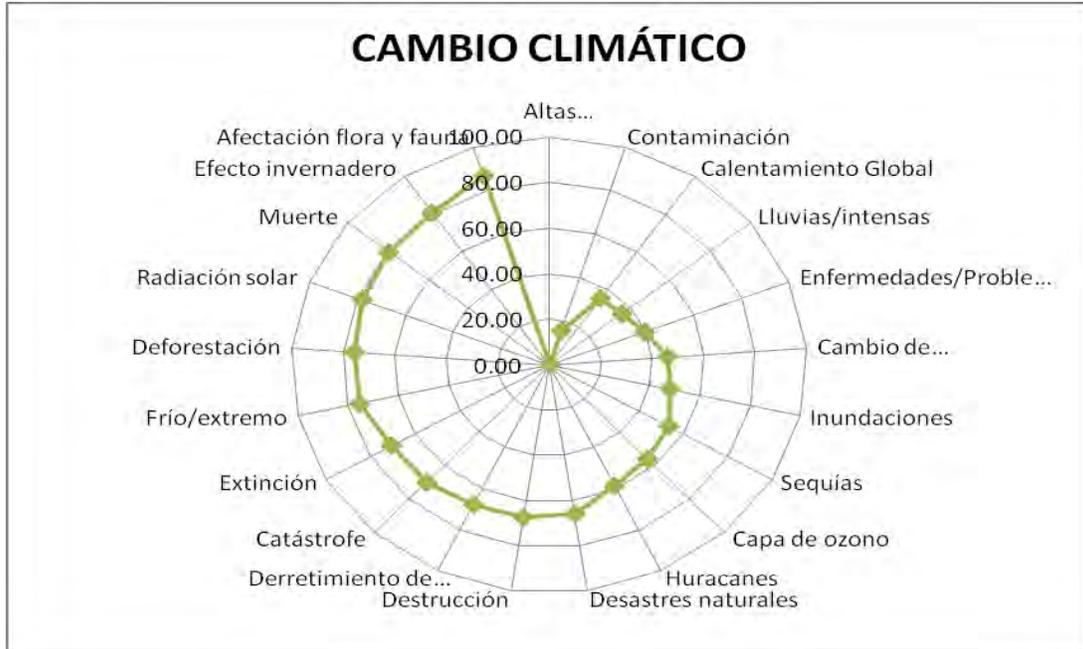
Como un primer análisis, se consideraron algunos reactivos (que se mencionarán más adelante) y la variable sexo. En la pregunta *¿Qué es lo que ha visto, leído o escuchado sobre las consecuencias del mal uso de la energía?* no existen diferencias significativas ( $X^2=13.151$ ,  $gl=17$ ,  $p< 0.726$ ) entre hombres y mujeres, sin embargo se observa que las mujeres en comparación con los hombres, son el grupo que nunca ha visto, leído o escuchado sobre las consecuencias del mal uso de energía. Ambos grupos coinciden que han escuchado más sobre el costo de la energía y que su uso contribuye al calentamiento global.

Los medios de comunicación donde las personas han visto leído o escuchado sobre las consecuencias del mal uso de energía son principalmente en televisión, periódicos e internet. En la pregunta *“En los últimos seis meses ¿Ha cambiado sus focos incandescentes por ahorradores?”* se preguntó por el cambio de focos incandescentes por ahorradores ( $X^2=0.03$ ,  $gl=1$ ,  $p<.537$ ). No existen diferencias significativas entre hombre y mujeres, sin embargo se aprecia que las mujeres son las que más han realizado esta acción en comparación con los hombres.

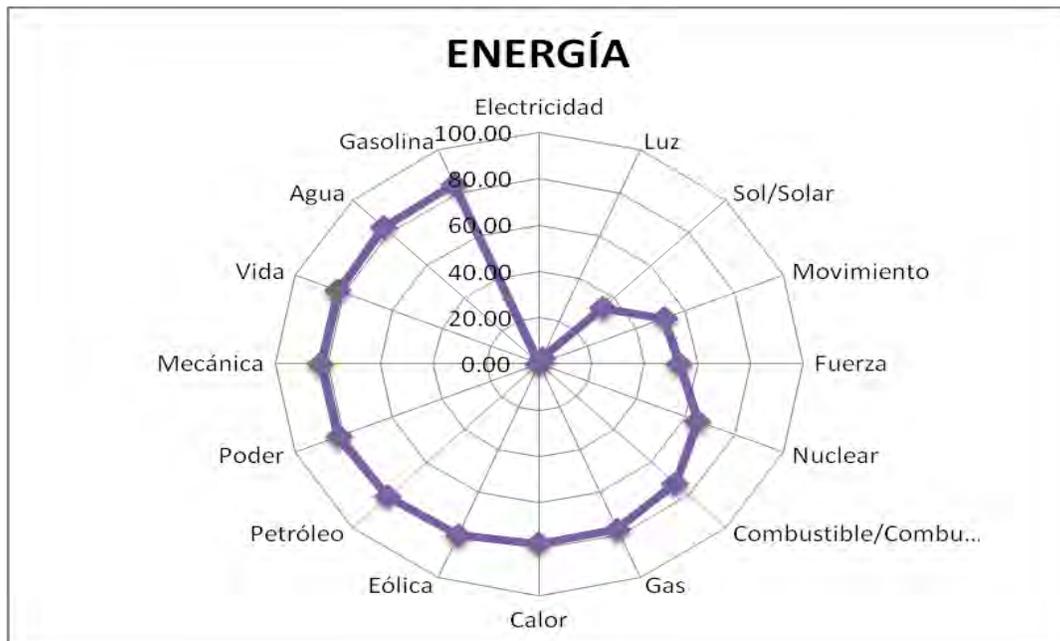
En la pregunta *“Pensando en la calidad del ambiente, usted cree que la reducción del consumo de energía en su casa es...”* no se reportan diferencias significativas ( $X^2=0.729$ ,  $gl=3$ ,  $p<0.866$ ) entre hombre y mujeres, sin embargo se aprecia que los hombres perciben como “Muy importante” la reducción del uso de energía en su casa en comparación con las mujeres.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Gráfica 1 Definidoras de la frase “Cambio climático”



Gráfica 2 Definidoras de la frase “Energía”



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

En la pregunta *“Pensando en las actividades que se realizan en su casa, en su opinión”* No existen diferencias significativas ( $X^2=0.162$ ,  $gl=2$ ,  $p<.922$ ) entre hombre y mujeres, sin embargo se observa que los hombres tienen mayor disposición a consumir menos energía en su casa que las mujeres, y de forma similar se encuentran en la opción *“Se consume la energía necesaria”*. Y en la pregunta *“Para usted, reducir el consumo de energía en su casa se debe a:”* No existen diferencias significativas entre hombre y mujeres ( $X^2=3.973$ ,  $gl=4$ ,  $p<0.410$ ), sin embargo se observa que las mujeres tienen mayor inclinación a reducir su consumo de energía con el fin de cuidar el medio ambiente, en comparación con los hombres.

Se preguntó a las personas de quienes prefieren recibir información sobre el uso de energía en la pregunta *“De los siguientes grupos y/o personajes, ¿Hasta qué punto confía en la información que le proporcionan sobre temas relacionados con la energía?”* y para partidos políticos ( $X^2=4.421$ ,  $gl=3$ ,  $p<0.219$ ), gobierno nacional ( $X^2=5.976$ ,  $gl=3$ ,  $p<0.113$ ) y gobierno del D.F. ( $X^2=5.759$ ,  $gl=3$ ,  $p<0.124$ ) no hubo diferencias significativas. Sin embargo se observa que los hombres desconfían totalmente de los políticos, más, que las mujeres. En general ninguno de los grupos confía en los políticos, en el segundo punto que los hombres desconfían totalmente del gobierno nacional, más, que las mujeres (aunque en general ninguno de los grupos confía en el gobierno nacional) y que los hombres desconfían totalmente del gobierno nacional, mientras las mujeres solo desconfían un poco. En general ninguno de los grupos confía en el gobierno del D.F.

Sobre recibir la información de los científicos no existen diferencias significativas ( $X^2=0.531$ ,  $gl=2$ ,  $p<0.767$ ) entre hombres y mujeres, sin embargo se observa que las mujeres confían totalmente en los científicos, mientras los hombres solo confían lo suficiente. En general los grupos confían en los científicos. De los periodistas las personas no presentan diferencias significativas por sexo ( $X^2=1.769$ ,  $gl=3$ ,  $p<0.622$ ) y se muestra en general que ambos grupos confían lo suficiente en los periodistas. y las organizaciones ambientalistas no muestran diferencias significativas entre hombres y mujeres ( $X^2=0.463$ ,  $gl=2$ ,  $p<0.793$ ). En general ambos grupos confían lo suficiente en organizaciones ambientalistas.

El único rubro que muestra diferencias significativas entre hombres y mujeres ( $X^2=8.872$ ,  $gl=3$ ,  $p<0.031$ ) es el de recibir la información por medio de compañías de energía, en el que se observa que las mujeres desconfían poco de las compañías de energía, mientras que los hombres confían lo suficiente en éstas.

Se preguntó *“Usted diría que el cambio climático está ocurriendo debido a:”* y no se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres ( $X^2=3.037$ ,  $gl=4$ ,  $p<0.552$ ), ambos coincidiendo en que el cambio climático está ocurriendo debido a actividades humanas.

### Conclusiones

Del piloteo se concluyó que no existen diferencias significativas por el tamaño de la muestra, sin embargo se observó que los participantes se encuentran informados específicamente en los costos de la energía –tales como gas, gasolina y energía eléctrica–, ambos grupos confían totalmente en la información de los científicos. Lo anterior tiene el fin de observar hacia quienes deben de ir dirigidos los programas para el uso y ahorro de la energía específicamente y atender conductas específicas de ahorro y uso de energía. La investigación pretende concluir que existen diferencias entre el sexo masculino y femenino, en sus conductas de ahorro de energía y mitigación ante el cambio climático, como lo han demostrado investigaciones anteriores respecto a éste tema; posteriormente comprobar que el nivel socioeconómico no es un factor que permite percibir el uso de energía como una causa en el cambio climático, y para finalizar se discutirá la importancia de tratar el tema de energía como una causa del cambio climático, ya que es un problema que atañe a toda la sociedad, y es responsabilidad de todos tomar acciones que nos permitan vivir en equilibrio con el planeta, lo que traerá menores impactos ambientales y sociales, que se verán reflejados en nuestro bienestar personal y psicosocial.

### Fuentes de consulta

Ahorro de energía: Consejos para ahorrar energía y dinero en el hogar. (2009) Energy efficiency & renewable energy. U.S. Department of energy.

Análisis general de las externalidades ambientales derivadas de la utilización de combustibles fósiles en la industria eléctrica centroamericana. (2010). CEPAL, Sede subregional en México.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

- Brown, S. & Huntington, H. (2008). Energy security and climate change protection: Complementarity or tradeoff? *Energy policy*, 36, Pp. 3510-3513.
- Cambio climático: glosario de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (1995). Referencia electrónica [en línea]. Recuperado el 5 de marzo de 2011, de: <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ipcc-glossary.pdf>
- Castrejón, D; García, M; Gonzáles, J. & Bauer, M. (2009). Estudio sobre el impacto de fuentes renovables de energía en las emisiones de GEI en el mediano y largo plazos en México. México: Instituto Nacional de Ecología e Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Comisión Federal de Electricidad. Estadísticas. (22-12-2010). Referencia electrónica [en línea]. Recuperado el 15 de marzo de 2011 de: <http://www.cfe.gob.mx/QUIENESSOMOS/ESTADIS TICAS/Paginas/Indicadoresdegeneraci%C3%B3n.aspx>
- Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía. (2010, 30 de agosto). Tecnologías y combustibles alternos, [en línea]. México, D.F: Estrada, A. Recuperado el 10 de marzo de 2010, de [http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1334\\_que\\_son\\_las\\_energia](http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1334_que_son_las_energia)
- Fideicomiso para el ahorro de energía. (2010). Energía en espera, [en línea]. México D.F. Recuperado el 10 de marzo de 2010 de [http://fide.codice.com/home/interior.asp?cve\\_sub=32](http://fide.codice.com/home/interior.asp?cve_sub=32)
- Hekkenberg, M; Moll, H.C. & Uiterkamp, S. (2009). Dynamic temperature dependence patterns in future energy demand models in the context of climate change. *Energy*, 34, Pp. 1797-1806.
- International Energy Agency. (2010). Key World Energy Statistics 2010. OECD/IEA
- Proyecto TECH4CDM. (2009). La energía eólica en México. s/e. Recuperado el 21 de septiembre de 2011 de [www.tech4cdm.com](http://www.tech4cdm.com)
- Sistema de Información Energética, SENER. Balance Nacional de Energía 2009: Consumo nacional de energía por rubro. (2009). Referencia electrónica [en línea]. Recuperado el 15 de marzo de 2011 de: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login>
- Spence, A; Poortinga, W; Pidgeon, N. & Lorenzoni, I. (2010). Public perceptions of energy choices: the influence of beliefs about climate change and the environment. *Energy and environment*, 21(5), Pp. 384-406.
- Wang, X; Chen, D. & Ren Z. (2010). Assessment of climate change impact on residential building heating and cooling energy requirement in Australia. *Building and Environment*, 45, Pp. 1663-1682.

## La escasez de agua en el Distrito Federal agravada por el cambio climático (Campaña de publicidad social)

Verónica Miranda Estrella<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Políticas y sociales  
UNAM

### Introducción

El agua es un recurso vital para la existencia de la humanidad y de todas las especies vivas, sin ella sería prácticamente nula la supervivencia de cualquier ser vivo, no obstante, el mundo entero se está enfrentando a un serio problema de escasez de líquido, lo cual prende los focos rojos en distintos lugares del mundo como es el caso del Distrito Federal.

La paradoja es que el 70 por ciento del planeta está compuesto por agua, sin embargo casi el 97.5 por ciento de esta agua es salada; el 2.5% es agua dulce, la cual en su mayoría se encuentra congelada en glaciares y nieves perpetuas, menos del 1 por ciento está disponible para el uso humano así como para la conservación de los ecosistemas.

Además la cantidad de agua varía de acuerdo al clima, la temperatura, la humedad, los vientos, la ubicación geográfica, como factores naturales, sin embargo también depende de los factores humanos, como es el crecimiento de la población, la urbanización, la industrialización, la deforestación de los bosques, la falta de una cultura para el cuidado y el cambio climático, entonces dichos factores alteran la cantidad e incluso la calidad del líquido teniendo como resultado a nivel mundial una crisis por el agua.

Actualmente los problemas relacionados con el agua son muy severos... *“En muchas regiones la disponibilidad natural es crítica, la calidad es inapropiada, los servicios son insuficientes, no alcanza la inversión económica para cubrir los rezagos y menos aun para atender la demanda creciente; las actividades productivas compiten por el agua, y el cambio climático incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas en un gran número de países.”* [Carabias & Landa: 2004]

Para evitar una crisis, muchos países deben conservar agua, implementar políticas públicas <sup>1</sup>, invertir en infraestructura, reducir contaminación, regular el suministro y la demanda además de contener el crecimiento de la población. En el caso de México es necesaria la implementación de políticas públicas, la comunicación social, la participación activa de la población en el cuidado y el cambio de actitud sobre el uso del líquido para que la falta de agua sea menos severa.

Se debe de actuar de inmediato, sólo así se evitará la escasez y se reducirá la vulnerabilidad por falta del líquido; es importante trabajar continuamente, atacar todos los factores que intervienen en el uso del agua y retener el crecimiento acelerado de la población con el fin de contener el aumento de la demanda de agua dulce.

*Los esquemas de utilización de agua que han prevalecido durante décadas han determinado desajustes y conflictos crecientes: escasez, agotamiento de acuíferos, sequías, inundaciones, deslaves, erosión hídrica, asolvamiento, salinización, hundimientos diferenciales, contaminación de suelos y cuerpos de agua, degradación de hábitats acuáticos, entre otros procesos que amenazan la salud humana y la de los ecosistemas y comprometen la continuidad de la mayor parte de los procesos productivos* [Carabias & Landan:2005:11]

Si a todos estos problemas se le suma el calentamiento de la Tierra y la alteración de los fenómenos naturales: lluvias extremas, inundaciones, olas de calor, sequías, la falta de

<sup>1</sup> Entendemos las políticas públicas como un conjunto encadenado de decisiones y de acciones resultado de las interacciones estructuradas y repetidas entre diferentes actores, públicos y privados, que por diversas razones están implicados en el surgimiento, la formulación y la resolución de un problema políticamente definido como público. [Subirats Joan, et.al. Análisis y gestión de políticas pública].

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

lluvia o el exceso de la misma vienen a afectar la recuperación del líquido para la utilización humana; por lo tanto mantos acuíferos y presas se están secando.

La Organización de Naciones Unidas (ONU) advirtió que a medida que el planeta se caliente y se seque, se podrían presenciar conflictos y guerras a causa de este recurso, además en dos décadas<sup>2</sup> casi la mitad de la población del mundo enfrentará un grave problema de escasez de agua.

Puesto que el agua es un recurso esencial para la vida humana, incide en todos los aspectos de la humanidad, desde la salud, el uso personal en aseo y consumo, hasta la producción de alimentos, energía, industria, ecosistemas y el entorno natural en general.

Por eso, la escasez de agua dulce es un problema de dimensiones globales, que amenaza con limitar la producción de alimentos, la generación de energía y el desarrollo económico a escala mundial, además incrementa las epidemias, así como otras enfermedades relacionadas con el agua, aumentan la mortalidad en las sociedades en general.

Entonces, es indispensable ocuparse y no sólo preocuparse por el actual problema que enfrenta el mundo entero, sí el agua se agota, se agotaran recursos, alimentos, flora, fauna y cuanta especie habita en el planeta. Aunque es un problema global, las soluciones se deben trabajar localmente para reducir la vulnerabilidad en cada región, es por ello que en este trabajo se explica la situación del Distrito Federal en relación a la disponibilidad del agua.

#### La escasez de agua en el Distrito Federal

El Distrito Federal<sup>3</sup> forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México, tiene una extensión territorial de 1 mil 458 kilómetros cuadrados, cuenta con 16 delegaciones,<sup>4</sup> es la

<sup>2</sup> Según la ONU en el 2025 más de la mitad de países del mundo sufrirán déficit de agua y el 2050 las personas afectadas por la escasez ya serán el 75% de la población mundial

<sup>3</sup> El Distrito Federal se encuentra en el centro del país y colinda al norte, este y oeste con el Estado de México y el sur con el estado de Morelos.

<sup>4</sup> Las delegaciones de mayor superficie son Iztapalapa, Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco que agrupan el 54.3 por ciento del total de la entidad; las delegaciones más pobladas son: Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Coyoacán y Tlalpan, que

entidad más pequeña de la República Mexicana que ocupa el 0.1 por ciento del total del territorio nacional, con una población de casi 9 millones de habitantes (8.4 por ciento del total de la población del país), siendo una de las ciudades más densamente pobladas del mundo.<sup>5</sup>

Con respecto al crecimiento del Distrito Federal, en los últimos 200 años su evolución demográfica, económica y social ha sido de manera acelerada. De acuerdo al Programa General de Desarrollo 2007-2012, en 1810 la población en la Ciudad de México se ubicaba entre 150 mil habitantes, 100 años después se registraban 750 753 y ya para el 2005 aumentó a 8.7 millones de habitantes. Como se puede ver en los datos, el crecimiento urbano se multiplicó en las últimas décadas, pero sobre todo, a partir de 1950 el crecimiento fue muy apresurado, lo que trajo como consecuencia la explotación del uso de suelo así como de los mantos acuíferos cuyos efectos se reflejan ahora en la disponibilidad de agua.

Entonces, la ciudad tuvo un fuerte período de crecimiento, pues representaba una atractiva opción residencial y oportunidad de vida, cuyo crecimiento se revierte después del terremoto de 1985, pues dejó de ser segura y al menos en el centro del Distrito Federal se convirtió en un expulsor neto de población. La mancha urbana se desplazó a las zonas conurbadas<sup>6</sup>, es decir se fue a las periferias de la metrópoli dentro del Valle de México, por lo que el número de personas que vive en la periferia, en el Estado de México incluso en Hidalgo ha aumentado. Sin embargo, muchos de ellos se siguen trasladando al Distrito Federal para trabajar, lo cual es una presión sobre los servicios de la

concentran más del 50 por ciento de la entidad. El DF es la segunda entidad más poblada después del Estado de México.

<sup>5</sup> El DF cuenta con una población superior a la de países completos por ejemplo: Austria (8.2 millones), Suiza (7.3) o Noruega e Irlanda que juntos tienen 8.7 millones de habitantes. Por lo que la Ciudad de México concentra mucha población en una superficie reducida en comparación con otros países. [Véase La Ciudad de México una rápida mirada. Avances del PACC 2009 y Perfil Socioeconómico del Distrito Federal del Centro de Estudios de las Finanzas Públicas]

<sup>6</sup> Actualmente el saldo migratorio en el DF es negativo sale más gente que la que entra a establecer su residencia en la ciudad, además la metrópoli enfrenta serios problemas de tránsito, seguridad, se complica vivir en una ciudad tan grande, las oportunidades de acceder a un empleo bien remunerado se dificulta, así como se imposibilita acceder a una vivienda, además el costo es muy elevado para el salario promedio del capitalino. [PACC:2009]

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

ciudad como es el caso del agua<sup>7</sup>. [Véase Programa General de Desarrollo 2007-2012]

Otro factor importante que incide en la Ciudad de México es la centralización de los servicios, de tal forma que alberga casi todas las oficinas de gobierno, los centros de negocios nacionales e internacionales, las actividades culturales, las universidades y los institutos de investigación más importantes [Véase Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México].

Entonces, la mayoría de la población defeca y de las zonas conurbadas tienen su fuente de trabajo en el Distrito Federal, por ello el desplazamiento a esta área, lo que incrementa el uso de sus recursos y servicios. De ahí la problemática y el caos de la ciudad con un crecimiento descontrolado que se complica a no contar con una política pública de desarrollo urbano sustentable y un ordenamiento territorial.

También otra situación que viene a alterar el sistema autosuficiente<sup>8</sup> que era la cuenca del Valle de México fue el entubamiento de los principales escurrimientos superficiales de la cuenca que se hizo con la finalidad de evitar inundaciones, pero dicha medida, elimina agua utilizable para consumo humano al verterlo en el drenaje de aguas negras, así como la disminución de zonas boscosas y la sobreexplotación del manto acuífero e incrementa la fuerte dependencia de sistemas de agua para alimentar el Distrito Federal.

Además el 70% de los acuíferos dependen de las recargas del suelo de conservación, el cual, se ha perdido por el crecimiento de la mancha urbana, y entonces también, la capacidad de captación es

insuficiente para atender la demanda de extracción. El volumen de agua extraída de los acuíferos es mayor que la que se recupera naturalmente por la lluvia, cada segundo se extrae del subsuelo 45 metros cúbicos y sólo se reponen 25 metros cúbicos.

Por dar algunos datos el consumo mínimo de agua en la Ciudad de México es de acuerdo a la clase social: en algunos asentamientos ilegales es alrededor de 28 litros por habitante. Mientras que la estimación de consumo promedio en las zonas de sectores medios es entre 275 a 410 litros por habitante al día y en los sectores de máximos ingresos entre 800 y 1000. El consumo promedio por habitante del DF y ZMVM es de 300 litros al día, mientras en otras ciudades como Monterrey es de 220 y en países europeos llega hasta 170, por lo que cuantitativamente el Distrito Federal es una ciudad con un alto consumo en comparación con otras ciudades.

La lluvia desempeña un papel muy importante en la recarga de los mantos, al escurrirse en la superficie del suelo se infiltra directamente en el subsuelo hasta llegar a los acuíferos

La zona de recarga de estos acuíferos al sur y sur poniente de la Ciudad, y las áreas externas de abastecimiento en el Estado de México se encuentran amenazadas por el crecimiento de la mancha urbana y la pérdida de los ecosistemas en el suelo de conservación lo que acelera el proceso de agotamiento de las reservas subterráneas de agua, también los asentamientos irregulares<sup>9</sup> en suelo de conservación, impide la infiltración de agua, lo cual provoca grandes pérdidas del líquido y complica el suministro para los usuarios.

Las fuentes locales y externas están siendo sobreexplotadas, además las fugas agravan el problema ya que una tercera parte del volumen que se inyecta a la red se pierde por esta vía. También la sobreexplotación de los acuíferos conlleva al hundimiento de la ciudad<sup>10</sup>, lo cual trae otros riesgos

<sup>7</sup> La redistribución del centro hacia la periferia y de las necesidades de traslado propician una mayor afluencia de la población flotante desde los municipios conurbados hacia el DF, todo ello contribuye a la saturación de la infraestructura, de los servicios de transporte, salud, educación; aumenta la contaminación, distorsiona la dotación de servicio como es el agua, además incrementa las emisiones de GEI al aumentar el uso del automóvil para distancias más lejanas. Sin embargo, esto trae efectos nocivos en la calidad de vida, la sustentabilidad del entorno y el acceso a los beneficios del desarrollo. [Programa general de desarrollo 2007-2012]

<sup>8</sup> Después de que la Ciudad contaba con manantiales, ríos, lagos y lagunas por la explotación de los recursos hídricos para el consumo humano e industrial, término secando como el de Chapultepec, Xochimilco y Atlapulco y canales como el de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic se abastecieron con aguas tratadas. (Azuara 2010)

<sup>9</sup> Los asentamientos irregulares son aquellos que se localizan en áreas no autorizadas, como es en barrancas, propiedades privadas o suelo de conservación. Actualmente la urbanización de 2,6693 hectáreas que se reconoce que están ocupados por asentamiento irregulares en suelo de conservación equivale a la pérdida de 6 mil 734 millones de litros de agua al año, la cual serviría para abastecer a más de 70 mil personas anualmente.

<sup>10</sup> Los hundimientos van desde los 6 cm/año hasta más de 30 cm/año. El centro de la Ciudad de México se ha hundido

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

colaterales, como son grietas, desprendimientos de tierra, hundimientos entre otras.

Los hundimientos traen como consecuencia el descenso del nivel estático del acuífero, el cual se paga en términos de abastecimiento del agua: por un lado cada vez es necesario bombear a mayor profundidad y la calidad del agua va decreciendo, por el otro la falta de políticas públicas, el mal uso, el desperdicio y la contaminación la situación se vuelve altamente alarmante.

Entonces desde el crecimiento desmedido de la población, las políticas públicas del gobierno, la falta de cultura para el cuidado del agua, la contaminación acumulada en las fuentes de recolección y abastecimiento del líquido, el desperdicio, la falta de concientización por reparar fugas y fallas hidráulicas, la sobreexplotación del subsuelo; cuyas variables afectan directamente la disponibilidad del agua, además se le suman las consecuencias del cambio climático, pues viene a complicar la situación. Por ello es fundamental la participación conjunta del gobierno, instituciones, empresas y sociedad en general, pues el agua también es una cuestión de seguridad nacional<sup>11</sup>.

Las grandes ciudades modifican drásticamente el ciclo hidrológico, ya que las zonas naturales al urbanizarse pierden sus cualidades para almacenar e infiltrar los volúmenes de lluvias. En consecuencia se incrementa los volúmenes de los escurrimientos superficiales, ya que el asfalto, el concreto y las vías de comunicación impiden la infiltración de la lluvia.

Por lo que la sociedad no está sólo expuesta a una crisis del agua debido a la carencia del líquido y los factores que se han venido mencionado, sino también porque no se cuenta con una planeación, ni con políticas públicas, ni leyes que sean aplicables para el resguardo de zonas de recargas y suelo de

---

aproximadamente 10 metros en los últimos 60 años. (Programa de manejo sustentable del agua para la Cd de México en: [http://www.sma.df.gob.mx/transparencia/l/progagua\\_ciudad\\_mexico.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/transparencia/l/progagua_ciudad_mexico.pdf)

<sup>11</sup> La política hídrica nacional manifiesta que su principio es la preservación del agua en cantidad y calidad por ser un asunto de seguridad nacional. La normatividad vigente sobre el agua y la CONAGUA sostienen que debe evitarse el aprovechamiento no sustentable del hídrico para no comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. Egremy Nydia. Revista Fortuna. Exceso de concesiones provoca crisis del agua. Negocios. 5 de mayo de 2009. En Línea: <http://revistafortuna.com.mx/contenido/index.php/2009/05/15/exceso-de-concesiones-provoca-crisis-del-agua/>

conservación, tampoco existe una regulación de los contaminantes que vierten en fuentes freáticas. Entonces, el problema es el resultado de una mala administración, de una falta de cultura, y de los efectos no esperados de la modernidad.

Con un aumento en la temperatura se afecta también la cantidad y calidad del agua, pues el calentamiento de la tierra altera los fenómenos naturales, y por lo tanto, la recuperación del líquido para el uso humano.

Entonces, tomando en cuenta la Teoría de la Sociedad de Riesgo planteada por Ulrich Beck que las acciones de la sociedad llevaron a humanidad a riesgos antropogénicos inesperados, como es el cambio climático, ya que el desarrollo industrial trajo un crecimiento a la economía a nivel mundial, pero también incrementó el CO<sub>2</sub> en la atmósfera por la innovación tecnológica, cuyo resultado es un aumento en la temperatura global y un cambio climático.

Entonces, la disponibilidad de agua depende de dos principales factores los naturales y los humanos, con toda la gama de variables que ya fueron expuestas; todo en su conjunto llevan a la metrópoli a una situación altamente crítica, aumentando el déficit día con día, pues la Ciudad de México está dentro de un doble riesgo<sup>12</sup>, por un lado, la falta de agua por el crecimiento poblacional, la expansión de la mancha urbana, cuyo abastecimiento se complica por los efectos del Cambio Climático Antropogénico, pero por el otro lado la mala administración, la carencia de políticas públicas, la corrupción del sistema político, la mala planeación durante años, entre otros aspectos, son el resultado de la actual situación del agua en el Distrito Federal.

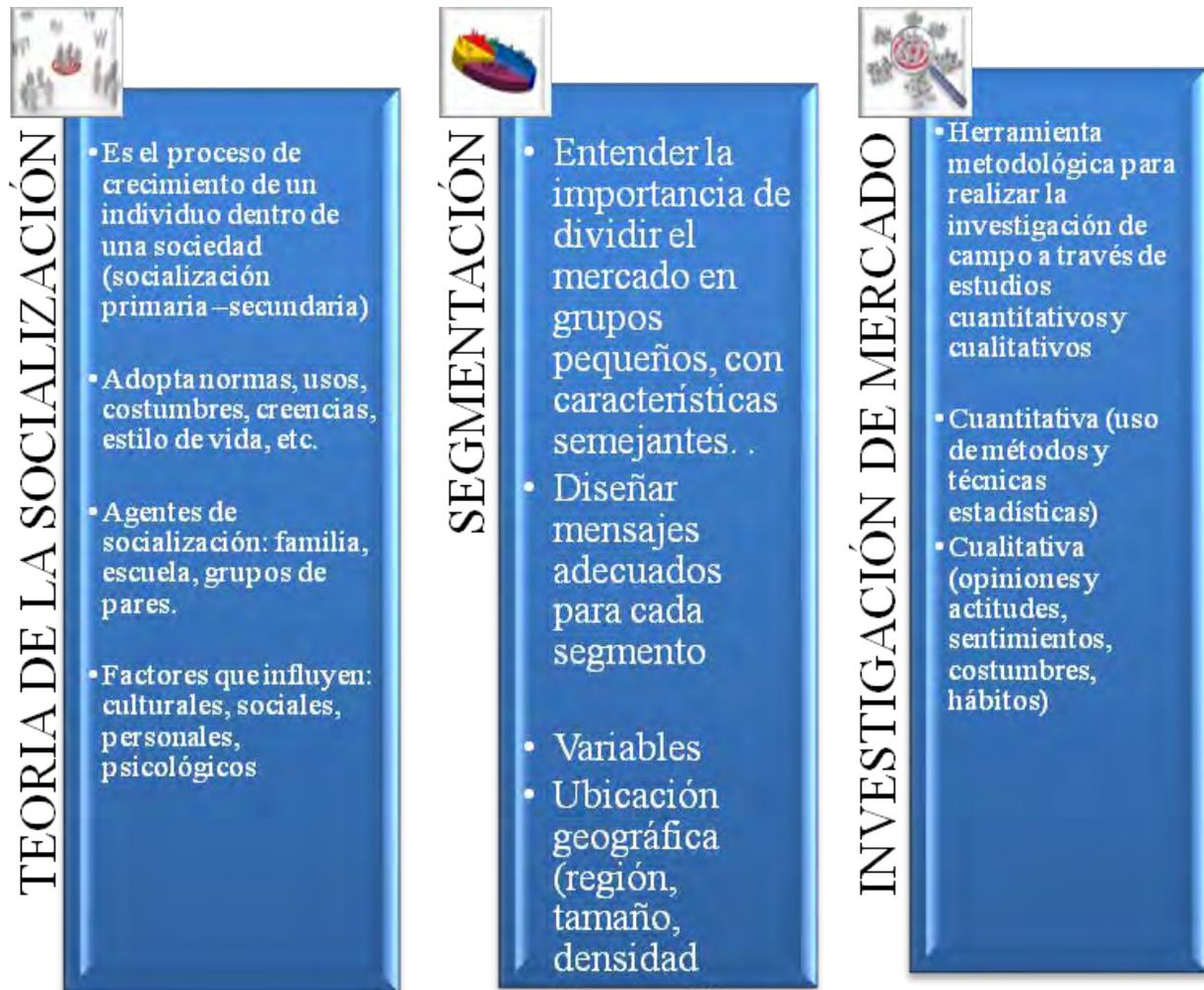
El cambio climático antropogénico es el desafío más complejo al que se enfrentan las generaciones presentes y futuras, por ello el siglo XXI se caracteriza por una crisis ambiental global que tiene a los países en situaciones de riesgo cada vez más constante.

---

<sup>12</sup> El doble riesgo explicado por la Mtra. Aguirre Laura en el Diplomado de Estudios Avanzados. UACM agosto-diciembre.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Figura 1 Herramientas para crear el target.



El crecimiento poblacional, el avance tecnológico, el desarrollo de los países, la explotación o uso desmedido de los recursos naturales, el incremento de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera, han llevado al planeta consecuencias graves que amenazan la sustentabilidad. Los efectos del Cambio Climático van a complicar otros problemas que ya existen actualmente en las sociedades como es el caso de la cantidad y la calidad del agua, entonces el problema de la disponibilidad del agua en el Distrito Federal y en cualquier parte del mundo es preocupante, por ello es primordial ocuparse y no sólo preocuparse ante la situación actual.

Es por ello indispensable buscar alternativas, soluciones con nuevos pensamientos sin frontera, es decir romper las divisiones entre la ciencia, los gobiernos y la población para trabajar en conjunto, entrelazado para enfrentar de la manera más viable los retos del siglo XXI en relación con el Cambio Climático, sus consecuencia, para no agravar más los problemas que ya se tenían aún antes del calentamiento de la tierra.

**La Comunicación en el Problema Social**

Las ciencias sociales ayudan a comprender las causas de un problema social. En la comunicación una estrategia para resolverlos es a través de las campañas sociales, conocidas como publicidad

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

social que es un fenómeno comunicacional, cuyo objetivo básico es enfocarse a dichos problemas para concientizar a la población y lograr cambios de actitud hacia situaciones perjudiciales. La publicidad social emite un mensaje a terceros cuyo objetivo principal es promover determinadas creencias y modificar ciertas actitudes encaminadas hacia el bienestar del ciudadano y de la sociedad en general.

Según Kotler & Roberto, la publicidad social es “*un esfuerzo organizado, dirigido por un grupo (el agente de cambio) que intenta persuadir a otros (los adoptantes objetivo) de que acepten, modifiquen o abandonen ciertas ideas, actitudes, prácticas y conductas*”. (Kotler, P.; & Roberto, E., 1992:7). En esta definición se pone de manifiesto que la publicidad social persuade para que se modifiquen ciertas ideas o conductas sociales y no para vender un producto o servicio como lo hace la publicidad de productos de consumo. (Figura 1)

**Conclusiones:**

Hay que romper las divisiones entre la ciencia, el gobierno y la población, para trabajar como un ente para enfrentar los retos del siglo XXI. Mientras no se trabaje en conjunto todos los actores sociales será realmente difícil contrarrestar los problemas y encontrar soluciones viables que favorezcan a la sociedad. Los problemas no se terminan resolviendo solo una cosa, es un trabajo conjunto. También es muy importante conocer el problema de fondo y analizar todas las variables como es el caso de la disponibilidad de agua, la cual depende de factores naturales como es la ubicación geográfica, la humedad, los vientos, el clima, la temperatura, por un lado, pero también de los factores humanos como es el crecimiento poblacional, urbanización, industrialización, deforestación, uso y cuidado del agua, entre otros.

Otro factor importante es que las acciones del hombre han tenido consecuencias inesperadas, pues el desarrollo industrial trajo un crecimiento a la economía y a la humanidad, pero aumentó el CO<sub>2</sub> en la atmósfera por el uso de combustibles fósiles, e incrementó los gases de efecto invernadero, cuyo resultado es un aumento en la temperatura global y un cambio climático.

Entonces, el problema del agua sólo se puede comenzar a mitigar, conociendo todos los factores que intervienen. Además de la participación de todos los actores involucrados. Siendo el

comunicólogo en un canal creador de mensajes entre los diversos sectores.

En este pequeño extracto se abarca a grandes rasgos el problema del agua en el Distrito Federal así como una de las formas en las que puede intervenir la comunicación a través del mensaje, el trabajo más detallado se desarrolló en la tesis de licenciatura, la cual incluye también la parte práctica de la comunicación y que sirvió para alcanzar el objetivo principal de la investigación y se puede consultar en el portal electrónico de la biblioteca central de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Fuentes de consulta**

Aguirre Laura M. (2010). Teoría del doble riesgo. Primer Coloquio Internacional del Programa de Investigación en Cambio Climático. 9 de noviembre de 2010. Auditorio Amoxcalli, Facultad de Ciencia, UNAM.

Aguirre Laura M (2011). Comunicación de riesgo. Tesis Doctoral (en elaboración) Asesor. Dr. Aguilar Luis, UAM Xochimilco.

Asamblea Legislativa del Distrito Federal, IV Legislatura. Ley de Aguas del Distrito Federal Centro de Documentación 1. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003

Beck, Ulrich. (1986). La sociedad global del riesgo. Hacia una nueva modernidad. Barcelona, Paidós.

Beriain J (Comp) 2007 Las consecuencias perversas de la modernidad. 2da. España, Anthropos pp. 288 ISBN. 84-7658-466-0

Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión (Junio 2009) Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. Perfil Socioeconómico del Distrito Federal. <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/2009/cefp0372009.pdf>

Carabias, & Landa (2005). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México; El Colegio de México y Fundación Gonzalo Río Arronte. 219 pp.

Comisión Nacional del Agua, 2007. Estadísticas del agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 259 pp. ISBN 978-968-817-852-2

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Comisión Nacional del Agua. *Estadísticas del Agua en México 2004*. 2da. Ed. México, 2004

Fernández Ma. Augusta comp (1996) Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina. Lima: La Red. 20/10/10 ISBN: 9972-47-001-6 disponible En: <http://books.google.com.mx/books?id=UD9qMa5kdF0C&printsec=frontcover&dq=ciudades+en+riesgo&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Flannery Tim (2006) *La amenaza del cambio climático*. Historia y futuro. Cambio climático ocasionado por el hombre. Edit. Taurus.

Gay, C. Gian, C. Imaz, M. Martínez, A. Coord. (2010) México frente al Cambio Climático. CCA, PINCC, CEIICH, PUMA, UNAM. Colección el mundo actual. México. 240pp. ISBN. 978-607-02-1879-8

Giddens Anthony. Un mundo desbocado. Taurus ISBN. 978-968-19-0794-5

JACOBO Villa Marco Antonio y SABORÍO Fernández Elsa. Coord. (2004). La gestión del agua en México: los retos para el desarrollo sustentable. UAM Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México. Miguel Ángel Porrúa 375 pp.

Josep Corbella. Hacia una crisis global del agua. Vanguardia.es. Barcelona 20 de marzo de 2008. En Línea: <http://www.lavanguardia.es/lv24h/20080320/53445882244.html>

Julia Martínez y Adrián Fernández Bremauntz (compiladores) con la colaboración de Patricia Osnaya. *Cambio Climático: Una Visión Desde México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México 2005

Naciones Unidas. (1992) *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Consultado 05/04/2010. En línea: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Programa de Investigación de Cambio Climático (PINCC). Primer Coloquio Internacional del PINCC. Mesa 6 "Riesgo y Sociedad ante el Cambio Climático: Una Mirada desde las Ciencias Sociales".

9 de noviembre, Facultad de Ciencias, Auditorio Carlos Graef. UNAM

Programa de manejo sustentable del agua para la Ciudad de México en: [http://www.sma.df.gob.mx/transparencia//progagua\\_ciudad\\_mexico.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/transparencia//progagua_ciudad_mexico.pdf)

Programa general de desarrollo 2007-2012 [http://www.df.gob.mx/work/sites/gdf/resources/LocalContent/191/2/programa2007\\_2012.pdf](http://www.df.gob.mx/work/sites/gdf/resources/LocalContent/191/2/programa2007_2012.pdf)

Real Academia Española (2001). Diccionario de la lengua española. Vigésima segunda edición. En <http://www.rae.es/rae.html>

Secretaria de Gobierno. Consejo de Población del Distrito Federal. Día Mundial del Agua.

Calendario Demográfico. Consultado febrero de 2010, En línea: [http://www.copo.df.gob.mx/calendario/calendario\\_2004/marzo/agua.html](http://www.copo.df.gob.mx/calendario/calendario_2004/marzo/agua.html)

Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal. [www.smadf.gob.mx](http://www.smadf.gob.mx).

Stern, Nicolas. (2007). El Informe Stern. La verdad sobre el cambio climático. Paidós, Barcelona. Pág. 389



## El cambio climático en las transformaciones ecológico/ambientales y socioculturales en la costa del Pacífico mexicano.

Gerardo Alberto Montero Resendiz

*“Ya no es tiempo de lamentarse de las catástrofes ecológica. Tampoco de imaginar que el desarrollo de las tecnologías bastaría para remediarlas. El arranque salvador solo puede venir de una transformación radical de nuestras relaciones con el hombre, con los demás seres vivos y con la naturaleza.”*  
(Edgar Morin)

### Los caminos de occidente y la occidentalización planetaria.

El inicio del siglo XXI es también el de los grandes retos. Retos paradigmático, políticos, económicos, sociales, culturales, ideológicos, ecológico/ambientales, -a nivel local y global- que debe enfrentar la humanidad que está despertando del sueño que prometió la civilización occidental desde el siglo XVII llamado *modernidad, desarrollo*<sup>1</sup> y *progreso*. “El paradigma vigente ha dominado nuestra cultura durante varios siglos, ha ido formando la sociedad occidental moderna y ha influido significativamente en el resto del mundo” (Capra, F. 1991: 28) Algunos han mencionado que este sueño solo ha sido una pesadilla en todo el planeta. A provocando inconformidades, confrontaciones, desencantos, vejaciones, sangre y muerte, ante la dominación de un mundo artificial y abstracto (Morin, E. y Nicolas Hulot, 2008).

En la Europa del siglo XVIII separan al salvaje del civilizado. “...la *politesse* y los modales, la sensibilidad y el gusto, la racionalidad y el refinamiento eran valores abrazados por una élite ansiosa por repudiar la naturaleza más [baja], [tosca] y [ordinaria] del hombre.” (Fernández-Armesto, F. 2000: 25). El progreso es la renuncia a la naturaleza y todo ello que significaba lo salvaje,

se veía con desprecio. Ante ello, el afán de dominarlo y/o demolerlo nos ha apartado de la naturaleza, de nuestra naturaleza humana. Por ello, este modelo ha demostrado su tendencia al alejamiento, desde la destrucción y dominación/control de la naturaleza a la atomización de la humanidad encaminando al mundo a una visión mecanicista<sup>2</sup>. (Capra, F. 1991) el gran trofeo es el aislamiento del conocimiento, la cultura occidental desune el sujeto y el objeto, el sujeto es remitido a la filosofía, mientras que el objeto a la ciencia; “todo lo que es espíritu y libertad compete a la filosofía; todo lo material y determinista compete a la ciencia” (Morin, E. y Nicolas Hulot, 2008: 34).

El proceso de occidentalización planetaria comienza a finales del siglo XV:

La occidentalización del mundo se inicia, tanto con la inmigración de los europeos hacia las Américas y Australia como por la implantación de la civilización europea, de sus armas, de sus técnicas, de sus concepciones, en todas sus factorías, puestos avanzados y zonas de penetración [...] En el siglo XX, la edad hierro planetaria está marcada por el formidable desarrollo del imperialismo europeo, británico en primer lugar, que se le asegura el dominio del mundo, aunque ya los Estados Unidos de América y, luego las nuevas naciones de

<sup>1</sup> Nos vemos instados a replantear el problema del desarrollo rechazando la concepción (tan burda y tan bárbara, y tanto tiempo imperante) según la cual la tasa de crecimiento industrial significaba el desarrollo económico y el desarrollo económico significaba el desarrollo humano, moral, mental, cultural, etcétera, mientras que en nuestras civilizaciones, llamadas desarrolladas, existe un atroz subdesarrollo cultural, mental, y humano. Hemos querido dar este modelo a los países del Tercer Mundo. (Morin, E. y Nicolas Hulot. 2008 :45)

<sup>2</sup> En ella, Descartes se basaba en dos mundos separados, uno era el espíritu y la materia, lo explica en el universo material, que hace una microvisión con el organismo humano y menciona que es como una máquina, que se entiende al separar y analizar las partes más pequeñas. Por esto, Descartes hace el ejemplo con un reloj, “Considero el cuerpo humano como una máquina, mi mente compara a un hombre enfermo y un reloj mal construido con mi idea del hombre sano y el reloj bien construido” (Descartes, R. en Capra, F. 1991: 28)

América Latina se hayan emancipado de las colonias de población, la occidentalización del mundo señala la nueva fase de la era planetaria (Morin, E. y Anne Kern, 1993: 77)

El deterioro ambiental ha sido de manera constante desde el nacimiento de las civilizaciones; sin embargo, la civilización occidental ha repercutido desde la revolución industrial –la primera y la segunda y al parecer, ya en la tercera-, que transformó la manera de pensar, de producir los medios de consumo, de vivir y de conquistar la naturaleza a través de la tecnificación impulsada en sus inicios por el carbón que era extraído de las minas inglesas

La teoría liberal del mercado y cómo debe de regirse en el mundo, ha intensificado la degradación de la naturaleza para el abastecimiento del mercado demandante. Leff, E. (2000) señala que esta problemática ecológica cuestiona los costos socioambientales y ecológico/ambientales derivados de la racionalidad productiva fundada en el cálculo económico, en la eficacia de los sistemas de control y predicción, en la información de los comportamientos sociales y en la eficacia de sus medios tecnológicos. Estas causales y efectos han forjado un paradigma de consumo voraz, automático e insensato.

El hombre productor se encuentra subordinado al hombre consumidor, el hombre consumidor al producto que se vende en el mercado, y éste último a las fuerzas del libido que se hacen progresivamente más robustas y tienen al tiempo un menor control (el beneficio capitalista y el deseo de consumir se espolean mutuamente). La civilización burguesa pasa una situación prosaica a una situación libidinosa. La cultura de masas (prensa, radio, televisión, cine) anuncia beatamente, tontamente, una civilización del placer [...] y este individuo transformado en rey-objeto se ve sometido a un género de contradicciones que ya he examinado en *L'Esprit du temps*; en el interior de un individuo combaten la necesidad de aventura y la necesidad de seguridad, la angustia y el goce, el amor y la posesión. (Morin, E. 1965: 87).

Esto ha llevado al hombre moderno a una crisis de la civilización occidental que se refleja en la violencia y desensibilización que se generaliza en los ámbitos de la vida. Las muertes ocasionadas por enfermedades que se pensaban ya erradicadas o que son fáciles de curar y están matando a hombres, mujeres, jóvenes y principalmente niños/as, sobre todo en zonas apartadas de las grandes urbes. Migraciones masivas por la búsqueda de un futuro, mayores oportunidades o

por sobrevivencia al ser expulsados de sus lugares de origen porque no hay posibilidades de continuar en su espacio o son llamados a ingresar en las filas de la modernidad y despreciar su origen.

El incremento de las drogas legales e ilegales, tanto en el consumo como en el tráfico que provoca otros grupos, redes productivas y cotos de poder. Las violaciones a los Derechos Laborales y Humanos de los trabajadores, que se genera entre otras cosas, por la misma corrupción en los grupos organizados en instituciones públicas y privadas en América latina y; en sí, en todo el planeta.

La pobreza económica que se generaliza y aumenta a niveles acelerados. La ignorancia y la exclusión que es más común en acceso a la educación, salud, diversión, de género, etcétera, se ha incrementado la intolerancia entre nosotros.

Los/as jóvenes son los/as más castigados/as, porque no perciben un futuro alentador, sino todo lo contrario, se sienten tristes, frustrados, y no vislumbran alguna posibilidad alguna de un porvenir, son señalados, perseguidos y discriminados.

La gente busca en sus más profundas creencias religiosas la manera de obtener respuestas a sus angustias y soluciones por medio de milagros y oraciones. El estrés, la vida artificial, rápida e instantánea, la búsqueda de la vida fácil.

La proliferación de la comida industrializada y llena de grasas que modifican nuestros hábitos alimenticios porque no hay tiempo para sentarse a comer “bien” y hoy día, hay problemas de hipertensión, obesidad, cáncer, diabetes etcétera. Nos maravillamos con las nuevas tecnologías, sin embargo, no nos ponemos a cuestionar cómo se logra obtener dichos beneficios, solo nos importa el consumirlo, el poseerlo y darnos “seguridad, placer y status”. La tecnificación industrial, que produce masivamente bienes baratos para su consumo es parte de la problemática ecológico/ambiental que hoy vivimos.

Se degrada y transforma sus elementos naturales, abriendo paso a las desertificaciones de los suelos o inundaciones en varias partes del planeta, provocando que las especies sufran un cambio, hay una auto-eco-organización en los fenómenos naturales y vivimos nuevas etapas de estos fenómenos que no estábamos familiarizados y que hoy les denominamos como atípicos.

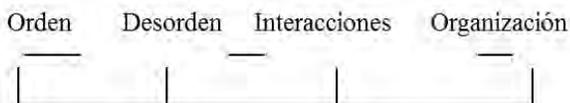
El cambio climático, ha significado el ajuste y desconcierto de la humanidad. Los fenómenos globales climáticos que se han presentado en las últimas décadas por el aumento promedio de las temperaturas terrestres, de los océanos y el sistema combinado tierra/océano. (Isaza, J y Diógenes Campos, 2007)

Los Polos. Norte y Sur, se están derritiendo ocasionando que las especies emblemáticas, como el Oso Polar o el Pingüino Emperador estén ya catalogados como especies en peligro de extinción, se llegan a desprender icebergs del tamaño aproximado de Australia o Texas por los cambios en la circulación oceánica ante la llegada de aguas subtropicales y el hoyo en la capa de ozono que a pesar de que empieza a recuperarse, es aún lento.

La contaminación atmosférica, que es uno de los problemas donde los lugares más afectados son los países de América Latina por las industrias y el transporte que usan combustible fósil. Son responsables de enfermedades respiratorias crónicas, sobre todo en niños/as y bronquitis los adultos en etapa de vejez.

Se han contaminado ríos, lagos, lagunas, mantos acuíferos, etcétera, además de su distribución desigual, hoy en día, está en peligro de ser privatizada por las grandes transnacionales; el agua no llega a las zonas alejadas de las urbes, mientras en las ciudades se desperdicia el líquido.

Nuestra madre Tierra está en constante movimiento holístico de:



“La Tierra es un ser caótico cuya autoorganización se constituye en el enfrentamiento y la colaboración del orden y del desorden” (Morin, E. y Anne Kern, 1993: 52) durante de sus primeros 2700 millones de años permaneció geológicamente muy activa, con lluvias de meteoritos y erupciones de gases; las constantes lluvias, explosiones, inundaciones de lava, posteriormente torrenciales lluvias, el nacimiento de las bacterias en que proliferaron en las aguas, la atmósfera, todo ello para que después de 2 mil millones de años llegara la vida, que se extiende en los mares, los suelos, en el aire. Llegan los árboles, las plantas, hay pájaros e insectos. Los ecosistemas se desorganizan, auto-regulan y auto-

organizan para que miles de años más tarde, aparezcan la flora y las flores.

Los primeros habitantes gigantes que son los dinosaurios y que fueran por un tiempo, los amos del planeta, llegando a su fin después de más de 1500 millones de años y luego de constantes cataclismos telúricos, emergen y se desarrollan los mamíferos, una gran diversidad de plantas, invertebrados, vertebrados, peces, agnatos, reptiles. Dentro de los mamíferos, hace casi 30 millones de años, los primates superiores dan señales de vida y hace 17 millones de años, están los predecesores del hombre que es la última y desviada rama del árbol de la vida que aparece en el seno de la biósfera. (Morin, E. y Anne Kern, 1993)

#### La costa del pacífico mexicano

Hace más de 300 millones de años existía un solo continente llamado Pangea. Con el transcurso del tiempo este continente se fue fraccionando hasta quedar dividido en los seis continentes que conocemos en la actualidad. En ellos los rodean cinco océanos.

El Océano Pacífico es el mayor cuerpo de agua en la Tierra, cuenta con 160 millones de kilómetros cuadrados, limita con los continentes de la Antártida, Asia, Oceanía y América. Espinoza, H. (2004) menciona que un primer cálculo realizado con base en la alineación magnética del planeta, dan unos 70 millones de años a las placas tectónicas que componen su fondo. En la zona mexicana, esta tiene una dimensión de 2.3 millones de kilómetros cuadrados, abarca las islas de Guadalupe en Baja California y el archipiélago de las islas de Revillagigedo en Colima.

En el año de 1513, Vasco Núñez de Balboa observó desde lo alto de una montaña ubicada en lo que hoy es Panamá, una gran masa de agua y le llamó Mar del Sur. En 1521, Fernando de Magallanes le da el nombre actual, cuando encontró calma después de pasar los fuertes vientos del estrecho<sup>3</sup> en el extremo sur del continente americano. En 1522 Hernán Cortes descubre en una expedición realizada en tierras que hoy las conocemos como Honduras y Guatemala el Océano y en 1536 llega al mar, en el norte de México que hoy lleva su nombre. La costa mexicana del pacífico cuenta con 7 mil 146 kilómetros de longitud.

<sup>3</sup> El estrecho de Magallanes está ubicado al extremo sur del continente americano entre la Patagonia, la isla grande de Tierra del Fuego y varias islas alrededor donde divide el océano pacífico del océano atlántico.

El Océano Pacífico está compuesto por una serie de placas tectónicas que están en constante movimiento, provocando fricciones y por consiguiente, un sinnúmero de actividades sísmicas. Está en el denominado cinturón de fuego<sup>4</sup>. México está entre cinco placas tectónicas; Cocos, Pacífico, Norteamérica, Caribe y Rivera, lo que provoca mucha actividad sísmica.

En el pacífico mexicano, está la subducción de las placas de Cocos, y Norteamericana; la placa del Pacífico y la Rivera. El Pacífico Sur de la costa mexicana es la de mayor sismicidad así como la Península de Baja California donde tiene cerca la falla de San Andrés.

Hacia el sur de la costa tiene un clima tropical subhúmedo en el norte hay un clima árido o llamado desértico. La distribución fisiográfica en la costa está compuesta por la península de Baja California, la llanura sonorense, la llanura costera del pacífico, que abarca el sur de Sonora, Sinaloa y la parte norte de Nayarit, el eje neovolcánico que llega a la costa del pacífico y una gran proporción tiene la Sierra Madre del sur.

La biodiversidad es variada e inmensa cambia en extremo de norte a sur, su vegetación y sus especies (plantas, reptiles, aves, mamíferos, anfibios, insectos) que viven cerca de la costa, así como la marina que contribuyen a la gran variabilidad que se llega a encontrar. Los matorrales se encuentran en el norte del país, es de un clima muy extremo, ya que puede hacer mucho calor en el día y mucho frío por la noche, casi no llueve y también son llamados desiertos; hay regiones en la costa del pacífico mexicano con bosques; la selva está en las zonas tropicales y todo el año hace calor, y en diferentes zonas llueve mucho o son más esporádicas. Existen una gran variedad de planta y animales que habitan las selvas. En el mar del pacífico mexicano también existen una gran variedad de plantas y animales marinos y los grandes arrecifes de coral. Las actividades humanas preponderantes son: la agricultura, la ganadería y la

<sup>4</sup> El cinturón de fuego, ubicado en el Océano Pacífico es un lugar de altas tensiones, abarca las costas de Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, todos los países centroamericanos, México, Estados Unidos, Canadá, luego dobla a la altura de las Islas Aleutianas y baja por las costas de China y Japón. Debemos considerar al Cinturón de Fuego del Pacífico como un enorme anillo (un anillo de fuego) que bordea casi toda la costa de ese océano, desde Australia y el sureste de Asia hasta Sudamérica, pasando por Japón, China, Estados Unidos, México y América Central donde concentra una actividad volcánica constante.

pesca. Además de los servicios, como el transporte, comunicación, construcción, manufactura artesanal y en mayoreo, alojamiento, servicios turísticos, administración pública, comercio en mayoreo y menudeo.

A lo largo de la costa mexicana del pacífico, habitan grupos étnicos/indígenas, de raza negra (afromexicanos), mestizos y extranjeros, migrantes permanentes y/o estacionarios creando una complejidad en la interculturalidad de las regiones que la componen, sus diferentes cosmovisiones donde se ligan la armonía y el conflicto entre todos estos grupos, sus saberes y las representaciones en cada zona.

Por ello, es necesario saber cuáles son las transformaciones socioculturales y ecológico/ambiental que ha sufrido la costa del pacífico mexicano y se parte de:

...Identificar la problemática sociocultural y ecológico/ambiental de la costa del pacífico mexicano para obtener un acercamiento de investigación.

...Identificar las características de los sistemas sociales, económicos, políticos, culturales, etcétera, de la costa del pacífico mexicano.

...Conocer y comprender los problemas ecológico/ambientales a fin de identificar los cambios culturales que están viviendo los habitantes de la costa del pacífico mexicano.

Para ello, se llevará a cabo esta investigación sustentada en una visión teórico-filosófica del Pensamiento complejo<sup>5</sup>, (Morin, E. 1990) A esta visión de la realidad, se ligarán los principios del pensamiento complejo como son:

- \* El principio sistémico u organizacional. Une el conocimiento de las partes al conocimiento del todo. Por este principio, la realidad humana es inteligida tal como es, o sea, en una situación de inseparabilidad en la cual su contenido depende de su existencia en conjunto, en una relación de

<sup>5</sup> A primera vista, la complejidad es un tejido *complexus*: lo que está tejido en su conjunto de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: que presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. (Morin, E: 1990)

retroalimentación de todas las partes que forman el conjunto.

- × El principio hologramático. No solo las partes están en el todo, sino que el todo, está en el interior de las partes.
- × El principio del lazo retroactivo. Permite el conocimiento de los procesos auto-reguladores pues rompe con el principio de causalidad lineal: la causa actúa sobre el efecto de la misma manera que el efecto actúa sobre la causa.
- × El principio del lazo recursivo. Es un lazo generador en el que los productos y los efectos son ellos mismos productores-causantes de lo que, a su vez, los produce y los causa.
- × El principio auto-eco-organizador (autonomía/dependencia). Este principio es válido para todo ser vivo que, para guardar su forma, debe autoproducirse y autoorganizarse; gastando y sacando energía, información y organización del ecosistema en donde existe.
- × El principio dialógico permite mantener la dualidad, en el seno de la unidad; asocia dos términos a la vez complementarios y antagónicos
- × El principio de reintroducción del conocimiento en todo conocimiento. El cual se opera la restauración del sujeto y se reabre la problemática cognitiva central: de la percepción de la teoría científica; dado que todo conocimiento es una construcción/traducción por una inteligencia/cerebro en una cultura y un tiempo determinados.

#### Fuentes de consulta

Barrientos, A. "et al." \_\_\_\_\_ (sin año), "Análisis geográfico y estadístico de la sismicidad en la costa mexicana del pacífico" en Boletín de los Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica, México, Vol. 3 No. 1 p. 3-26.

Capra, F. (1991), El nuevo paradigma ecológico. Nueva conciencia, (22) 28-31

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad) (2009), Manglares de México: Extensión y distribución.

Dussel, E. (1994), 1492. El encubrimiento del otro: hacia el origen del "mito de la modernidad", La Paz, Plural.

Espinoza, H. (2004), "El pacífico mexicano", en Ciencias, No. 076, octubre-diciembre, p. 14-21.

Fernández-Armesto, F. (2000), Civilizaciones. La lucha del hombre por controlar la naturaleza, España, Taurus.

Isaza, J. y Diógenes Campos (2007), Cambio climático: Glaciaciones y calentamiento global, Colombia, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Leff, E. (2000), Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder, México, Siglo XXI.

Montero, G. (2005), La problemática ambiental en San Luis Tlaxiátemalco, Xochimilco desde el paradigma de la complejidad, México, ENTS, UNAM, Tesis de licenciatura.

Morin, E. (1990), Introducción al pensamiento complejo, Barcelona, Gedisa.

\_\_\_\_\_ (1973), El paradigma perdido. Ensayo de bioantropología, Barcelona, Kairós.

\_\_\_\_\_ (1965), Introducción a una política del hombre, Barcelona, Gedisa.

Morin, E. y Nicolas Hulot (2008), El año I de la era ecológica, Barcelona, Paidós.

\_\_\_\_\_, y Anne Kern (1993), Tierra-Patria, Barcelona, Kairós.

Mumford, L. (1997), "Fase paleotécnica" en Técnica y civilización, Madrid, Alianza Universitaria, p. 197-232.

Páginas electrónicas

<http://www.biodiversidad.gob.mx/ninos/paisMaravillas.html>

<http://www.ssn.unam.mx/website/jsp/Sismo85/sismo85-4.htm>



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

## Saberes tradicionales sobre variación climática en dos comunidades de Guerrero

Josefina Munguía Aldama <sup>1, 2</sup> Fabiana Sánchez Plata <sup>3</sup> Ivonne Vizcarra Bordi <sup>3</sup>  
y María Rivas Guevara <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estudiante del Programa de doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

<sup>2</sup> UAGRO

<sup>3</sup> ICAR, UAEMEX

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de Chapingo

Con la modernización y penetración de la globalización en el siglo XX se han generado profundas transformaciones y un reordenamiento del mundo, producto de la imposición de un modelo económico productivo dominante basado en una enorme necesidad de expansión y consumo de recursos, que ha provocado destrucción de la biodiversidad natural, de los ecosistemas y cambio climático, favoreciendo la desigualdad, hambre, pobreza, migración a las ciudades y pérdida de identidad cultural (Núñez, 2004).

El gran desafío mundial es la conservación de los recursos naturales estratégicos, problemáticas presentes en el ámbito de lo político, científico, económico, social e incluso legal. Delgado (2010), los define como aquellos que hacen posible los procesos productivos, de los cuales dependen el presente y futuro de las naciones.

Inherentes a la conservación de los recursos, es el cambio climático (CC). Se entiende por cambio climático "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" (ONU, 1992). El CC es una amenaza para todos, se expresa en el aumento de la temperatura del planeta y de los gases de efecto invernadero en la atmósfera

(SEMARNAT, 2011), resultado de la industrialización basada en el consumo de combustibles fósiles y la deforestación, con graves consecuencias (Ribeiro, 2010). Estas actividades antropogénicas están modificando la química de la atmósfera de forma cada vez más acelerada, con efectos más desastrosos en los países y personas menos favorecidas y con menos recursos económicos y tecnológicos.

De acuerdo con el IPCC (2007) hoy es indiscutible el calentamiento del sistema climático, hay evidencias que muestran incremento en las temperaturas medias del aire y del océano, derretimiento generalizado del hielo y de la nieve, y elevación del nivel medio del mar en el mundo.

A escala continental, regional y de la cuenca oceánica, se calculan numerosos cambios climáticos a largo plazo. Estos incluyen modificaciones en la temperatura, en el hielo ártico, en la precipitación, salinidad de los océanos, en los vientos y en condiciones climáticas extremas como sequías, fuertes lluvias, olas de calor y en la intensidad de los ciclones tropicales (IPCC, 2007; Meira, 2009, SEMARNAT, 2011). Impactando principalmente los recursos hídricos, la agricultura, los bosques y los ecosistemas naturales (Gonzales, s/f).

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

La presencia de sequías, inundaciones, incendios masivos y superhuracanes, están afectando a la sociedad y a las especies animales y vegetales, colocando a algunas de estas dos últimas en peligro de extinción. Se sabe que durante el período de 1850 al 2006 (ciento cincuenta y seis años), los últimos doce años fueron registrados como los más calurosos (IPCC, 2007). Algunos lugares registran incluso cambios abruptos entre el día y la noche (Gonzales, s/f).

Leff (2007), señala que durante el período 1992-2002 se incrementó la vulnerabilidad socio-ambiental generando nuevos problemas emergentes de larga duración, y se presenta en 2001 la primera hambruna en provincias de Guatemala y Honduras.

El cambio climático también afecta a la salud humana de manera directa, como resultado de la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, al producir pérdidas de vidas y lesiones de distinta naturaleza y severidad, emergencia o reemergencia de enfermedades ya desaparecidas o controladas, el desarrollo de nuevas enfermedades, y el incremento en la incidencia y prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores (González, s/f), con impacto en las tasas de morbilidad y mortalidad en niños menores de cinco años y adultos mayores (Juan, 2010).

El incremento de temperatura genera condiciones propicias para la proliferación de larvas de insectos, plagas que pueden completar mayor número de ciclos reproductivos en primavera, verano y otoño, causando infestación para el siguiente ciclo agrícola, así como, de hongos y bacterias (Altieri, 2008).

Los sistemas alimentarios en regiones de montaña son particularmente vulnerables al cambio climático debido al bajo nivel tecnológico de sus economías, al tamaño de la propiedad agrícola y al bajo nivel de diversificación económica (Gonzales s/f). Además, las zonas áridas o semiáridas, montañas y colinas ecológicamente más vulnerables son las áreas donde viven la mayoría de los 370 millones de rurales pobres del mundo (Altieri, 2008).

En México el cambio climático en relación con las lluvias está ocasionando dos tipos de efectos, lluvias severas que tienden a incrementar su intensidad cada año (Vera, 2009), rápidas, violentas que forman corrientes arrasantes. A diferencia de esta, Suárez (2011) señala que se espera para los próximos años, una disminución de la precipitación pluvial suave y prolongada que afectará la renovación de aguas subterráneas con impacto en los acuíferos y fuentes superficiales de agua.

En la región de la montaña de Guerrero el régimen de temporal de lluvia con 75% de probabilidad de ocurrencia, iniciaba el 12 de mayo y terminaba el 26 de septiembre, 137 días de temporal en promedio, con un período húmedo que iniciaba el 30 de junio, con duración de 75 días, en condiciones normales; sin embargo hoy en día la región comienza a vivir las consecuencias del CC modificando la temperatura ambiental que incrementa la evapotranspiración potencial y reduce el régimen de temporal, entre 9 y 11 días en total, además, la temperatura máxima media anual del período 1997–2000 fue mayor en 0.6 °C con respecto al período 1941–1970, lo que evidencia el cambio térmico (Cruz, 2007).

Los estudios sobre cambio climático son recientes, su aparición se debe a una ruptura de la concepción estática del clima y a las nuevas tecnologías que hacen posible obtener datos relevantes por el uso de aparatos de medición e imagen satelital; sin embargo, éstos solo han posibilitado conocer los efectos del cambio climático en los ecosistemas más grandes e importantes del mundo, desafortunadamente a escala local estos cambios no son tan perceptibles (Suárez, 2011).

Algunos investigadores están estudiando a los insectos como bioindicadores del cambio climático a nivel local, pues afecta de manera importante su distribución geográfica. Las mariposas por ejemplo, poseen características ecológicas que indican el estado de salud ambiental y de la biodiversidad del entorno donde viven, pues los cambios impactan la duración de su ciclo de vida (generalmente un año),

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

su existencia o no refleja cambios a escala fina, como lo demostró Foo Kong (2009) en su estudio en Baja California, en el que concluye que más del 70% de la población de mariposa Quino checkerspot (*Euphydryas editha quino*) está extinta, debido al cambio climático.

Otro indicador de las variaciones climáticas son los ciclos de cultivo, se dice que antes en las zonas cercanas a la ciudad de Toluca las siembras comenzaban en el mes de marzo y la cosecha se efectuaba en los primeros días de noviembre, período bien definido, actualmente el lapso se ha acortado y la siembra se inicia en mayo cuando comienzan las lluvias (Juan, 2010).

Los esfuerzos por comprender con mayor precisión cómo está cambiando el clima así como sus impactos se están incrementado a través de apoyar y desarrollar programas, redes y organizaciones que se proponen definir, evaluar o financiar actividades de investigación, recopilar datos y observaciones sistemáticas del cambio climático (ONU, 1992), no obstante desde la perspectiva micro-social son pocos los estudios dirigidos a conocer valores, creencias, percepciones y normas sobre el cambio climático (Oltra, 2009) en las poblaciones o comunidades. La integración de las distintas perspectivas puede permitir una mejor comprensión del fenómeno. Algunos avances en este sentido son señalados por Lorenzoni y Pidgeon (citados en Oltra, 2009) quienes plantean que aunque el cambio climático es un fenómeno complejo y difícil de relacionar con la vida cotidiana de los individuos en las zonas urbanas, sus estudios muestran tendencias de que existe en los ciudadanos una importante preocupación por los problemas medioambientales y el cambio climático; sin embargo, el conocimiento que tienen sobre sus causas y soluciones es limitado, la percepción del riesgo les es distante, y asumen que la responsabilidad de mitigar sus efectos corresponde al gobierno (Oltra, 2009).

En cambio en el contexto rural el problema se percibe de modo distinto, Altieri (2008) sugiere que muchos agricultores se adaptan e incluso se preparan para el cambio climático, reducen las pérdidas en las cosechas con prácticas como el incremento en el uso de variedades locales

tolerantes a la sequía, cosecha de agua, policultivos, agroforestería, colecta de plantas silvestres y de otras técnicas más, porque los efectos sobre los cultivos varían de una región a otra. En Bolivia los campesinos han venido notando cambios fuertes en el clima a partir de los años 80, por lo que han empezado a ajustar sus prácticas productivas (Gonzales s/f). Así, hombres y mujeres del campo han aprendido a interpretar signos ambientales para la predicción del clima mediante señales naturales o bioindicadores atmosféricos y del comportamiento de animales y plantas que orientan en su quehacer. Además, de creer en fuerzas sobrenaturales que median entre ellos y la naturaleza, esto supone mirar, interpretar pero también rogar a lo inmenso y poderoso de la naturaleza (Núñez, 2004).

Con el propósito de continuar resaltando la importancia de los sistemas tradicionales sobre el manejo de los recursos de manera más integral, y de conocer las observaciones que han permitido a los campesinos sobrevivir y producir alimentos con sus propias semillas, adaptándose y/o modificando sus actividades de acuerdo a sus recursos y condiciones ambientales, preservando su cultura y biodiversidad, nos hemos propuesto realizar una investigación que pretende sistematizar los saberes tradicionales campesinos sobre el clima y maíces criollos en comunidades pobres del estado de Guerrero, e identificar bioindicadores relacionados con los cambios o variación climática<sup>1</sup>.

El estudio se realiza en las localidades de Ahuexotitlán y Ahuihuiyucu en el municipio de Chilapa, ubicado en la Región Centro-Montaña del estado de Guerrero, es de enfoque cualitativo y de nivel explicativo, se fundamenta en la etnometodología como perspectiva epistemológica. El trabajo de campo se encuentra en su etapa inicial, centrado en recopilar información que permita caracterizar a estas dos poblaciones. Los instrumentos utilizados son observación participante, registro de conversaciones, anécdotas y experiencias personales.

<sup>1</sup> Para efectos de este estudio el cambio climático se refiere a la variación del clima que se manifiesta en cambios en la temperatura, la precipitación y la nubosidad.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

**Primeros hallazgos**

En una fase exploratoria en relación a cómo las sociedades perciben y relacionan los cambios de temperatura y el ciclo de cultivo, podemos dar cuenta que en ambas comunidades, hay diferencias importantes. Para los residentes de Ahuexotitlán el calor está aumentando año con año, pero los incrementos más notables son percibidos desde hace 3 años. El incremento del calor es importante para los campesinos pues pone en riesgo los cultivos de maíz al proliferar plagas como la “gallina ciega” que consumen las raíces de las plantas y mueren. Este gusano ha estado presente en los plantíos de estos pobladores en los últimos dos años.

Otra variable que se está modificando es la precipitación pluvial. La sociedad alcanza a percibir que antes (hace aproximadamente 50 años) el temporal iniciaba en el mes de mayo y con ello la siembra de maíz, actualmente se ha recorrido al mes de junio y como los campesinos esperan que hayan caído por lo menos tres o cuatro aguaceros que humedezcan bien la tierra, las siembras se están iniciando a finales de junio y durante el mes de julio. Actualmente no es posible sembrar en seco porque las hormigas “arrieras” o “zontetas” se consumen los granos de maíz.

Se dice que la lluvia era suave y después de su caída se podía salir a trabajar, hoy es fuerte, con viento y en ocasiones granizo, que impide realizar actividades al incrementarse el caudal de escurrimiento en la barranca y laderas de las tierras de labor. También se observa disminución en la cantidad de lluvia que hacía germinar algunas plantas, según los relatos desde hace tres años ya no se encuentra con facilidad en el campo hongos comestibles como “patas de pájaro” también llamados “nanacates” y de algunas flores exclusivas del temporal.

El año anterior es referido como de pérdida económica importante para muchos campesinos porque dejó de llover el 27 de septiembre cuando el

maíz apenas estaba en jilote, la falta de agua impidió el crecimiento total del grano y salió “vano”, por lo que perdieron no solo la cosecha sino tuvieron que comprar maíz para resolver el consumo cotidiano de este cereal insustituible en su dieta.

Es reconocido por los habitantes que la disminución del agua tiene repercusiones concretas, cambio del paisaje físico, afectación de la calidad de la materia orgánica del suelo: volumen de hojarasca, pérdida de vegetación, pronunciamiento de la erosión del suelo, principalmente en las barrancas. Dos árboles bastante comunes de madera dura utilizados en la construcción de casas hoy son prácticamente inexistentes, el tepehuaje y el chipillo, así como la sábila, piñuela y guayabo ya no es común verlas en forma silvestre, solo cultivadas.

En Ahuhuiyuco y Ahuexotitlán el evento climático más reconocido es la modificación del periodo de lluvia. Los mayores recuerdan que las lluvias iniciaban en mayo y con ellas la siembra de maíz a partir del día 15 que se celebra a San Isidro Labrador, actualmente la siembra ocurre entre junio y julio después de las primeras lluvias, esta modificación de los periodos, ha recorrido el ciclo de cultivo del maíz. Antes llovía más pero “leve y en silencio”, con predominancia del “tlapaquiahui” o también denominado “chipi” “chipi” es una llovizna de gotas ligeras que duraba gran parte del día y hasta por varios días. Esta forma de lluvia era la preferida por los campesinos para la siembra y el crecimiento de plantas. Desde hace cinco años se observa que llueve menos y con frecuencia cae “alterada, recio y a veces con granizo menudo”, agua con vientos que “acaman” las plantas. Además es irregular, “viene y se va”. Los niveles de agua en los ámeles han disminuido, presentándose escasez principalmente en el mes de abril. Se percibe que este año hace más calor que otros, aún después de llover se siente calor.

Aunque en las primeras conversaciones en Ahuhuiyuco no se encontraron indicios que muestran relación entre la variación climática y la presencia de plagas, la sociedad local puede darse cuenta de que hay un incremento de gusano cogollero, de gallina ciega y otras. La gallina ciega

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

es más propensa a aparecer en materia como el estiércol de burro, y existe la creencias de que este tipo de materia, el abono y a la fumigación son la fuente de la plaga. Los cultivos son afectados por las plagas de manera muy particular, y como respuesta se han tomado decisiones como el dejar de sembrar garbanzo, un cultivo practicado durante buenos años.

Otra forma de percibir los cambios, tiene que ver con la escasez, o lo que se pierde en cantidad. Es decir, hay “cosas” que ya no se dan de la misma manera o se recorren los tiempos. Por ejemplo, la floración de las plantas frutales, iniciaba en mayo, en las primeras lluvias, ahora se retrasan las lluvias y se retrasa la floración. Con el retraso de la lluvia también se mueve su periodo de reproducción, y aumentan plagas como el escarabajo “tomayate”, que cortan la flor o las ramas del níspero con todo y flor.

### Conclusión

La información descrita muestra ya evidencias de la variación climática a nivel local, de manera general se percibe aumento de calor, modificaciones en la precipitación pluvial, en cantidad y forma, reducción del período de temporal, reducción y ausencia de flores y hongos comestibles, además de la presencia de plagas. Aunque en ambas localidades no se expresa con claridad la relación entre las plagas y el CC, son fenómenos ligados, en cambio si perciben el efecto del CC en sus actividades agrícolas.

### Fuentes de consulta

Altieri M.A., C. Nicholls, 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología* 3:7-28.

Delgado G.C, 2010. En busca de la “seguridad ecológica”. Por Natalia Aruguete y Walter Isaías. Página 12. 22 de marzo. En línea: <http://www.pagina12.com.ar/diario/dialogos/index-2010-03-22.html>

Cruz, Hernández Sergio, Noriega, Altamirano Gerardo, Bello, Vidal Juan, Leyva, Baeza Jesús, García, de la Rosa Eduardo. 2007. El análisis agroclimático como herramienta para evaluar el deterioro ambiental: Caso Región de la Montaña de Guerrero, México. Organización Mexicana de Meteorólogos, AC. Memoria del Congreso 20071116-0, Edición internacional, 12 -16 de noviembre, Veracruz, México. En línea: <http://www.ommac.org/memoria2007/document/resumen/res07003.pdf>

Foo Kong, Carlos, Norzagaray Román Ma. del Rosario, 2009. Mariposas: Bioindicadores desconocidos. ¿Qué pasa con las de Baja California? Primer congreso de egresados COLEF, septiembre, Tijuana BC. En línea: [http://docencia.colef.mx/system/files/file/ponencias/mesa%204/4\\_1/Carlos%20A%20Foo%20Kong.pdf](http://docencia.colef.mx/system/files/file/ponencias/mesa%204/4_1/Carlos%20A%20Foo%20Kong.pdf)

Gonzales I. J, M. Aparicio E, J. Cusicanqui G, E. Lima C, E. Yucra, A. Mujica, A. Gonzales, J. Rodriguez, s/f. Sistematización de los Resultados de la Investigación Participativa, sobre la Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en las Regiones del lago Titicaca y los Valles Cruceños de Bolivia. Proyecto Estudios de Cambio Climático. En línea: <http://www.nicap.net/fileadmin/NCAP/Countries/Bolivia/032135.0408xx.BOL.CON-01.Output24.v1.pdf>

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Juan Pérez J.I, 2010. Estudios locales de cambios globales. El clima de la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, Estado de México. UAEMex.

Leff, E., Argueta A., Boege, E., Porto, C. 2007. Más allá del desarrollo sostenible: La construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: Una visión desde América Latina. La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. En línea: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/363/cap22.html>. Última actualización 15/11/2007.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Meira Cartea P.A, M. Arto B, P. Montero S, 2009. La sociedad ante el cambio climático. Conocimientos, valoraciones y comportamientos en la población española. Fundación MAPFRE.

Núñez, Jesús, 2004. Los saberes campesinos: Implicaciones para una educación rural. *Investigación y Postgrado*. julio, vol.19, no.2, p.13-60. En línea: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S131600872004000200003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131600872004000200003&lng=es&nrm=iso). ISSN 1316-0087

Oltra C, R. Solà, R. Sala, A. Prados, N. Gamero. 2009. Cambio climático: percepciones y discursos públicos. *Prismasocial* (revista de ciencias sociales). No. 2:1-23.

ONU, 1992. Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. En línea: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Ribeiro S, 2010. Tecnologías para apropiarse del clima. *América Latina en movimiento* 454. Año XXXIV, II época. En línea: <http://alainet.org/publica/alai454w.pdf>

SEMARNAT, 2011. Para comprender el cambio climático, en Cambio Climático en México. En línea: [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/comprender/cc/queeselcc/queeselcc.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprender/cc/queeselcc/queeselcc.html)

Suárez Sánchez. J, 2011. En los próximos años, la precipitación pluvial en México será seis por ciento menor. *Boletín UNAM-DGCS-201*. Ciudad Universitaria. 5 de abril de 2011.

Vera, 2009. Experto del IPN llama a redoblar vigilancia en zonas de riesgo por inundaciones. Comunicado de prensa IPN. En línea: [www.comunicacionsocial.ipn.mx/wps/wcm/connect/./C\\_252\\_3BCD.DOC?](http://www.comunicacionsocial.ipn.mx/wps/wcm/connect/./C_252_3BCD.DOC?)

## El proceso de comunicación en la gestión de riesgos entre CENAPRED y Protección Civil sobre los hundimientos y su incidencia en la población (caso La Habana, Delegación Tláhuac)

Abril Ariana Pérez Canales <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de la Ciudad de México

### Introducción

Los seres humanos hemos desarrollado ambientes artificiales como son las ciudades, en ellas se encuentran la mayor cantidad de población mundial (de acuerdo a los datos del Consejo Nacional de Población –CONAPO-) una ciudad se constituye por más de 2,500 habitantes. El número de personas en espacios relativamente pequeños genera un aumento y presión para obtener recursos como alimentos, agua y servicios. En la actualidad, las ciudades se constituyen en lo que se denomina megalópolis<sup>1</sup> que se componen por millones de habitantes. Lo que genera mayor presión para lograr el abastecimiento de las necesidades básicas, estos espacios generan caos y riesgos inherentes a su estructura.

Nuestro país tiene tres grandes ciudades Monterrey, Guadalajara y la Ciudad de México, ésta última considerada como una megalópolis conformada por el Distrito federal que cuenta con casi 9,000, 000 habitantes, y 27 municipios del Estado de México que suman 14 millones más de personas, lo que conforman el área metropolitana, que en total constituyen aproximadamente 23 millones de habitantes. (INEGI, 2008), los cuales viven, trabajan, consumen.

Así mismo, la Cd. De México, (y su área metropolitana), es una de las ciudades más pobladas del mundo, lo que significa una demanda importante de recursos, entre ellos el agua, la cual compone uno de los problemas fundamentales de la ciudad, ya que en primera estancia los ríos Pánuco, Lerma y Cutzamala que son algunos de los principales ríos que abastecen a la ciudad de

México, han mermado su cantidad hídrica debido al crecimiento de la población que data de la década de los 30 con el auge de la industrialización que atrajo a una importante migración de personas del campo a la ciudad, para emplearse en la “próspera” industria urbana. Lo anterior generó una presión sobre los recursos que podía brindar el DF o/y el Edo de México, además de que no se desarrollaron políticas públicas con base en la sustentabilidad que garantizaran los recursos necesarios para la sobrevivencia en la ciudad.

Uno de estos recursos y que es vital para la vida es el agua, la cual se utiliza en las ciudades principalmente para fines domésticos, como refiere un estudio de la UNESCO 2007, en donde los recursos hídricos disponibles en el estado de México, se desperdician con un 48% para fines domésticos, un 34% para el riego y un 5% para la industria. El 13% restante es transferido al Distrito Federal para satisfacer la demanda de consumo.

No obstante, los ríos no han sido los únicos afectados, también los mantos acuíferos, en general, se estima que los recursos de agua subterránea están sobreexplotados al 100% o más, como el Acuífero de Texcoco, en la Cuenca del Valle de México, que fue explotado a un índice superior al 850% (CAEM, 2004), lo que generó, la pérdida de presión hidrostática de los acuíferos, que algunos manantiales se hayan secado y que el suelo se hunda en algunas zonas del Valle de México (UNESCO 2007).

El abastecimiento de agua al valle de México es debido a que se convirtió en una megalópolis que demandaba más recursos como el agua y que al no haber se extrajo del subsuelo, lo que provocó el hundimiento de algunas zonas del D.F y del Edo. de

<sup>1</sup>Entiéndase megalópolis como el conjunto de áreas metropolitanas, cuyo crecimiento urbano acelerado lleva al contacto del área de influencia de una con las otras (Castell, 1991).

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

México, así como también por la falta de políticas públicas hidráulicas que controlaran su tratamiento, rehúso y conservación.

El problema de la falta de agua se complica con otro fenómeno que se deriva de las sociedades modernas, que en su quehacer se volvieron más complejas además de que generaron riesgos derivados de su industrialización por el uso de combustibles fósiles, lo cual incitó a una crisis medio ambiental. Además y gracias a diversas investigaciones, se han construido modelos que ofrecen una idea de cuáles serían los escenarios futuros. De las investigaciones con mayor trascendencia se encuentra las del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) que en su cuarto informe 2007 de evaluación del sistema climático; establecieron la correspondencia de la naturaleza y la cultura humana en una relación homogénea, es decir, se concibe al Cambio Climático (CC) como un proceso antropogénico<sup>2</sup>, un consecuente de las actividades humanas y no como resultado de factores de la naturaleza como los periodos típicos de calentamiento y enfriamiento del planeta.

Aunado a los problemas que una megalópolis en si misma genera, el cambio en el clima y en relación con el agua, significa, menor cantidad del vital líquido en temporadas de secas, pero también lluvias torrenciales que afectan diversos sectores, entre ellos, la agricultura, la economía, la población en general, etcétera.

Las ciudades que crecen poblacionalmente, se vuelven más complejas y difíciles de solventar, éstas demandan recursos, que el Estado ya no puede garantizar debido a su misma sobrepoblación, así que por un lado, se presenta el riesgo por no gestionar política pública que previera la explotación de los acuíferos y sus consecuencias como los hundimientos de suelo, y por el otro se genera un segundo riesgo debido al resultado de la industrialización, a una mayor producción de gases de efecto invernadero (GEI), formándose así,

<sup>2</sup>Entiéndase el término antropogénico como las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana que están causando alteraciones en el clima, lo que aumenta las posibilidades de tener efectos devastadores sobre las poblaciones, economías y medio ambiente.

sociedades caóticas. Por ello, como lo propone el IPCC es indispensable mitigar (reducir los GEI) y adaptar a la población a las nuevas condiciones climáticas, como la adaptación en: (Gay 2010 PINCC):

- a) Agua
- b) Alimentación
- c) Salud
- d) Biodiversidad
- e) Costos

Ante desastres de origen antropogénico se encuentran los hundimientos de tierra<sup>3</sup>, generados por invasiones a zonas de reserva ecológica, pero principalmente por la sobreexplotación de acuíferos que al mismo tiempo es consecuencia de la sobrepoblación demandante del vital recurso; este fenómeno se complejiza con las lluvias atípicas generadas a causa del cambio climático<sup>4</sup>, que forman, en un primer supuesto, la acumulación de agua en terrenos que presentan inundaciones formando lo que se conoce como lagunas artificiales<sup>5</sup>, nombradas de este manera porque a pesar de que se forman por la naturaleza, se asientan en lugares donde no existían estancamientos, ya que la mano del hombre al sobreexplotar los mantos acuíferos, hizo que el subsuelo perdiera su contención de agua y generara a su vez el hundimiento gradual del suelo.

En la década de los ochenta se empezó a descentralizar la población en el Distrito Federal, la urbe se empezaba a asentar en lo que se conoce como la zona metropolitana lo que hizo que para el año 1984 se perforaran 14 pozos para abastecer no sólo a dicha entidad sino también al Distrito Federal. La cadena de pozos se llama Sistema Mixquic-Santa Catarina (SMCS) y debido a la explotación de los mantos freáticos es que se ha acelerado la deformación vertical del terreno en algunas zonas

<sup>3</sup>Se trata de un fenómeno generado por la mano del hombre, en la medida en que el hundimiento se debe principalmente por el uso no planeado del agua de subsuelo. "La extracción continua [por la mano del hombre] del agua del subsuelo... tiene como consecuencia la generación de hundimientos graduales del suelo" Universidad Nacional Autónoma de México. (2007). Revista mexicana de ciencias geológicas. (27), 390-391.

<sup>4</sup>Se refiere a lluvias atípicas no sólo fuera del tiempo estacional sino también a lluvias en mayor cantidad e intensidad.

<sup>5</sup>También conocido desde la geología como lagos someros

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

del Valle de Chalco en el Estado de México y de Tláhuac en el Distrito Federal.

De acuerdo a la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA, 2010) el año de 1970 al 2010 en el Distrito Federal y zona conurbada se presentaron hundimientos de entre 22 y 44 centímetros anuales.

Un caso que será representativo de estos hundimientos debido a la extracción del agua y a inundaciones aún más severas a causa del CC es la comunidad de la colonia “La Habana” en la delegación Tláhuac, la cual vive y aumentará los estragos a causa de estos fenómenos antropogénicos como las lluvias atípicas que generan anegaciones, llevándolos a situaciones de peligro, donde por no conocer o partiendo del supuesto del saber pero no emplear estrategias de adaptación a tiempo, existe una alta posibilidad de que se pierda el control y se generen desastres y estragos importantes en la sociedad. Es así que el Cambio Climático afectará aún más esta zona, y por lo tanto se incrementará el riesgo por vivir en una zona vulnerable y el peligro a sufrir un desastre como las inundaciones.

Sin embargo, esta sociedad se podría encontrar en una situación de riesgo debido a que los asentamientos humanos se concentraron dentro del lago seco de Chalco y en su periferia, lo que representa uno de los mayores asentamientos urbanos recientes. “En el caso de la delegación Tláhuac, en los últimos 40 años, la mancha urbana creció exacerbadamente, particularmente en las zonas donde antes existía el Lago de Xochimilco y Chalco, y que corresponde a la planicie lacustre. (SEDUVI, 2011).

No obstante, los que resultan y resultarán más afectados si no se presta la debida atención por parte de diversos sectores sociales a estos fenómenos antropogénicos, sin duda serán los habitantes de las zonas afectadas; es por ello que desde la comunicación se pretende describir este proceso comunicativo entre instituciones que gestionan el riesgo (CENAPRED y protección civil) y cómo llega esta información (si es que llega) a la masa afectada.

Como investigadores se sabe que acceder a la población es complejo debido a que no se tiene la certeza de que la gente perciba de igual manera lo

que un científico percibe y divulga; tal es el caso del Dr. Investigador de Ciencias Genómicas de la UNAM Marcos Adrián Ortega Guerrero, dedicado al tema de las inundaciones y hundimientos en las zonas mencionadas desde hace más de 20 años cuando señala “...Porque estamos acostumbrados a hablar en foros o congresos de especialistas, pero cuando hay que traducir esta información a toda la comunidad, cuesta trabajo”.

**Antecedentes**

Luego de la conquista, los conquistadores trataron de controlar las inundaciones que asolaban periódicamente a la ciudad de México. Habían destruido los antiguos diques que regulaban el nivel del agua, y disecaron los lagos del valle de México, gradualmente esas zonas disecadas fueron ocupadas por campos de cultivo y hoy forman parte de la mancha urbana.

Al oriente de la cabecera delegacional se localizan los Humedales de Tláhuac, una zona de reserva ecológica inundada con aguas tratadas. La importancia de los humedales radica en que se trata de un destino de aves migratorias y de recarga de los mantos acuíferos del Distrito Federal. Sin embargo, tras la extracción de estos mantos en Tláhuac el subsuelo se ha visto afectado es decir, a partir de la segunda mitad del siglo XIX, parte del abastecimiento de agua fue resuelto por medio de pozos artesianos, lo cual provocó los primeros impactos del hundimiento de la ciudad: 5 centímetros por año, registrado entre 1861 y 1895.

No fue hasta 1936 cuando se vuelven a advertir deficiencias en las fuentes de abastecimiento; la población había aumentado en forma considerable hasta rebasar el millón de habitantes. Durante ese año se perforaron los primeros 18 pozos profundos, de entre 100 y 200 metros, lo que marcó el inicio de la explotación intensiva de acuíferos de la ciudad de México. Datos de la revista de geografía latinoamericana que en su título original en inglés es *Journal of Latin American Geography*<sup>6</sup> datan que del año 1936 a 1944 se perforaron 93 pozos en el centro y 93 en la periferia, tal extracción de agua provocó hundimientos en el centro a razón de: 16 centímetros por año. El más drástico ocurrió entre

<sup>6</sup>JJ Carrillo-Rivera, Ángeles-Serrano, G y M Perevochtchicova. 2008. Posibles Controles Hidrogeológicos de Impacto Ambiental por la Extracción de Agua Subterránea en Xochimilco, México. Vol 7 (1).Journal of Latin American Geography.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

1948 y 1952; precisamente en 1951 la ciudad se hundió en promedio 46 centímetros. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental: 2010).

A finales de la década de los setenta se comienza a tener una fuerte desconcentración urbana y acomodo territorial fuera de la Ciudad de México; como lo menciona el Dr. Javier Delgado en su obra *La nueva formación territorial de la Ciudad de México*, “El estancamiento económico impuso límites al crecimiento urbano, reduciendo la capacidad de generación de empleos... El costo de vida urbano en comparación con asentamientos menores y zonas rurales registró aumentos particularmente en satisfactores básicos como el suelo, la vivienda y los materiales de construcción. Seguramente estos factores redujeron el atractivo de la ciudad de México e influyeron en la reorientación de los flujos migratorios hacia centros urbanos y pequeños”. (Delgado, 1999).

Ya a principios de los años ochenta aumentó la demanda del vital líquido en la zona metropolitana de la ciudad; al notar los visibles hundimientos de la ciudad de México por la explotación de los mantos acuíferos y la falta de agua para abastecer la zona conurbada de la ciudad de México se perforaron pozos en la zona metropolitana; para 1984 se abrieron 14 pozos nombrados Sistema Mixquic-Santa Catarina, estos fueron perforados a una profundidad de 400m, sobre la planicie del lago de Chalco.

De acuerdo a estudios relacionados con el surgimiento del nuevo lago de Chalco; el Dr. Investigador de Ciencias Genómicas de la UNAM Marcos Adrián Ortega Guerrero, dedicado al tema de las inundaciones y hundimientos en las zonas del Valle de Chalco y Tláhuac desde hace más de 20 años; revelan que “Después de iniciado el bombeo del Sistema de pozos de Mixquic-Santa Catarina, en 1984, la deformación vertical del terreno (hundimientos) fue claramente diferencial, siendo mayor en el centro de la planicie y progresivamente menor hacia sus límites laterales (Ortega *et al.*, 1993). Este acelerado hundimiento diferencial dio lugar a la formación de una depresión topográfica localizada aproximadamente en el centro de la planicie”, es decir, al nuevo lago de Chalco.

El académico explica que los hundimientos se observan en lo que llama pozos 11,12 y 13 (que se

muestran en el gráfico 1) que se perforaron en la superficie de lo que era el antiguo lago de Chalco y no en los otros pozos porque estos últimos se encuentran encima de lo que de acuerdo a los geólogos se llama colada de basalto; que en términos más coloquiales se refiere a la roca resultado del proceso de enfriamiento de la lava y es que los pozos 1 al 3 se encuentran a escasos kilómetros de la sierra volcánica de Santa Catarina; también el geólogo menciona que se puede explicar que los pozos 7 al 10 no presenten lo que llama “subsistencia” (hundimientos) debido a que se encuentra relativamente cerca el volcán Xico.

Para explicar por qué los pozos 6, 11, 12 y 13 se encuentran en constante hundimiento el investigador puntualiza “La colada de basalto (observada entre los pozos P7 a P10) terminaría antes del Canal General, por lo que la forma del nuevo lago de Chalco está definido por la geometría y la extensión de esta colada de basalto en el subsuelo.

No obstante, este fenómeno se complejiza, en primera instancia, porque debido a los hundimientos, el agua superficial ya no sigue su cauce natural hacia el sistema de canales de la zona lo que genera un depósito de agua y por ende inundaciones constantes, pero en estrecha vinculación al C.C, el nuevo lago también se está formando por la acumulación de agua de lluvia, es decir, las lluvias atípicas resultado de la alteración del clima por causas antropogénicas contribuyen a que no sólo no se conozca con certeza cuándo va a ocurrir el evento hidrometeorológico para crear estrategias de prevención sino también a que se genere incertidumbre<sup>7</sup> y en dado caso la falta de conocimiento (partiendo del supuesto de que la población no lo conoce) para actuar ante desastres emergentes.

La comunicación de riesgo era comprendida en un proceso lineal y tradicional como el modelo de Shannon y Weaver (Emisor mensaje y receptor) en el que el emisor era el único que podía emitir el mensaje y el receptor se limitaba a recibirlo y en

<sup>7</sup>Simone Lucatello en colaboración con Daniel Rodríguez y Mario Garza, señala(n) que la incertidumbre es la duda de que ocurra algo, es decir no se tiene la certeza de cuándo dónde o en qué lugar ocurra, pero se sabe que existe la posibilidad de que ocurra ese algo. Lo diferencia(n) del término certidumbre puntualizando que éste es el conocimiento seguro y claro.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

todo caso a obedecer. El autor Pablo Francescutti (2008) en su obra "Comunicación de riesgo comunicación de crisis" menciona que este esquema empezó a generar crítica porque a partir de los años 60, los expertos se percataron que los ciudadanos rechazaban sus mensajes de riesgo.

Ante esta percepción el modelo lineal de comunicación ya no respondía a la realidad, es a partir de los 90 y gracias al antes citado Ulrich Beck que se concibe el riesgo como un problema que los expertos por si solos no podían manejar "Se asume finalmente que el riesgo tiene un faz objetiva, calculable y otra viable... determinada por percepciones sociales influidas a su vez por las corrientes subterráneas de la cultura; vale decir por una "lógica" distinta a la manejada por los expertos" (Francescutti, 2008, p.14).

Es así, que para considerar estas percepciones sociales del receptor, se tuvo que cambiar de paradigma en donde los expertos, los científicos como élite por tener el conocimiento eran los encargados de gestionar el mensaje de riesgo para la población, pero ésta también debía participar en dicha gestión como parte del proceso de comunicación en donde el mensaje no va sino también regresa, es decir hay cierta reciprocidad; se le adjudica la misma responsabilidad de ser partícipes en todo el proceso comunicativo y el mismo poder a todos los actores sociales involucrados; sean expertos o miembros de la sociedad que no tengan experiencia o conocimiento en la materia, pero que son indispensables para saber su actuar, pensar y percepción para hacer el mensaje efectivo, para poder gestionar de una mejor manera el riesgo, de tal forma que la sociedad responda ante dicho mensaje y no se sienta subordinada sino parte del mismo proceso. "El análisis de riesgo debe comprender una comunicación clara, interactiva y documentada... así como la comunicación recíproca con todas las partes interesadas en los distintos aspectos del proceso" (FAO-OMS, 2007, p.30).

Las percepciones del cambio climático en la sociedad pueden generar discrepancia y diferentes modos de actuar por eso es fundamental que se trabaje no solo entre expertos sino con todos los involucrados en el tema mediante un proceso de comunicación de riesgo, la percepción del cambio ambiental en México tiene por lado facetas que se

corresponden con la realidad del fenómeno y por el otro muestras importantes distorsiones que deberían ser resueltas mediante procesos de comunicación de riesgos, idealmente trabajadas en conjunto (INE, 2006,p. 74).

Es hasta que la *NationalAcademy of Science* toma en cuenta estas manifestaciones en la comunicación de riesgo y la redefine como:

Proceso interactivo de intercambio de información y opinión entre individuos, grupos e instituciones implica múltiples mensajes sobre la naturaleza del riesgo y otros no ceñidos estrictamente a éste, que expresan preocupaciones, opiniones o reacciones a mensajes de riesgo o a disposiciones legales o institucionales de la gestión de riesgo.

También el Autor Jorge Lozano hace una intervención en la obra antes citada y menciona que la comunicación de riesgo se ve como algo que se da, como un conocimiento que se tiene del riesgo y que se tiene que dar a conocer y que se limita al puro hacer informativo es decir el mensaje técnico y estructurado de los especialistas sólo va (unidireccional) y se espera que el otro (receptor) reaccione "La comunicación podría deducirse a una dimensión puramente "informativista", donde con el soporte que fuere, con el medio y el canal que se usará sin más problema técnicos y tecnológicos, el riesgo, cualquiera fuere, sería dado a conocer"<sup>8</sup> (Lozano, 2008).

Así mismo, la comunicación de riesgo si se limita a ser informativa, pudiera carecer de sentido para algunos porque esos mensajes informativos se quedarían a un nivel técnico y no persuasivo como se esperarían, por no conocer las opiniones y percepciones de la población y esos mensajes no alcanzarían a llegar a un nivel de acción, a propiciar que la gente adopte esas decisiones. "La comunicación de riesgo debe ir más allá de la mera difusión de información, su función principal ha de ser la de garantizar que el proceso de adopción de decisiones se tenga en cuenta toda información u opinión que sea necesaria para la gestión eficaz de los riesgos" (FAO-OMS, 2007, p.30).

<sup>8</sup>Lozano, J. (2008).La comunicación del riesgo y el riesgo de la comunicación. En P. (Ed.), Comunicación de riesgo Comunicación de crisis (pp. 105-110). España: Universidad Rey Juan Carlos.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Para Lozano (2008) la comunicación de riesgo no es un “hacer saber” si no un “hacer creer”<sup>9</sup>. Si se sigue esta lógica el saber en alguna de sus concepciones de acuerdo al autor Luis Villoro, significa las observaciones transmitidas por los otros.<sup>10</sup> Esas observaciones en el “hacer saber” implican en la comunicación de riesgo lo que ya se había mencionado, una información transmitida desde los científicos y expertos hacia los ciudadanos y que se espera éstos adopten y actúen, lo que alude al modelo de Shannon y Weaver, en donde el receptor es solo el elemento de organización y mandato, y el mensaje es información que el receptor debe hacer.

La comunicación de riesgo no puede reducirse a un hacer saber y que requiere de otras operaciones que acaso tengan que ver más con la persuasión, entendida como hacer creer (Lozano, 2008, p.110). Ante este decreto persuadir entendida como conseguir mediante razones que una persona (la sociedad) piense de una determinada manera o que haga ciertas cosas, se necesita tener un grado de conocimiento sobre la sociedad, es decir, conocerla a tal punto que se pueda tener influencia sobre ella. De acuerdo Villoro, conocer implica poder contestar múltiples y variadas cuestiones de la más diversa índole sobre el objeto, “al conocer algo estamos familiarizados con su estilo de comportamiento o su modo de funcionar y tenemos por ende capacidad de actuar adecuadamente ante él” (Villoro, 2008, p.204).

Ahora bien, aplicados estos conceptos a las instituciones que gestionan el riesgo y a la sociedad específica, CENAPRED y Protección Civil (en teoría) deben conocer a la población en riesgo para percibir su comportamiento o como lo menciona el autor, su modo de funcionar ante el riesgo para que dichas instituciones planeen estrategias de adaptación tomando en cuenta ese comportamiento; es a lo que llama el autor “tener la capacidad de actuar ante él”, (ante la sociedad específica).

“Quién conoce una máquina de sumar sabe manejarla” (Villoro, 2008, 206). Este enunciado no

se refiere, en el caso que compete, que se maneje a la sociedad sino en el hecho de “hacerles creer” que de ella también depende su sobrevivencia ante cualquier desastre, que su adaptación obedece a las herramientas que las instituciones gestoras del riesgo (CENAPRED y Protección Civil) pueden proponerles, para minorizar así dicho riesgo, es decir, es un trabajo en conjunto.

La comunicación de riesgo entonces comprende un proceso multidireccional en el que el emisor, el gestor de riesgo (CENAPRED y Protección Civil) primero conoce la vulnerabilidad de la sociedad específica, las necesidades, percepciones, preocupaciones e incertidumbres para que con este conocimiento se elabore el mensaje para sólo así poder persuadir a la población a que adopte esas decisiones.

Basado en la comunicación de riesgo es como se describirá si dichas instituciones gestoras de los riesgos consideran este proceso de comunicación para hacer que la población específica sea consciente del riesgo en el que viven.

**Fuentes de consulta**

Universidad Nacional Autónoma de México. (2007). Revista mexicana de ciencias geológicas. (27), 390-391.

JJ Carrillo-Rivera, Ángeles-Serrano, G y M Perevochtchicova. 2008. Posibles Controles Hidrogeológicos de Impacto Ambiental por la Extracción de Agua Subterránea en Xochimilco, México. Vol 7 (I). Journal of Latin American Geography.

Lozano, J. (2008). La comunicación del riesgo y el riesgo de la comunicación. En P. (Ed.), Comunicación de riesgo Comunicación de crisis (pp. 105-110). España: Universidad Rey Juan Carlos.

Villoro, L. (2008). Creer, saber y conocer. México: Siglo Veintiuno. P.215.

<sup>9</sup>Cuando el autor habla del término creer, hace referencia al concepto en su posibilidad de alcanzar un máximo de certeza, un efecto de verdad. Ubica a la creencia “como una modalidad aleática (que concierne a la verdad)” (Lozano, 2008).

<sup>10</sup>Villoro, L. (2008). Creer, saber y conocer. México: Siglo Veintiuno. P.215.

## La comunicación para la gestión del riesgo medioambiental en un centro público del Distrito Federal

Víctor Manuel Pérez García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de la Ciudad de México

### Introducción

El planeta Tierra ha sufrido durante su historia diferentes tipos de desastres, tales como las inundaciones, deslaves y terremotos, los cuales tenían su origen con el medio ambiente. Sin embargo es a partir de la revolución industrial y su necesidad de combustibles fósiles (para las maquinarias), que ocasionó un cúmulo importante de gases que generan cambios en el clima, lo que lleva a que los desastres actuales sean a causa del quehacer del hombre (IV informe del IPCC 2007).

De tal forma que de las consecuencias de la industrialización, así como del desarrollo en ciencia y tecnología se da lugar a otro factor, una sobrepoblación urgente de recursos que tanto solo por satisfacer necesidades primarias dañó el medio ambiente; un fenómeno que fue causa directa de esto es la aparición de las grandes ciudades, que actualmente se caracterizan por tener un tamaño que se considera ya como mega polis que se convirtieron en centros industriales. Es decir, el abandono del campo y el aumento de la población de las ciudades.

Con el fenómeno de grandes espacios urbanos y de la necesidad de recursos ante la sobrepoblación se da una consecuencia directa en bosques y selvas que ven reducido su tamaño, primero debido a su transformación en campos de siembra y de pastoreo para ganados, que llevan a talas masivas.

Ya que en algunas partes del mundo, todavía se queman bosques para establecer grandes

plantaciones y pasturas para la agricultura y la ganadería extensiva, el consumo de leña también ejerce una presión importante. La madera que se extrae anualmente se usa como combustible, ya sea como leña o para producir carbón, la industria maderera se ha identificado como la gran amenaza de la mayoría de los bosques y se le ha considerado como la extracción depredadora de madera y la mayor amenaza que afecta al planeta.

Podemos señalar entonces que las actividades humanas son las que han contribuido a la problemática de la destrucción del medio ambiente, pero sobre todo del cambio climático, ya que el término antropogénico se refiere a los efectos y procesos que son el resultado de acciones humanas y que normalmente son contaminantes.(Ulrich Beck:2006).

Así el cambio climático se debe a causas humanas como claramente lo deja ver la definición que retomamos de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) y que uno de sus objetivos es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera a un nivel que impida interferencias antropogénas peligrosas en el sistema climático. Asimismo ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático.

También es importante evitar la tala de bosques y selvas, ya que en la mayoría de los casos, el

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

desarrollo de las actividades de los distintos sectores productivos no toma en cuenta el valor de los ecosistemas como los espacios donde se dan los procesos naturales que sustentan la vida, debido a que estos ecosistemas procesan el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

Otro factor importante es el crecimiento de la población y su tendencia a concentrarse en ciudades, es uno de los elementos más importantes que propician la emisión de gases que aumentan la temperatura y que dan lugar al llamado efecto invernadero. Los planes de urbanización mundiales están estrechamente vinculados a la fuerza y alcance que adoptó el proceso de industrialización y por lo tanto de urbanización.

Este proceso dio lugar a la expulsión poblacional del campo a la ciudad, trayendo como consecuencia un desordenado y acelerado crecimiento de ciudades que se ha venido extendiendo a lo largo del tiempo. Lo anterior ha generado problemas de diversa índole como un alto índice de sobre población e impactos a nivel mundial.

En el campo científico mundial, es a partir del 2007, en que se demostró que el CC científicamente con un 95% de probabilidad sea de origen antropogénico. Además que el cambio climático se está produciendo de una forma más acelerada de lo previsto, como se menciona por los expertos de las Naciones Unidas (ONU) en su cuarto informe de evaluación en dicho año.

En el caso de México a causa de su territorio, condición geográfica, hidrológicas, y climáticas, entre otros factores, es una de las zonas más vulnerables ante el cambio climático ubicando este fenómeno como un asunto de seguridad nacional, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en cumplimiento de los compromisos del gobierno de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 2006.

Las consecuencias del cambio climático en México actualmente son claramente visibles: olas de calor, sequías, inundaciones, desertificación de una parte importante del territorio nacional, tormentas y huracanes causantes de diversos peligros, además de años materiales y sociales en las zonas más expuestas y vulnerables.

En México, en los últimos años diversas alteraciones climáticas como huracanes, sequías, deslaves, etcétera dan lugar a desastres y cambios de clima, que generan problemas sociales y a los cuales hay que adaptarse. (Entendiendo "adaptación" como el ajuste de los sistemas humanos o naturales en respuesta a un estímulo climático o sus efectos actuales o esperados, definición consultada del Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático, IPCC).

Cabe mencionar que estos fenómenos antropogénicos están siendo estudiados, analizados y contemplados en diversas organizaciones, secretarías e instituciones públicas que se dedican a ello como: Greenpeace, ecologistas en Acción, Jóvenes Verdes y demás instituciones federales como el Instituto Nacional de Ecología (INE) que promueve y realiza investigaciones sobre problemas ambientales con el fin de propiciar datos, ideas y propuestas para la toma de decisiones para los fenómenos.

Asimismo y a nivel local, existe la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal en donde encontramos los centros de educación ambiental como: "Yautlica" y en las cuáles se está ya gestionando la manera de adaptarse a dichos fenómenos meteorológicos, sin embargo no es suficiente, ya que no llega toda esta información a la población, sobre todo en zonas de alto índice de pobreza y de vulnerabilidad ante dichos riesgos.

Por esta razón, para esta investigación es importante investigar aquellas organizaciones públicas dedicadas al medio ambiente, que generan la comunicación de riesgo y medioambiental a la

**Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación**

población, en el caso de investigación nos centramos en México ya que se ubica entre los países con mayor vulnerabilidad, 15 por ciento de su territorio, 68.2 por ciento de su población y 71 por ciento de su Producto interno Bruto (PIB) según el Banco Mundial de Marco Global para la Reducción del Riesgo de Desastres ante el cambio climático.

En el caso particular de la Ciudad de México así como en las 16 delegaciones que la conforman, es necesario implementar acciones para enfrentar y adaptarnos a los daños que cause el cambio climático, es decir, aplicar planes para mitigar y adaptar sus daños.

Una de las más afectadas ante dicha problemática ha sido la delegación Iztapalapa cuya estructura económica, política, geográfica y social (ya que es una de las más pobladas, de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda generado por el INEGI en 2011 de 1,855.991 de pobladores) y que además sufre de algún tipo de marginación, ubicándola como la demarcación más pobre de la ciudad, situándola como una delegación vulnerable frente al cambio climático.

Esta delegación ubicada al oriente de la Ciudad de México, cuenta con un centro de educación ambiental llamado Yautlica, la cual se ubica en la Sierra de Santa Catarina, área de interés ambiental que recarga los mantos acuíferos de la zona y que presenta una zona de protección ecológica (mitigación), así como trabajo comunitario a través de programa de atención itinerante y talleres para la problemática del cambio climático (adaptación).

Es una organización pública del Distrito Federal, que está al servicio de la localidad, pero que a su vez brinda comunicación a la población para la gestión del riesgo medioambiental, por ello el enfoque de esta investigación será conocer el tipo de comunicación en la gestión de riesgo entre instituciones regionales (DF) y locales (delegacionales) que generan y le brindan a la

población, para saber si realmente esto contribuye a la mitigación y adaptación ante el cambio climático.

Asimismo se describirá el tipo de gestión de riesgo ante dicha problemática, es decir, si contempla el adaptarse, estimular y gestionar a la sociedad para mejorar e incrementar medidas que mantengan el medio ambiente en condiciones de equilibrio ante ciertos riesgos.

**Construcción del objeto de estudio**

Investigar es buscar, tanto en la vida cotidiana, como en los procesos de conocimiento pero sobre todo en los de comunicación. A veces la búsqueda supone una verdad posible. La investigación es una búsqueda de la verdad, se trata de conocer, de preguntarse, de dudar, con el fin de obtener un resultado.

Toda investigación es valiosa y por ello se tiene que partir de lo general a lo particular, delimitando adecuadamente el objeto de estudio, se tiene que construir paso a paso lo que se va a desarrollar a lo largo de la investigación.

De acuerdo a lo anterior mi objeto de estudio se fue construyendo con una mirada teórica, retomando conceptos claves como la “sociedad de riesgo”, “la gestión de riesgo” y “la comunicación de riesgo”, los cuáles servirán para comprender y describir lo que actualmente acontece en un centro de educación público del distrito federal, con el fin de conocer la comunicación para la gestión del riesgo como el cambio climático.

“La comunicación, para la gestión del riesgo medioambiental”

La pregunta de investigación debe ser formulada de manera precisa y clara, con el fin de aclarar las ideas y dar una orientación y delimitación a la investigación ante dicho fenómeno.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

“¿Cómo es la comunicación para la gestión de riesgo medioambiental en un centro público del Distrito Federal?”

**Objetivos**

Los objetivos que se manejarán en esta investigación serán los temas a desarrollar para resolverlos o en su defecto para describirlos.

*Objetivo General:*

Esta investigación estará enfocada en describir e identificar las formas de comunicación para la gestión de riesgo medioambiental para la adaptación ante el cambio climático en una organización pública del distrito federal. (Caso: centro de educación ambiental Yautlica)

**Justificación**

Para enfrentar el cambio climático es necesario impulsar acciones y organizaciones que cuenten con la concurrencia de diversos sectores en una estrategia de política pública (entendemos como política pública: las decisiones de gobierno que incorporan la opinión, la participación, la corresponsabilidad y el dinero de los privados, en su calidad de ciudadanos electores y contribuyentes - Aguilar, L. 1993-), que atienda los retos de mitigación y adaptación al cambio climático, es por ello que me parece importante describir la información que crea el centro de educación ambiental a la población en general, ante la problemática del Cambio Climático, es decir, hacer una descripción de dicha organización pública y saber si realmente sirve ante un problema tan complejo como lo es el cambio climático.

Uno de los grandes retos a los que me enfrente dentro de esta investigación es el de realizar una descripción sobre la comunicación de riesgo medioambiental dentro de un centro público ya que considero que dentro de este centro, podría existir una posible vulnerabilidad que permita diseñar

estrategias de adaptación de los sistemas humanos sobre el bienestar de nuestras sociedades.

Debido a que actualmente estamos viviendo cambios tan repentinos en el clima causados por el mismo hombre, por ello es necesario conocer que podemos hacer frente a este problema, es decir, tomar una postura de conciencia pero sobre todo de educación ambiental/cultural para adaptarnos ante dichos riesgos y que mejor que un centro de educación ambiental que sirve como mediador para fortalecer los conocimientos a través de la comunicación del riesgo medioambiental.

Para poder abordar esta problemática es necesario establecer que la alternativa más acertada es la adaptación ya que cobra importancia ante el cambio climático de manera paulatina, y con ello me refiero a reducción de la vulnerabilidad a las amenazas meteorológicas y a la variabilidad climática en contextos en donde los cambios tecnológicos y organizacionales puedan operar con mayor eficiencia en las próximas décadas.

Considero además que las grandes ciudades como la Ciudad de México, en particular las ciudades de gran tamaño como las megas metrópolis pueden convertirse en territorios donde se implemente medidas y acciones que favorezcan la reducción de la inseguridad a peligros climáticos.

La comunicación juega entonces un papel importante dentro de esta investigación ya que puede ser efectiva si es socialmente significativa, por ello es necesario además conocer cuáles son los espacios tanto de riesgos como de amenazas, para estudiarlas y estimar si las capacidades de adaptación de la sociedad más vulnerables cambian a corto o mediano plazo.

Definitivamente esta investigación tendrá un enfoque descriptivo para conocer el tipo de comunicación en la gestión de riesgo entre instituciones regionales (DF) y locales

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

(delegacionales) que generan y le brindan a la población, para saber si realmente esto contribuye a la mitigación y adaptación ante el cambio climático.

**Antecedentes y contexto**

De acuerdo con el programa delegacional de desarrollo urbano en la delegación Iztapalapa del presente año, los problemas ambientales de la delegación tienen múltiples causas; la combustión de motores vehiculares, la planta industrial, la presencia de tiraderos de basura y canales abiertos que contamina al acuífero, la ocupación de áreas de valor ecológico entre otras. Las cuales tienen que ver directamente con causas antropogénicas.

Las emisiones a la atmósfera representan un volumen de 162,090 toneladas al año y en orden de su importancia corresponden a monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de azufre. El volumen de emisiones ubica a Iztapalapa entre el primero y el quinto lugar del total de emisiones generadas a nivel delegacional en el Distrito Federal

Por ello la delegación Iztapalapa ha creado y trabajado en diversas actividades y programas del medio ambiente tales como: “*el plan verde del gobierno del Distrito federal*” que tiene como objetivo mejorar la calidad del aire y el clima, “*la tierra: nuestra casa*” que la sociedad contribuya a la generación de una cultura ecológica y ambiental responsable y participativa, especialmente en las comunidades educativas y hogares, planes para el medio ambiente que sin duda alguna tratan de crear la conciencia de cuidar y proteger los recursos de la tierra.

Asimismo, Iztapalapa cuenta con programas y políticas públicas para preservar y reforestar áreas verdes, los cuales han sido presentados en la Cumbre Climática Mundial de Alcaldes del 2010, esto ante la urgencia de implementar acciones y metodologías para enfrentar el cambio climático,

Dentro de esta delegación, en la Sierra de Santa Catarina se encuentra ubicado el Centro de Educación Ambiental Yautlica, que pertenece a la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y que ofrece servicios educativos en materia ambiental dirigidos a toda la población de la Ciudad de México. Asimismo, es un espacio que sirve de hábitat para muchas especies de plantas y animales, en el que se puede aprender sobre la importancia del medio ambiente de una manera didáctica y lúdica.

Yautlica comenzó sus actividades en 2003, llevan 8 años trabajando con la comunidad en materia de educación ambiental. Las actividades que realizan son: talleres, conferencias cine debate ambiental y visitas guiadas. Algo importante de mencionar es que también cuentan con el Programa de Educación Ambiental Itinerante que visitan escuelas o bien espacios públicos.

En una superficie de 46.7 hectáreas ofrece visitas interactivas con un enfoque temático para grupos escolares de todos los niveles, recorridos por las instalaciones del centro, campamentos de 24 hrs., talleres de manejo de residuos sólidos, trabajo comunitario a través del programa de atención itinerante, proyecto de adopción de un espacio para sembrarlo y cuidarlo, así como el programa de naturación de azoteas. (naturación entendido como : las azoteas verdes o los jardines verticales).

Cuenta además con todo un plan verde y agenda ambiental que maneja los siguientes temas: Agua, aire, residuos sólidos, cambio climático, suelo de conservación, entre otros, siendo un tema transversal de suma importancia a la Educación Ambiental.

Yautlica cuenta con la herramienta de la educación ambiental la cual busca que los ciudadanos de todas las edades modifiquen sus hábitos para que mejoren las condiciones actuales del medio ambiente y del cambio climático.

**Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación**

El público meta de Yautlica es toda la población, segmentada desde la educación preescolar hasta la preparatoria, así como los pueblos originarios de la zona.

La convicción de educar en temas ambientales sobre todo a los niños se enfoca en generar una cultura ambiental y con ello una adaptación al cambio climático, es decir, integrar la adaptación en la comunidad, mejorar los conocimientos en aquellos ámbitos donde siguen existiendo “lagunas” de adaptación, y fomentar la participación de todas las partes interesadas en la elaboración de las estrategias de adaptación necesaria, de acuerdo con la visión y misión del centro de educación ambiental Yautlica.

Asegura la funcionaria Liliana Balcázar, asesora de la dirección de Educación Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal, que: “cuando los niños sean adultos enseñen a sus hijos y que ya no haya residuos, que haya más conciencia al consumir un producto, que haya más conciencia ambiental, ese es el objetivo”.

**Estado del arte**

Dentro de este apartado de investigación se desarrollara el Estado del arte, el cual consiste en “ir tras las huellas” del tema, cómo se encuentra en el momento de realizar la propuesta de investigación y cuáles son las tendencias. Es necesario establecer un periodo de acuerdo a los objetivos ya mencionados.

Será entonces necesario establecer las investigaciones que se han realizado a lo largo del tiempo sobre “la comunicación y los riesgos ambientales”. Resulta común decir que existe una crisis ambiental mundial, que repercute de diversos modos y en grados diferentes en la calidad de vida de la población y en las posibilidades de conservar la integridad de los ecosistemas.

Son muy numerosos los trabajos orientados a analizar, desde distintas enfoques, los problemas que enfrentan las estrategias de gestión ambiental y proponer algunas medidas para obtener resultados. Ello incluye no sólo el mejor uso de la información científica disponible para definir de manera más precisa la magnitud de los problemas identificados sino además la aplicación de instrumentos económicos, políticos y sociales.

Dentro de este trabajo de investigación se abordara la comunicación para la gestión de riesgo medio ambiental en un centro público del distrito federal de manera importante, con el fin de obtener un enfoque descriptivo.

Toda estrategia o enfoque es un proceso social. Es decir, una estrategia es una propuesta de acción para involucrar a los diferentes actores de un proceso, de los papeles y responsabilidades que corresponden a cada quien, con tiempos y movimientos determinados para alcanzar las metas planteadas (en este caso la adaptación ante ciertos riesgos como lo es el Cambio climático).

Sabemos que todos los procesos ya sean educativos o de otra índole implican procesos comunicativos, incluso se ha afirmado que educación es comunicación, justamente uno de los problemas más serios de los procesos es la falta de comunicación o la comunicación deficiente que se establece entre los individuos en donde se da el proceso de enseñanza, gestión y aprendizaje.

Sin embargo, cabe señalar que la comunicación no se restringe a ninguna situación, el proceso es que muchas de las veces la comunicación implica la transmisión de mensajes que contienen información, lo cierto es que lo esencial de los procesos comunicativos a diferencia de los informativos es que la comunicación implica compartir o intercambiar significados con una determinada intención.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Dicho lo anterior, si no situamos en cómo es la comunicación en los riesgos ambientales en alguna organización pública, podemos darnos cuenta que diversos autores han trabajado ya en ello, como lo ha estado estableciendo Ulrich Beck de una manera más científica y más compleja situando estos riesgos ambientales como “amenazas”, por consiguiente citamos a Beck el cual nos dice que: “los riesgos que derivan de decisiones humanas, se convierten en “estimados” mediante el cálculo de riesgos con fines de aseguramiento. El problema es que este esquema se disloca cada vez más frecuentemente, a resultas de la emergencia de lo contingente y el incremento de la posibilidad de grandes colapsos como consecuencias del ingente deterioro ambiental global” (Ulrich; 1995).

Por otra parte también se tomara la construcción social del concepto de riesgo que actualmente en las sociedades posmodernas la denominación no puede entenderse más que como una sociedad que genera y crea sus propios riesgos, por lo que se le denomina la sociedad de riesgo y que Ulrich Beck retoma en sus estudios.

El autor enfatiza que “no se trata de posmodernidad, por lo que se debe reformar la sociología para que pueda proporcionar un nuevo marco para la reinención de la sociedad y la política”

Por una parte, observamos el desarrollo de sociedad multiculturales, pero por otra parte se observa la extensión del sector informal de la economía y la flexibilización del trabajo, la pérdida de legitimidad del estado, etc. “Estos aspectos implican que la sociedad de riesgo requiera de un nuevo marco de referencia para poder entender la dinámica y las contradicciones de la segunda modernidad”.

En la actualidad cada vez son más evidentes los riesgos que esta creando la misma sociedad, muestra de ello ha sido la problemática del cambio climático que se ha venido generando a través del quehacer humano (fenómenos antropogénicos) y

que sin duda alguna si no se emplean medidas de adaptación esta sociedad desaparecerá por completo.

Ahora bien el autor Ulrich Beck además nos hace mención de que la globalidad del riesgo no significa una igualdad global de riesgo, sino todo lo contrario; la primera ley de los riesgos medioambientales es: “la contaminación sigue al pobre”.

Los principales libros y proyectos de tan mencionado autor se concentra principalmente en problemas ecológicos y tecnológicos del riesgo y en sus implicaciones sociológicas y políticas.

La tesis del autor es que tenemos una “Política de la tierra” que no teníamos hace algunos años y que puede entenderse y organizarse en función de la dinámica y las contradicciones de una sociedad del riesgo global.

Por otro lado acudiremos al concepto de comunicación de riesgo, entendido como “un campo emergente que surge de la necesidad de investigar que tipo de información requiere la opinión pública en circunstancias de peligro, crisis o catástrofes. Hay diversos trabajos que refuerzan este concepto pero nos parece objetivo establecer lo que Dominique Wolton nos señala (fundador de la revista *Hermés* y dirige la colección “Communication”, pensador de la comunicación, cultura y la identidad individual y colectiva) que la Comunicación de riesgo la a trabajado como un enfoque específico que proyecta un reto enorme como lugar de encuentro, para la teoría de la comunicación en dialogo con la teoría social.

“El desenmascaramiento de los nuevos instrumentos de disciplinamiento social que actores institucionales, grupos terroristas e intereses corporativos pueden manejar para el ejercicio del poder y control.”

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Aunque también como señala Bauman, ahora es la esfera pública la que necesita ser definida contra la invasión de lo privado y paradójicamente no para cercenar la libertad individual, sino para ampliarla.

Asimismo otros trabajos, artículos y proyectos que se han trabajado en mi investigación, también sitúan a la gestión de riesgo, concepto importante que la sociedad, organizaciones, secretarías y demás dependencias públicas y privadas deberían contemplar para adaptarnos ante los riesgos.

Los trabajos de gestión de riesgo hacen una enorme comparación con la investigación a desarrollar ya que se ha considerado como una herramienta conceptual dirigida a actores sociales e institucionales comprometidos con la gestión de riesgo del riesgo de desastres. Busca avanzar en la comprensión del riesgo y su intervención a través de un enfoque basado en procesos, como un aporte para mejorar la coordinación de sistemas organizacionales.

Ante estos riesgos distintas organizaciones, instituciones y secretarías con el fin de contribuir a superar el problema de la falta de preparación y desvinculación en México como el Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norteamérica (CICEANA) y el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) de la SEMARNAT han promovido, si bien de forma reciente, talleres para comunicadores, pero al parecer han sido insuficientes.

**Marco teórico**

Para realizar el Marco teórico es necesario detallar las ideas básicas que formen la base de los argumentos, es decir, desarrollar argumentos a través de teorías que explique y sustente el porqué de las cosas.

Es una investigación preliminar sobre documentos y libros para tomar decisiones en el diseño de la investigación de campo y para orientar el análisis de los datos recogidos en terreno. Es la etapa del proceso de investigación en que establecemos y dejamos en claro a la teoría que ordenara nuestra investigación, es decir, la teoría que estaremos siguiendo como modelo de la realidad que vamos a investigar.

Dentro de esta investigación retomaremos conceptos claves para dicha problemática, que ayudaran a la comprensión y entendimiento del objeto de estudio a través de un enfoque descriptivo.

Como primer momento abordaremos un capítulo específico para desarrollar el aparato teórico conceptual para entender las problemáticas no pensadas de la industrialización, como lo es el cambio climático, ya que dentro de los estudios sociológicos, algunos autores, como Ulrich Beck han detectado que dichos problemas de industrialización son temas recurrentes en nuestra sociedad, dando lugar a la denominada *sociedad del riesgo*.

Asimismo se hará mención sobre la importancia de la comunicación en un problema tan significativo para la sociedad, ya que la comunicación es clave para tener el enfoque que integra varios procesos y métodos, es decir la forma de comunicación, la información que se maneja y la comunicación para la gestión del riesgo.

En los últimos tiempos, se ha reconocido que el conocimiento, la información y la participación son elementos indispensables para que la sociedad pueda manejar procesos de cambio que afecten los modos de vida y encontrar alternativas de desarrollo adecuadas que estén al alcance.

La comunicación es una herramienta clave para que la sociedad, comunidades, instituciones y demás organizaciones, puedan enfrentar desafíos o

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

problemáticas tan actuales y complejas, encontrando mecanismos que permitan la participación y adaptación.

De acuerdo a lo establecido por el Dr. Carlos Lozano Ascencio: “la comunicación, es entendido como el principal vínculo de las sociedades globalizadas, en su cometido de mostrar la realidad, a través de criterios mediacionales de selección y jerarquía, se han encargado de alimentar un espacio público informativo de gran alcance en el que las catástrofes aparecen con toda su contundencia desestabilizadora” y añade además que : “ la permanente presencia de catástrofes en las agendas de comunicación, ha conseguido que dichos acontecimientos destructivos se conviertan en unas poderosas “claves” para que la gente no sólo configure su percepción de la realidad sino que además intente comprenderla influenciada por esos registros “. Esta cita ha sido extraída del documento “la Comunicación Social y Riesgos Globales”, presentado en el Congreso Iberoamericano de Comunicación y Educación, 2003.

La comunicación comprende todo lo que nos rodea, con ello me refiero a problemas sociales, políticos pero sobre todo ambientales en donde desempeña un papel importante en la divulgación, prevención y respuesta ante ciertos riesgos.

Considero pertinente aludir que la comunicación debe estar vigente en los riesgos ya que podemos implementar nuevas formas de comunicar, lo que ya se percibe no como crisis, sino como una realidad, y mediante mensajes estar gestionando una labor importante en términos de comunicación.

Asimismo disponer de una información científica más descentralizada, ayudando a que la gente incorpore hábitos responsables en su cotidianidad, frente a los problemas ambientales que ponen en riesgo a la sociedad.

En la sociedad, los riesgos han sido de tipo global, debido a que forman parte de problemas de largo alcance e impacto, situando a diversos países en una mayor vulnerabilidad en consecuencia a los diferentes tipos de escenarios de la industrialización.

De tal manera que Ulrich Beck nos precisa primero que el riesgo “figura en el centro y que desde hace unos años intranquilizan a la opinión pública. En las consecuencias que producen ya no están ligados al lugar de su surgimiento; más bien, ponen en peligro a la vida en esta Tierra, y en verdad en todas sus formas de manifestación (sic)”.

Y es que los riesgos son por lo general causados y percibidos por la humanidad, con ello me refiero a las sustancias nocivas y tóxicas presentes en el aire, el agua y en los alimentos, con sus consecuencias a corto, mediano y largo plazo para las plantas, animales y para nosotros mismos. Estos riesgos a menudo son irreversibles y no excluye clase, raza, género o alguna otra índole.

En las sociedades de riesgo las consecuencias de los éxitos de la modernización se han convertido, a causa de su velocidad y radicalidad, en tema. El mundo ya no puede controlar los peligros que la modernidad genera, Beck nos indica que: “la fe en que la sociedad moderna podría controlar los peligros que genera se desvanece (no a causa de la demora o derrota de la modernidad, sino a causa de sus victorias)”.

Si hablamos de victorias de la industrialización, podemos hacer mención que también los bosques están muriendo desde hace muchos siglos, primero debido a su transformación en campos, luego debido a talas masivas. Pero la muerte actual de los bosques sucede globalmente, y en concreto como consecuencia implícita de la industrialización, con repercusiones sociales y políticas completamente diferentes. Esto afecta, por ejemplo, a países boscosos, que apenas poseen industrias que producen grandes cantidades de sustancias nocivas, pero han de pagar con la muerte de sus

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

bosques y de sus especies animales y vegetales, las emisiones de sustancias nocivas por parte de otros países muy industrializados.

Ahora bien, los riesgos del desarrollo industrial de acuerdo con Ulrich Beck “es que sin duda alguna son más viejos cómo este mismo. La pauperización de grandes partes de la población (el riesgo de la pobreza) mantuvo en tensión al siglo XIX”.

Sin embargo los riesgos que a continuación figuran en el centro y que desde hace unos años intranquilizan a la opinión pública les corresponde una nueva cualidad. En las consecuencias que producen ya no están ligados al lugar de su surgimiento; más bien, ponen en peligro a la vida en esta Tierra, y en verdad en todas sus formas de manifestación (Beck, 2006)

Es importante mencionar que muchos de los riesgos “contaminantes nucleares o químicos”, se sustraen por completo a la percepción humana inmediata. Al centro pasan cada vez más los peligros, que a menudo para los afectados no son visibles ni perceptibles, peligros que en ciertos casos no se activan durante la vida de los afectados, sino de las de sus descendientes.

Es por ello que si queremos un sociedad estable para las futuras generaciones es necesario implementar acciones que ayuden a los problemas, sobre todo ambientales.

El cambio climático es muestra del producto del éxito de la industrialización, que desprecia sistemáticamente sus efectos sobre la naturaleza y el ser humano. La economía global, por ejemplo, crece demasiado deprisa y eso significa que la emisión de gases de los países industrializados aumenta continuamente un 2.4% desde el año 2000, dato importante para entender que desde hace más de 11 años la actividad humana ha estado contribuyendo en la suma de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por ello me parece acertado retomar teóricamente el concepto de sociedad del riesgo, debido a que la propia sociedad crea sus riesgos como lo es “el cambio climático”. Existe una gran relación en esta investigación y en lo que precisa Ulrich Beck, pues él nos alude que la *sociedad del riesgo*: “refleja una época de la sociedad moderna que no sólo abandona las formas de vida tradicionales, sino que además está descontenta con las consecuencias indirectas del éxito de la modernización; inseguridad de las biografías y peligros apenas imaginables que nos afectan a todos y contra lo que ya nadie puede asegurarnos adecuadamente.”

En la actualidad muchos de los peligros que están presentes han sido a causa de la industrialización y con ello a los fenómenos antropogénicos, los cuales se presentan sin medir causas ni efectos en la sociedad, colocándola así en riesgo frente al cambio climático.

El riesgo además puede presentarse como la anticipación de la catástrofe que esta por ocurrir, esto me lleva a pensar lo que hoy por hoy sucede en nuestra sociedad frente al CC, situándola en una sociedad de riesgo ante los cambios tan repentinos del clima, cambios tales como: el aumento de temperatura de la superficie, los glaciares derretidos, la cubierta de hielo y nieve disminuido, el aumento del calor en el océano, los cambios en la actividad de huracanes y el aumento del riesgo para la sociedad por estos fenómenos causados por la industrialización.

Por ello el riesgo está vigente en la sociedad, debido a que los peligros “señalan la posibilidad futura de ciertos acontecimientos o procesos”, es decir, si continuamos dañando al planeta Tierra, en un futuro no muy lejano, tendremos como consecuencia una catástrofe, la cual está definida como temporal y social, y que sin duda alguna afectará a la humanidad invadiendo su entorno, la mente y la guía de los actos ante ciertos impactos del cambio climático; las cuales pueden ser a corto, mediano y largo plazo y que involucra interacciones complejas

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

entre procesos naturales, sociales, económicos y políticos a escala mundial.

La sociedad de riesgo de acuerdo con Ulrich Beck “se refiere precisamente a una constelación en la que el hilo conductor de la modernidad, la idea de la controlabilidad de las consecuencias y los peligros derivados de las decisiones, se pone en duda; en la que cualquier nuevo saber, que debería hacer calculables los riesgos imprevisibles, genera a su vez nuevas imprevisibilidades”.

De acuerdo a ello, considero oportuno y razonable modificar nuestra concepción de lo social, ser conscientes de los riesgos a los que nos enfrentamos día a día ante la problemática del cambio climático y sus consecuencias a futuro, la sociedad tiene que detenerse y dejar de perjudicar al planeta, tomar decisiones y medidas para reducir el fenómeno.

Ahora bien, si una sociedad del riesgo se refiere a “un hilo conductor de la modernidad”, México, con rapidez y modernidad se ha convertido en un país predominantemente urbano ya que actualmente el número de ciudades en el país es muy alto, y entre ellas encontramos no sólo las grandes metrópolis que son centros económicos de enorme importancia, sino que además ciudades chicas y medianas vinculadas con actividades turísticas, petroleras, de servicios productivo, comercial y de servicios muy importantes en el país.

Pero que esto a su vez ha descontrolado la política urbana, es decir el crecimiento de la población y la tendencia a concentrarse en ciudades; es uno de los factores más importantes que propicia la emisión de gases que aumenta la temperatura global del planeta (efecto invernadero).

Y es que el proceso de urbanización y las actividades económicas como la industria, la generación de electricidad o el transporte, crean en diferentes grados prácticamente todos los tipos de gases con efecto invernadero (el que más se genera

es el bióxido de carbono), esto me lleva a pensar y cuestionarme que México es una sociedad del riesgo frente al CC, pero sin duda y de acuerdo a lo anterior, en cada país es necesaria una política para reducir la emisión de gases de efecto invernadero con el objetivo de contribuir a disminuir los efectos de un cambio climático.

Las acciones de organizaciones e instituciones locales, privadas y públicas, han cobrado una gran importancia para mitigar y adaptar los efectos del CC. Y esto es a través de la gestión de riesgo ya que se ha trabajado en el proceso de la información y la réplica del mensaje.

La gestión de riesgo ha sido un intermediario clave de lo que se ha presenciado hasta hoy en: tratados, protocolos, talleres, conferencias, reuniones, manifestaciones o acuerdos que son formas de información para la sociedad. (Tema que se retomara más adelante).

**Fuentes de consulta**

Aguilar, Luis. (1993). Antologías de Política Pública, México, Porrúa. Varias ediciones.

Aguilar, Luis; Adrián Acosta Silva (coord.), (2005) “Las políticas públicas: su aporte”, Democracia, desarrollo y políticas públicas. Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas.

Bauman, Zygmunt. Miedo líquido. La sociedad contemporánea y sus temores. Paidós, 2007.

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades: Programa de Investigación en Cambio Climático: Programa Universitario de Medio Ambiente, 2010.

CENAPRED. (2010) Informe de actividades 2009: Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, 2010.

Delgado, Gian; Gay, Carlos; Imaz, Mireya; Martínez, María. (2010) México frente al cambio climático:

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Retos y oportunidades. México: UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera:

Delgado, Juan M (1998) Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales. Editorial Síntesis.

Gay García Carlos (Compilador) (2000). 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.

Gil Calvo, Enrique. El miedo es el mensaje. Riesgo, incertidumbre y medios de comunicación. Alianza 2003

Legislación Ambiental de México, Subsecretaría del Mejoramiento del Ambiente, México, 1977, p. 11.

Rosenzweig, Lorenzo. "México y el cambio climático". Revista Letras Libres. Junio 2007, Año IX, Numero 102. Pág. 20 a 25.

Sampieri, Roberto; Collado Carlos; Lucio Pilar (2003) Metodología de la investigación, México, McGraw-Hill

Ulrich, Beck. (2006) La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad. Editorial Paidós, 2006.

Ulrich. Beck, (2002) La sociedad del riesgo global. Siglo XXI, Madrid.

IPPC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2007). CambioClimático 2007, Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad. ISBN 92-9169-321-9. Recuperado el 12 de septiembre de 2010 en:  
<https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/wg2/ar4-wg2-frontmatter-sp.pdf>

## Mujeres campesinas y su papel en el sistema alimentario

Dolores Rojas Rubio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> OXFAM MÉXICO

### **Contra toda adversidad, las mujeres alimentan al mundo**

En muchos países en vías de desarrollo las mujeres producen la mayor parte de los alimentos para el autoconsumo. Las campesinas, al igual que sus familias, viven principalmente de la agricultura aunque las condiciones para desarrollar esta actividad sean poco favorables.

Casi la mitad de la mano de obra agrícola en el mundo está formada por mujeres, son ellas las responsables de la mitad de la producción alimentaria y producen entre 60% y 80% del alimento en la mayoría de los países en desarrollo.

El papel que desempeñan las campesinas en el sistema alimentario es crucial pues de ellas depende, en gran medida, la seguridad alimentaria de muchas familias; es decir, en sus manos está asegurar el acceso a los alimentos y su disponibilidad, así como la distribución de los recursos para producirlos y la generación del poder adquisitivo para comprarlos ahí donde no se producen.

Aún cuando juegan un papel fundamental en la producción y suministro de alimentos, las mujeres tienen limitado acceso a los recursos, viven un trato marginal en capacitación, asistencia técnica, financiamiento y crédito, su poder adquisitivo es insuficiente, no son dueñas de la tierra y tienen poca representatividad en los espacios de toma de decisiones. Todo ello derivado de factores sociales, económicos y culturales que interrelacionados, las

colocan en un espacio subordinado, lo cual redundando no sólo en detrimento de su propio desarrollo sino de toda la sociedad.

A pesar de que las instituciones han advertido la desventajosa desigualdad que implica el desarrollo de las mujeres en el sistema alimentario mexicano, no se cuenta con programas adecuados ni políticas efectivas para las diferentes actividades que las mujeres desempeñan en el campo, como jornaleras migrantes, obreras de agroindustrias, artesanas o pequeñas comerciantes. De hecho, el Estado pone énfasis en proyectos productivos, pero los considera complementarios, casi suplementarios, revelando así la incapacidad y ceguera de funcionarios, técnicos, asesores para identificar la feminización de la agricultura y a las mujeres como productoras y agentes de cambio.

### **Mujeres somos y en el camino andamos**

La reproducción de la vida en las unidades domésticas, el desarrollo de actividades productivas, la lucha contra panoramas adversos de índole doméstico, productivo y comunitario son, entre muchas otras, las funciones que desarrollan las mujeres del campo mexicano. Además de ser recolectoras de agua, leña, forraje... poseen conocimiento sobre plantas medicinales, técnicas de conservación de suelo y siempre han sido líderes en la revitalización de las comunidades.

En el amplio universo femenino es posible encontrar muchas realidades, dada la variedad de culturas e historias regionales, de escenarios, paisajes y

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

condiciones ambientales, de niveles de ingreso y calidad de vida, no obstante, las mujeres del campo comparten desventajas generales que las colocan en una situación aún más precaria frente al resto de la población rural y campesina, debido a su condición de género.

¿Qué es eso?

- ✓ Pues que las normas culturales, económicas y sociales prevalecientes colocan a las mujeres en un papel de inferioridad con respecto a los hombres, lo mismo en su familia que en su comunidad.

¿Y qué con eso?

- ✓ Pues que enfrentan dificultades a la hora de acceder a recursos, tienen poco o nulo acceso al crédito, financiamiento, capacitación agrícola, educación, nuevas tecnologías; son excluidas de la toma de decisiones y, por lo general, no son dueñas de la tierra. Su trabajo es poco valorado en la sociedad y regularmente se les ubica como “amas de casa”, como población económicamente inactiva, es decir, población que no trabaja. Aunque son pilar de la agricultura de pequeña escala, del trabajo campesino y de la subsistencia familiar, es como si no existieran.

**Cuando lo mismo no es igual**

En México, según en Censo de Población, hay más de 112 millones de habitantes. La población rural equivale a 22.2% del total. Más de la mitad de la población rural son mujeres, muchas de ellas están ubicadas en un rango calificado como pobreza multidimensional, que incluye los rubros de educación, servicios básicos y calidad en la vivienda, alimentación, salud, seguridad social, o sea que carecen de todo ello y, por añadidura, cuentan con un ingreso inferior a la línea de bienestar económico. En el mundo, aproximadamente 70% de las personas que viven con menos de un dólar al día son mujeres.

Como agricultoras resienten los problemas generales que afectan el agro mexicano: riesgos climáticos, altos costos de insumos y servicios, así como la pérdida de fertilidad en los terrenos cultivados, pero el impacto en sus vidas y actividades es diferente.

¿Por qué?

- ✓ Porque sus jornadas de trabajo son intensas, la tierra que cultivan es poca y por lo general no es propia;
- ✓ Porque realizan más de un trabajo: son artesanas, comerciantes, empleadas, dedican alrededor de 90% del tiempo al cuidado del grupo doméstico; en algunos casos no controlan el uso de su propio tiempo;
- ✓ Porque en México, 8 de cada 100 mujeres de 15 años o más no saben leer ni escribir, lo cual les impide el acceso a oportunidades que mejoren sus condiciones de vida, como créditos para la producción agropecuaria;
- ✓ Porque los efectos del cambio climático deja a las mujeres sin agua y sin tierra para alimentar a sus familias;
- ✓ Porque la migración lleva a los hombres a buscar trabajo fuera de su comunidad y las mujeres asumen la jefatura de la unidad doméstica.

**En tierra prestada**

En los asuntos de la tierra el hombre es la medida, tan es así que la primera Ley Ejidal usó el modelo tradicional para legislar y consideró a las unidades domésticas encabezadas por un hombre como la norma y asumir que el derecho que se le otorga al padre de familia equivale al de toda la unidad doméstica.

Para que las mujeres pudieran recibir tierra era necesario que tuvieran dependientes menores de edad, a diferencia de los hombres que sólo

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

necesitaban ser mayores de 18 años. En 1971 se otorgó a las mujeres los mismos derechos agrarios que a los hombres, al establecer que para recibir tierra sólo necesitaban ser mayores de 16 años y de nacionalidad mexicana.

Del dicho al hecho

Entre lo que dictan las leyes y la realidad que viven las mujeres del campo, el trecho es enorme:

- 1971, la Ley Ejidal otorgó a las mujeres los mismos derechos sobre la tierra que a los hombres;
- 1984, sólo 15% de las personas titulares de derechos ejidales eran del sexo femenino; la mayoría adquirió los derechos agrarios por herencia;
- 2007, sólo 24.7% de la tierra ejidal estaba en manos de mujeres.

Es decir, las mujeres no se hacen dueñas de la tierra por derecho propio, porque la costumbre en las sociedades campesinas no las concibe así, sino que son vistas como eslabón en la transmisión de la tierra de padre a hijo varón; esto es, en caso de ser viudas o tutoras de varones menores de edad, asumen la guardia temporal del derecho agrario en tanto los hijos alcanzan la mayoría de edad.

¿No que iguales en derechos?

En los asuntos del dinero, el hombre también es la medida y el requisito para que las mujeres puedan recibir un crédito monetario para la producción agropecuaria.

De 100 créditos para la producción agropecuaria, sólo 10 se otorgan a las mujeres

Esto se debe a que...

- ✓ Las leyes y usos nacionales no permiten a las campesinas compartir los derechos de propiedad con su esposo, y así no pueden reunir los requisitos exigidos por las instituciones de préstamo;
- ✓ Las mujeres necesitan la firma de una persona del sexo masculino (esposo) para acceder a un crédito;
- ✓ Las mujeres tienen que comprobar la posesión de bienes (título de propiedad de la tierra) que las respalde para recibir un crédito;
- ✓ Las mujeres carecen de la información sobre disponibilidad de créditos;
- ✓ Las facilidades de crédito deben de ser acompañadas por el desarrollo de habilidades técnicas agrícolas y administrativas, mismas que las mujeres no poseen;
- ✓ El acceso a insumos tecnológicos como semillas mejoradas, fertilizantes y pesticidas es limitado debido a que no suelen ser cubiertas por subsidios y a que las mujeres rara vez son miembros de cooperativas, que a menudo son las que distribuyen los insumos otorgados por los gobiernos a favor de los pequeños campesinos.

**Ni voz ni voto**

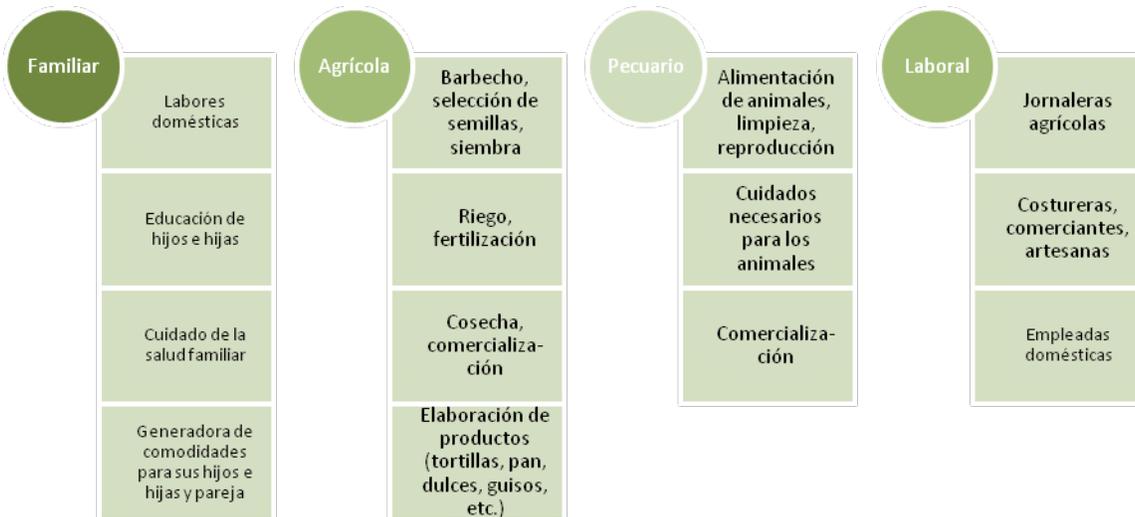
En muchos núcleos agrarios del país las mujeres tienen limitado acceso a espacios de participación y decisión, como asambleas ejidales que son el órgano supremo. Para la ejecución de los mandatos de la representación del ejido existe la estructura del comisariado ejidal, puesto que ocupan las mujeres en un pequeñísimo porcentaje. Las causas de la exclusión de la mujer de los procesos de toma de decisiones están en estrecha relación con su papel de madres y la carga de trabajo en el hogar, responsabilidades que ocupan la mayor parte de su tiempo. De tal suerte, el papel tradicionalmente limitado de las mujeres en el proceso de toma de decisiones a nivel de hogar, comunidad y país, sus necesidades, intereses y restricciones no suelen ser reflejados en los procesos de toma de decisión ni en las leyes que persiguen reducir la pobreza, alcanzar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad medioambiental.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Mujeres que ocupan el cargo de comisariados ejidales



Actividades realizadas por mujeres campesinas según ámbito



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

**Haciendo adobes**

En el mundo rural, los hombres asumen la jefatura de la familia y son reconocidos socialmente como tales. Ellos también organizan el trabajo en la parcela aunque una parte cada vez mayor de éste sea realizado por mujeres. Ellas organizan el quehacer de la casa, del traspatio y asumen la mayor parte, a la vez que atienden un sinfín de necesidades cotidianas de los miembros de la familia. Se ha constatado que entre 85% y 90% del tiempo de las mujeres está destinado al cuidado del grupo doméstico. Por si fuera poco, realizan labores comunitarias: asisten a reuniones escolares, faenas, tequio, entre otras. Las mujeres inician su jornada antes que la del resto de la familia y es de al menos 12 horas diarias. Un estudio realizado en dos comunidades indígenas del sureste de México constató que en promedio las mujeres trabajan 2.7 horas más que los hombres al día.

- ✓ Si las mujeres acuden a los bosques para obtener alimentos, combustibles, materia prima para productos que pueden vender, hierbas y frutos medicinales, al disminuir los recursos forestales ellas quedarán desprovistas de estos insumos necesarios para la subsistencia;
- ✓ Si las mujeres viven una precaria situación económica, si están mal alimentadas, si carecen de aparatos electrónicos que las alerten sobre un evento climático y debido a las asignaciones sociales de su cultura, pueden no desarrollar destrezas físicas como nadar, trepar a los árboles, entonces se verán en mayor riesgo para salvarse. Un estudio realizado en 141 países evidenció que en desastres naturales, las diferencias de género fueron decisivas para que hubiera más muertes de mujeres que de varones.

**Llover sobre mojado**

El cambio climático junto con la migración, son dos aspectos que aumentan la vulnerabilidad de las campesinas.

**Las que se quedan**

En México la migración se ha convertido en una estrategia para la población campesina frente a la constante caída de precios de productos primarios y los tratados de libre comercio suscitados a partir de los años ochenta, también para enfrentar impactos como inundación de tierras agrícolas, deslizamientos de tierras, cambios e irregularidades en los patrones de precipitaciones, de ciclones y huracanes, que han afectado al campo mexicano. Los hombres se van. Cuando esto ocurre cambia la vida de las mujeres del campo: asumen el cargo total de la unidad doméstica y de la producción agrícola en un escenario donde las remesas no son cosa segura.

**Menos agua, menos tierra, más esfuerzo**

- ✓ Si en la mayoría de los hogares la responsabilidad de la provisión de agua para la subsistencia del grupo recae en la mujer, al escasear, ellas tendrán que hacer más esfuerzo para conseguir este recurso, por tanto sus jornadas serán más pesadas;
- ✓ Si las mujeres son responsables de la producción de casi la mitad de los alimentos para el consumo doméstico, con las variaciones del clima (sequías, inundaciones, aumento de la temperatura), las fuentes de alimento se esfuman poniendo en riesgo la vida de la gente y la seguridad alimentaria;

**Toda la leña al asador**

La precaria situación que viven las campesinas las ha llevado a desarrollar estrategias para subsistir, desde aumentar sus recursos disponibles e ingresos económicos hasta desarrollar nuevas maneras de adaptarse al cambio climático.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

9 estrategias de subsistencias de las mujeres campesinas:

1. Destinan tiempo para trabajar en jornales;
2. Comercian con algún producto (ventas de menudeo, reventas, artesanías, abarrotos, productos agrícolas, aves de corral), o bien cuando recibe apoyo de algún programa;
3. Modifican prácticas agrícolas, como cambiar a cosechas o variedades resistentes a las inundaciones o a la sequía, plantar diversas cosechas o alternarlas, así como establecer otros sistemas de riego;
4. Intensifican la producción de traspatio cultivando vegetales o criando animales para luego venderlos;
5. Acopian alimentos para tiempos de escasez;
6. En caso de inundaciones, buscan un lugar más seguro: localizaciones más altas, construir refugios temporales, aumentar el nivel del suelo de sus casas o emigrar;
7. Salvaguardan bienes almacenando semillas y trasladando el ganado a lugares más altos;
8. Organizan acciones colectivas como establecer grupos y redes de autoayuda comunitarios, grupos de ahorro o sistemas de trabajo en grupo;
9. Se inscriben a programas federales y estatales que ofrecen beneficios económicos o en especie.

Con uñas y dientes, en un escenario adverso, se adaptan a las circunstancias para garantizar y mantener sus medios de vida con mayor eficacia. Todo ello ayuda al aumento de los ingresos, pero aumenta la carga de trabajo de los y las integrantes del grupo, específicamente de las mujeres.

### La danza de los millones

Los proyectos productivos que apoyan a mujeres a veces representan más una carga de trabajo que un alivio para sus economías, aunque no todos los saldos son negativos, pues la organización femenina también puede ser un novedoso espacio

de conocimiento y lucha, en los que las mujeres valoran y despliegan sus capacidades y elevan su autoestima.

La presidencia de la República recientemente afirmó que el 81% de los beneficiarios de los programas sociales de la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) son mujeres rurales y que en los últimos cuatro años la dependencia destinó más de 3 mil 250 millones de pesos en apoyo a proyectos exclusivamente de mujeres en núcleos agrarios. Además de los programas de la SRA, existen algunos más que brindan este tipo de apoyo a las mujeres rurales y campesinas.

Más allá de la dotación de recursos, en los programas destinados a las mujeres rurales e indígenas no se contemplan líneas de trabajo para la integración del enfoque de género, es decir, no se explica cómo se logrará reducir la brecha de desarrollo entre hombres y mujeres.

Qué pasaría si ...

- ✓ Se dejara de ver a las campesinas como un grupo vulnerable y se adoptara una visión de "las mujeres" como grupo productivo e impulsoras de sociedades más justas;
- ✓ Las mujeres campesinas tuvieran el mismo acceso a insumos productivos que los hombres;
- ✓ Los derechos de las mujeres campesinas fueran de hecho y no sólo enunciados;
- ✓ Los programas de subsidios adoptaran estrategias para empoderar a las mujeres campesinas;
- ✓ Se hiciera visible papel de las mujeres en la producción y suministro de alimentos;
- ✓ Las estrategias para lograr la seguridad alimentaria aliviaran el problema del limitado acceso de las mujeres a los recursos para la producción agropecuaria;
- ✓ Se frenaran los procesos que amenazan con ampliar la brecha de género existente en el sistema alimentario mexicano.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Si eso sucediera la vida de las mujeres campesinas mejoraría, se haría visible y se valoraría desde una dimensión justa su contribución social, además se

incrementaría la producción agropecuaria y se reduciría el porcentaje de población que sufre hambruna. De ser así, otra tierra nos cantara.

¿Adónde con tanto dinero?

Dependencia	Programa	Dicen que ...
Secretaría de Economía (SE)	Fondo de Microfinanciamiento de Mujeres Rurales (FOMMUR)	De 2001 a junio de 2010 ha otorgado 3 mil 629 millones de pesos para fomentar la inversión productiva y la práctica del ahorro entre las mujeres rurales y cooperar en la capitalización de este sector.
Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)	Programa de Mujeres en el Sector Agrario (PROMUSAG)	Destinó más de 3 mil 250 millones de pesos para establecer proyectos que beneficiaron a más de 137 mil mujeres.
Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI)	Programa de Organización Productiva de Mujeres Indígenas (POPMI)	En 2010 destinó más 249 mil millones de pesos en proyectos emprendidos por mujeres, como actividades agropecuarias, artesanales y de servicios como panaderías, tiendas de abarrotes, papelerías.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Programa "Hacia la Igualdad de Género y la Sustentabilidad Ambiental" (PROIGESAM)	Otorga apoyos hasta por 100 mil pesos a las mujeres para que desarrollen habilidades técnicas y de gestión y logren el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

**Fuentes de consulta**

Aguilar, Lorena. 2009. Women and climate change: vulnerabilities and adaptative capacities. In: Worldwatch Institute: 2009 State of the World – Into a Warming World. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. New York, London.

Centro de Estudios para el Adelanto de las Mujeres y la Equidad de Género (CEAMEG). 2008. Seguimiento a programas federales de atención a mujeres rurales e indígenas. México.

Costa, Nuria. 2005. La incorporación de la cuestión de género en las políticas públicas de desarrollo rural en México. IICA.

Common Wealth Secretariat. 2001. Gender mainstreaming in agriculture and rural development: *A Reference Manual for Government and Other Stake Holders*. Common Wealth Secretariat. UK.

CONAPO (Consejo Nacional de Población). 2005. Migración México – Estados Unidos. Panorama nacional y estatal; 2005CONEVAL. 2008. Informe de la pobreza multidimensional en México. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México.

Espinosa, Gisela. 1998. Mujeres campesinas en el umbral del nuevo siglo. Estudios Agrarios Núm. 5, México. Pág 64-77.

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

FAO. 1990. Women en Agricultural Development, Gender Issues in Rural Food Security in Developing Countries, Rome.

FAO. 2010. "Climate-Smart" Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. FAO.

FAO. 2011. The state of food and agriculture. Women in agriculture, closing the gender gap for development. FAO. Rome.

FIRA. 2007. Nota de Análisis. Principales resultados del VIII Censo agrícola, ganadero y forestal.

Heinrich Böll. 2010. Las que se van, las que se quedan: reacciones frente al cambio climático. Un estudio de caso sobre migración y género en Chiapas. México

INEGI, 2002. Las Mujeres en el México Rural. México.

INEGI. 2009. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Aguascalientes, Ags. México

INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. México

IPCC. 2000. Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones, editado por N. Nakicenovic y R. Swart, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de Cambridge (IPCC): Cambridge University Press, Reino Unido.

Lahoz, Diana. 2009. Tesis de maestría. Pobreza al interior de los grupos domésticos indígenas. Análisis desde la perspectiva de género. Colegio de Postgraduados. México

ONU-HABITAT. 2005. Tenencia de la tierra, derechos a la vivienda y género. Marco nacional y urbano: México. Serie de Análisis sobre la ley, la tenencia de la tierra y el género: América Latina.

Organización Meteorológica Mundial. Cambio climático y desertificación. Artículo en línea. Consultado: 10 de Marzo de 2011 disponible en [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/publications/documents/WMO\\_UNCCD\\_web\\_S.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/publications/documents/WMO_UNCCD_web_S.pdf)

SEMARNAT-INE. 2009. Cuarta Comunicación Nacional ante la CMNUCC. México.

SEMARNAT. La Economía del Cambio Climático en México. 2010

Galindo, L.M. (2010), La economía del cambio climático en México. México, D.F., Secretaría de Hacienda y Crédito Público/ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Vázquez, Verónica. 2001. "Género y tenencia de la tierra en el ejido mexicano: ¿la costumbre o la ley del Estado?", Estudios Agrarios, Revista de la Procuraduría Agraria, núm. 18, México, pp. 117-146.

Vieyra Jorge, *et al.* 2004. La participación de la mujer en la producción de traspatio y sus beneficios tangibles e intangibles. Revista Cuadernos de Desarrollo Rural Núm. 053. Colombia Pág. 9-23

## La sociedad civil en México frente al cambio climático. Una lectura antes y después de la COP16

Diana Lilia Trevilla Espinal <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM.  
Becaria del proyecto CEIICH-PINCC en  
“Valoración del metabolismo urbano de la Ciudad de México y  
sus Impactos socioeconómicos frente al cambio climático”.

### Introducción

La discusión sobre el cambio climático conlleva una preocupación sobre la supervivencia de la especie humana en el planeta. Se ha convertido también en un tema de interés interdisciplinario, en donde poco a poco se incluye la importancia en el análisis sobre las formas de organización social y su relación con la magnitud de los impactos actuales y los pronósticos futuros. Al mismo tiempo, se ha incorporado a las agendas políticas de manera internacional. No obstante, hasta hace algunos años, esta problemática no figuraba dentro de ellas e incluso, actualmente se presta atención a otras problemáticas como la crisis económica, la pobreza, la violación de derechos humanos, las guerras, entre otras, que parecieran estar desvinculadas del cambio climático. Sin embargo, la forma en la que se han tomado históricamente las decisiones políticas, sociales, económicas y hasta culturales, se encuentran intrínsecamente conectadas en los resultados y efectos que se experimentan y que son tema de preocupación tanto para los estados, como para las sociedades y las personas en relación con el medio ambiente, las alteraciones ocasionadas por las sociedades y las problemáticas actuales al respecto en términos de desigualdad y justicia social.

El cambio climático ha cobrado interés también en los gobiernos, en función de los riesgos para la economía de los países pues muchas sociedades están asentadas en zonas que, con base en los estudios y modelos, se han catalogado como vulnerables y en las que el aumento de desastres originados por el cambio climático, pueden cobrar la permanencia de las mismas. La alteración en el clima ocasionada por actividades humanas como resultado del proceso de industrialización en el mundo, el uso intensificado de combustibles fósiles, al cambio de uso de suelo, la sobre explotación de

los acuíferos, la deforestación de bosques para ampliar las zonas cultivables y ganaderas, así como el acelerado proceso de urbanización, entre otros <sup>1</sup>, ha incrementado la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) provocando el calentamiento del planeta, el aumento en la intensidad de los desastres, como huracanes y sequías que impactan la salud, la vida humana y el equilibrio de los ecosistemas. <sup>2</sup> Sumado a ello, la forma en la que se estructuran las sociedades puede afectar de manera particular a ciertos sectores, o bien, acentuar los daños y la vulnerabilidad en función de la organización social, provocando grandes movimientos migratorios a causa del cambio climático, o acentuando las desigualdades sociales derivadas de las catástrofes que lleguen a experimentarse.

### El cambio climático en las agendas políticas

Ante los peligros observados sobre el ambiente derivado de las acciones humanas y la incertidumbre sobre los posibles impactos para los seres humanos, los gobiernos se han dado a la tarea de analizar las posibles soluciones. Es desde década de los setentas que comenzó a prestarse más atención a este respecto. Para 1992 con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la llamada “Cumbre de Río”, se sentó la base institucional que se encargaría de darle seguimiento al cambio climático como parte de la agenda política internacional. En ese mismo año se puso en marcha la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC o UNFCCC, por sus siglas en inglés).

<sup>1</sup> IPCC. Cambio climático, Tercer informe de evaluación. Resumen para responsables de políticas. (IPCC, 2001d:II-7)Pp.4 <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-spm/synthesis-spm-es.pdf>

<sup>2</sup> Carlos María Duarte (Coord.), *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema*. Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2006, pp.53

Posteriormente se definió la creación de instrumentos operativos, como la Conferencia de las Partes (COP) y se redactó el Protocolo de Kioto. Estas medidas han sido creadas principalmente, para negociar y diseñar medidas que contribuyan a la reducción del calentamiento global, mitigación y adaptación al cambio climático. Además, en la medida en que se han llevado a cabo las negociaciones, los países han sido clasificados en Anexo I y Anexo II, en función de su nivel de desarrollo, bajo la lógica de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, lo cual en cierta medida también define sus capacidades y acciones. México forma parte del Anexo II, por lo que no tiene compromisos obligatorios de reducción de emisiones de GEI, a diferencia de los países del Anexo I, al menos en principio. Pese a ello, México ha cumplido con la publicación de cuatro Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero<sup>3</sup>, en donde señala los potenciales riesgos tanto para la economía nacional, como para las poblaciones y sectores.

Un aspecto a considerar sobre los principios que han regido las reuniones y declaraciones en torno al medio ambiente y el cambio climático, es el factor de la economía, pues es patente que la mayoría de las acciones a tomar están en función de la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que lleve al crecimiento económico y al desarrollo sostenible de todos los países. Lo anterior implica que, no se abandonan los principios del neoliberalismo económico, sino que, a través de éste se espera que se obtengan los resultados positivos. Al mismo tiempo, esta visión ha sido fuertemente criticada por las organizaciones de la sociedad civil, quienes han buscado hacer presencia y dejar escuchar sus demandas, tanto en las reuniones con organismos económicos internacionales como la Organización Mundial de Comercio<sup>4</sup>, el Banco Mundial, como ahora en reuniones de las Conferencias de las Partes, pues en ellas se discuten las políticas a implementar en relación con las problemáticas que consideran les afectan directamente.

<sup>3</sup> Simone Lucatello y Abril Pérez Ponciano, "Cambio climático, desastres y políticas públicas" en *Seminario Políticas públicas y desastres: cambio climático en México*. Garza Salinas Mario (coordinador). México 2009. Cemefi-Indesol. Pp.32

<sup>4</sup> A finales del año de 1999 se llevó a cabo una cumbre de la Organización Mundial de Comercio (OMC) en Seattle, donde la presencia de la sociedad civil y sus movilizaciones, llamó fuertemente la atención debido a que algunos autores y críticos consideraron este momento como un ejemplo de los nuevos movimientos antiglobalización.

## La 16a Conferencia de las Partes en México (COP16)

### Antecedentes

En el año 2009 se llevó a cabo la 15a Conferencia de las Partes (COP15) en Copenhague. Sus principales observaciones fueron la necesidad de limitar el calentamiento global en 2°C para el año 2020<sup>5</sup>. Asimismo se reiteró que los países desarrollados deben aportar tecnología, asistencia y recursos financieros hacia los países en desarrollo. No obstante, no se lograron acuerdos obligatorios y vinculantes, en relación a los compromisos obligatorios de reducción de GEI, ni tampoco sobre la creación de otro acuerdo que sustituyera al Protocolo de Kioto cuya fecha de vencimiento será en 2012.

Una de las propuestas que además forma parte de las críticas por parte de las organizaciones de la sociedad civil, por formar parte de los mecanismos de mercado, fue el programa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD). Este programa constituye una alternativa para reducir las emisiones a través de los bosques y sumideros de carbono a la vez que se muestra como una oportunidad de financiamiento para los países en vías de desarrollo. Durante la cumbre también se habló sobre la movilización de 100 mil millones de dólares anuales para el año 2020 con el fin de atender las necesidades de los países en desarrollo en materia de adaptación y mitigación, pero no logró concretarse la forma de operar, sólo se mencionó que el financiamiento procedería de una gran variedad de fuentes públicas y privadas, bilaterales y multilaterales, incluidas las fuentes alternativas de financiación, con la intención de crear un Fondo Verde para el Clima.

Frente a este panorama, la sociedad civil junto con la opinión pública internacional, consideraron como un fracaso a esta reunión. Del mismo modo, denunciaron y descalificaron la forma de negociación entre los países en donde los mecanismos de mercado figuran para los estados como la panacea para evitar las consecuencias del cambio climático en las sociedades, mientras que para algunas organizaciones de la sociedad civil representan falsas soluciones, ello en el entendido de que la crisis climática va de la mano de las crisis económicas, la desigualdad y la injusticia social, todas, resultado del proceso de globalización

<sup>5</sup><http://www.jornada.unam.mx/2009/12/19/index.php?section=sociedad&article=029n1soc> Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2009.

económica. Asimismo, señalaron que el cambio climático forma parte de una crisis ecológica y civilizatoria mundial, en donde se evidencia el peligro y la incertidumbre ante la capacidad de supervivencia de los humanos como consecuencia de los procesos diferenciados de la industrialización y del sistema económico capitalista. De ahí que uno de los grandes lemas durante esta cumbre fuera: *System change, not climate change* (cambiamos el sistema, no el clima).

#### *Los resultados de Cancún*

Durante la COP16 llevada a cabo en Cancún, México a finales del año 2010, se retomaron los puntos pendientes de Copenhague y se buscó definir la agenda de trabajo para los próximos años de manera internacional, creando así un documento denominado "Los acuerdos de Cancún". En éste, nuevamente se retomó la adopción de una meta global para que la temperatura media global no exceda los 2°C. Se definió finalmente la creación de un Fondo Verde de 100 mil millones de dólares hasta el 2020, administrados por el Banco Mundial, en teoría de manera provisional durante los 3 primeros años. Además de que se adoptó el mecanismo de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal (REDD+). Mientras que el segundo periodo de compromisos del Protocolo de Kioto, no logró definirse nuevamente e incluso, la reducción de emisiones se definió de acuerdo con las voluntades políticas de cada país y no a través de un documento vinculante. Esto último dejó ver el descontento por parte de Bolivia, pues señaló que de ser así, el aumento de temperatura podría incrementarse hasta más de 4°C.

Como era de esperarse, las organizaciones de la sociedad civil a nivel internacional le dieron seguimiento a esta cumbre, e incluso llevaron a cabo foros alternos con organizaciones locales, regionales e internacionales, con la intención de hacer presión sobre las negociaciones sobre un segundo período de compromisos del Protocolo de Kioto (2013 -2017). Es de advertirse, sin embargo, que de cara a los resultados y avances de las últimas Conferencias de las Partes, las organizaciones de la sociedad civil y la opinión pública, ciertamente han perdido la confianza en las negociaciones, pese a que, los efectos del cambio climático están presentes y se agudizan conforme pasa el tiempo.

Aún así, de acuerdo con las evidencias sobre las repercusiones a nivel planetario del cambio climático y de otras problemáticas actuales, se ha venido

conformando una sociedad civil global<sup>6</sup>, lo que no sugiere que sea homogénea, pues incluso se observa, que en materia de cambio climático, las organizaciones pueden estar distantes entre sí<sup>7</sup> por diversos motivos políticos. Aún así, su presencia y participación en las cumbres ha dado muestra de que en el ámbito internacional y nacional se están diseñando y llevando a cabo estrategias para hacer presión frente a las negociaciones de los Estados-nación, que las ha llevado también al reto de replantear y definir sus posturas ideológicas y políticas, e incluso también, se han generando alternativas prácticas locales para tomar medidas consideradas urgentes para frenar las afectaciones originadas por el cambio climático.

La presencia de la sociedad civil en México durante la COP16

Al ser México sede de las negociaciones de cambio climático como miembro de la CMNUCC, se presentó una oportunidad para la sociedad civil en México, ésa acompañada de la responsabilidad de mantener el diálogo y la presencia de distintas organizaciones nacionales e internacionales durante las negociaciones en Cancún. Para lograrlo, se montaron espacios donde pudieran darse cita organizaciones ambientalistas o ecologistas, organizaciones campesinas, todas de distintas ciudades, regiones y países, así como otras que, quizá no están propiamente relacionadas con el cambio climático, pero que aprovecharon el ambiente para vincular sus demandas, al tiempo que apoyaban y daban sus puntos de vista respecto al cambio climático, retos y posibles soluciones.

Al observar cómo se desarrollaron las negociaciones en el país, las organizaciones nuevamente reprocharon la falta de voluntad política de algunos países que ven amenazado su desarrollo económico en caso de firmar o cumplir con los principios del Protocolo de Kioto, una posición que no toma en cuenta las afectaciones para con las personas y comunidades.

La sociedad civil también identificó que, de manera interna, los países no logran coordinar a las instituciones para que la agenda climática coincida y logre resultados, e incluso, los intereses y

<sup>6</sup> Ulrich Beck, *¿Qué es la globalización? Falacias del globalismo, respuestas a la globalización*, Barcelona, España. Paidós, 2008, pp. 33

<sup>7</sup> Tal como se pudo ver durante la COP16 en donde existieron al menos tres espacios para las organizaciones de la sociedad civil: Klimaforum10 México; Espacio Mexicano Diálogo Climático y el Foro Global por la Vida y la Justicia Social organizado por La vía Campesina.

desacuerdos entre partidos entran en contradicción, entorpeciendo los procesos, por lo que la sociedad civil, se mira muchas veces a sí misma como la única posibilidad de avanzar y hacerle frente al problema del cambio climático. Y, dado que, las organizaciones también son heterogéneas, es también cierto que sus intereses llegan a entrar en contradicción de manera similar, aunque muchas coinciden en que una de las estrategias fundamentales está en la presión y exigencia hacia los gobiernos sobre el cumplimiento de los acuerdos, la creación de políticas públicas y programas que tomen en cuenta las necesidades y realidades particulares.

La sociedad civil igualmente busca incidir cada vez más en la apertura de espacios donde puedan participar, pues actualmente es nula su participación en los procesos de negociación. Así, los espacios alternos a las negociaciones dieron la oportunidad de denunciar diversas problemáticas que la sociedad civil percibe íntimamente relacionadas con la crisis ecológica que se vive actualmente. En este sentido se presentaron organizaciones y comunidades cuyas denuncias están relacionadas con proyectos millonarios de empresas que buscan desarrollar mineras, presas, desarrollos turísticos, proyectos de energía limpia (como parques eólicos, zonas de cultivo para biocombustibles etc.), entre otros, que atentan directamente contra sus comunidades, el tejido social, sus recursos naturales y sus propias vidas.

Asimismo, se denunció y rechazó por diversas organizaciones, el cultivo de alimentos transgénicos y la introducción de semillas genéticamente modificadas en el campo ya que, desde su perspectiva, influyen en la pérdida de soberanía alimentaria y provocan graves afectaciones a la salud de las personas y los ecosistemas. Se trata de un contexto en el que, el cambio climático es un factor fundamental, dada la aparición de eventos extremos como las tormentas, huracanes y sequías amenaza la producción de alimentos en México y en otros países en desarrollo, que los obliga a importar semillas, así como lácteos y carne.

Sumado a ello, la existencia de grandes corporaciones que monopolizan la producción, acentúan las desigualdades y pobreza de algunos grupos como los campesinos, o los indígenas y coloca en una situación de dependencia a las naciones más desfavorecidas económicamente, o bien provoca el despojo de sus tierras y recursos. Al mismo tiempo, las organizaciones denunciaron la sobreexplotación de los recursos naturales por parte

de las empresas, calificándola como insostenible, pues en muchos procesos se utilizan grandes cantidades de agua, lo mismo que grandes extensiones de tierra y se generan altos niveles de contaminación y toxicidad hacia el entorno debido a la utilización de diversos agentes químicos, lo que implica nuevamente un incremento más en la emisión de GEI.

Respecto a los mecanismos aprobados en la COP16, como es el caso del REDD+, hubo rechazo por algunas organizaciones que consideran que puede violar los derechos de los pueblos indígenas y/o campesinos sobre sus territorios y recursos, por lo que consideran necesario el reconocimiento y promoción del manejo comunitario de los bosques por parte de quienes los habitan y han cuidado de ellos históricamente como vía principal de su preservación. Por otro lado, desde la perspectiva de algunas organizaciones, otros mecanismos de desarrollo limpio, no son más que paliativos, o en el peor de los casos mentiras. Esto bajo el supuesto de que el concepto de sustentabilidad ha llegado a tergiversarse o manipularse a favor de un "capitalismo verde", que forma parte de un esquema a favor de un crecimiento económico ilimitado.

La economía verde, es una nueva modalidad bajo la que pretende presentarse la economía capitalista sin cambio estructural alguno<sup>8</sup> y, en donde la sociedad civil critica la forma en que se valora y le pone un precio a los océanos, bosques, biodiversidad, energía, agua y a la seguridad alimentaria. Debido a lo anterior, algunas organizaciones también concuerdan en que el cambio climático es producto de una crisis civilizatoria, por lo que dentro de las propuestas más radicales se habla desde hace algunos años de un cambio de paradigma necesario, que no es exclusivo del manejo de los recursos y cuidado del ambiente, sino que incluye toda una estructura, social, económica y política, que al mismo tiempo implica una nueva forma de actuar y pensar la vida social en relación con la naturaleza y con todos los seres humanos.

#### **Propuestas de la sociedad civil**

La existencia de tres espacios diferentes, lejos de generar alguna presión política en las negociaciones, sobre todo dio cuenta de una desvinculación física en los espacios de negociación, además de que dio la impresión de que

<sup>8</sup> Gian Carlo Delgado Ramos. *Bienes comunes, metabolismo social y el futuro común de la humanidad: un análisis norte-sur*. Fundación Rosa Luxemburg. Bélgica 2011, pp. 8

cada uno de ellos actuó bajo su propia dinámica e intereses y no necesariamente en sinergia con los otros espacios. No obstante, hubo algunos puntos en los que coincidieron, como mantener la presión hacia los gobiernos para que se establezcan compromisos reales de reducción de GEI entre un 40 a 60 %. Así como que se contemplen y respeten los derechos humanos y los derechos de los pueblos indígenas.

Que se lleguen a acuerdos que realmente respeten las responsabilidades históricas y las capacidades, tomando en cuenta la necesidad de transferencia tecnológica que sea vista como un compromiso obligatorio, no como una ayuda. Asimismo, muchas están en desacuerdo en la administración del Fondo Verde en manos del Banco Mundial pues al operar bajo una lógica de ganancia, puede generar una deuda financiera a través de los préstamos y financiamientos. Además de que consideran que una lógica así, no contribuye a aminorar las desigualdades e injusticias sociales que están relacionadas con el cambio climático, y puede también continuar fomentando la privatización de los recursos. Por otro lado, continuar con las acciones de resistencia, ha sido y seguirá siendo parte de las acciones de la sociedad civil, aunque ahora buscan que se incluyan acciones para fortalecer la autonomía, autodeterminación y soberanía de las comunidades, organizaciones y naciones. Para ello, proponen seguir en la labor de la construcción de ciudadanía, que sea capaz de visualizar las distintas aristas del problema del cambio climático de acuerdo con sus propias realidades, pero sin dejar de reconocer que es un problema de escala global.

### Conclusiones

#### Desafíos para la sociedad civil

Si bien es cierto que el cambio climático es objeto de preocupación para diversas organizaciones de la sociedad civil, también lo es el hecho de que al ser un complejo heterogéneo se enfrentan a grandes desafíos. Uno de ellos, es lograr una mayor articulación entre las diversas fracciones, lo cual implica definir objetivos claros y tener una capacidad de constante autocrítica, de tolerancia y de respecto a la diversidad si es que se pretende realmente luchar contra la fragmentación y en búsqueda de conformar una unidad en la diversidad. Y es que muchos conflictos sociales están y estarán relacionados con el deterioro del ambiente, la explotación de los recursos y los desastres ocasionados por el cambio climático, para lo cual es necesario articular las resistencias.

En la medida en que los estados concentran el poder y las instituciones, y en la que consecuentemente definen las negociaciones del clima, es importante consolidar un movimiento social frente al cambio climático que sea más fuerte y con mayor incidencia en el grueso de la sociedad, la opinión pública y que logre que sus demandas y propuestas sean escuchadas. De lo contrario, las organizaciones estarán jugando el mismo papel que los estados en las negociaciones donde no logran ponerse de acuerdo, continúan gastando recursos económicos y el incremento de la temperatura a causa de una falta de reducción de emisiones, sigue elevándose con graves daños que pueden llegar a ser irreversibles para los seres humanos y los ecosistemas. Cabe destacar que son plausibles las acciones que las organizaciones impulsan de manera local, pues parte de sus tareas es asumirse como actores y responsables, pero también lo es la capacidad de reconocer que hay otros actores responsables a los que hay que exigirles con todo derecho, como son los gobiernos, la necesidad de que se articulen y se esfuercen por obtener verdaderos resultados a favor del bienestar común.

Más allá de una conclusión al respecto, quedan muchas interrogantes sobre la participación de la sociedad civil en sus comunidades, localidades y países, así como los avances que logren para incidir aún más en las negociaciones siguientes. Por ahora habrá que dar seguimiento a las actividades durante la próxima COP17 en Durban, Sudáfrica, así como a la cumbre de Río +20. Por el momento, se tiene el conocimiento de que las organizaciones están preparando espacios alternos como el Foro Social Climático en 2012. Asimismo, está en puerta la posible segunda parte de la Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y los Derechos de la Madre Tierra, en Cochabamba<sup>9</sup>.

Para finalizar, es importante resaltar la importancia de la participación de las universidades y las diferentes disciplinas científicas en torno al problema del cambio climático, sobre todo para resaltar el potencial de colaboración que existe en la búsqueda de alternativas y el avance de algunos procesos que se consideraron positivos. En especial desde las ciencias sociales, la labor de visualizar esta problemática social, así como la de los esfuerzos de la sociedad civil, son ejemplos de los campos en donde su participación es necesaria y útil.

<sup>9</sup> <http://rio20.net/etapas> Fecha de consulta: 23/08/2011

### Fuentes de consulta

Aranda Sánchez José María, *Construcción del movimiento ambientalista en México 1980-2005*, México, Universidad Autónoma del Estado de México. 2006.

Beck Ulrich, *¿Qué es la globalización? Falacias del globalismo, respuestas a la globalización*, Barcelona, España. Paidós, 2008, pp. 33

Delgado Gian Carlo, Gay Carlos, Imaz Mireya y Sánchez Amparo, coordinadores. *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades*. México. UNAM-CEIICH-PINCC-PUMA. 2010

Delgado Ramos Gian Carlo. *Bienes comunes, metabolismo social y el futuro común de la humanidad: un análisis norte-sur*. Fundación Rosa Luxemburg. Bélgica 2011.

Duarte Carlos María (Coord.), *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema*. Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2006.

Lezama José Luis. *La construcción social y política del medio ambiente*. México, COLMEX. 2004.

Lucatello Simone y Pérez Ponciano Abril, "Cambio climático, desastres y políticas públicas" en *Seminario Políticas públicas y desastres: cambio climático en México*. Garza Salinas Mario (coordinador). México, Cemefi-Indesol. 2009.

Martínez J. y Fernández A. compiladores. *Cambio Climático, una visión desde México*. México. SEMARNAT-INE. 2004

### Páginas electrónicas

IPCC. Cambio climático, Tercer informe de evaluación. Resumen para responsables de políticas. (IPCC, 2001d:II-7)Pp.4 Fecha de consulta: 15/02/2011 <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-spm/synthesis-spm-es.pdf>

<http://www.jornada.unam.mx/>

<http://www.jornada.unam.mx/2009/12/19/index.php?section=sociedad&article=029n1soc> Fecha de consulta: 22/12/2009.

<http://rio20.net/etapas> Fecha de consulta: 23/08/2011

## Movilidad urbana y cambio de hábitos para la sostenibilidad

Javier Urbina Soria <sup>1</sup> Violeta Mugica Álvarez <sup>1</sup> y Olga Flores Cano <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Psicología UNAM

### Metodología

Los objetivos generales de esta investigación fueron identificar los elementos de orden psicológico y social que definen el uso, las preferencias y las opiniones de las personas sobre los diferentes modos de transporte. Además, se pretende identificar las relaciones entre patrones de uso de transporte y el impacto ambiental que se le atribuye. Se buscó determinar y analizar las condiciones para que los habitantes modifiquen sus hábitos de uso de transporte público y privado. Estos objetivos se alcanzaron gracias a la elaboración, validación y prueba de los instrumentos de medición (cuestionarios y sistemas de observación directa) a partir de una primera versión derivada del análisis de la literatura. Se elaboró una versión corregida y se sometió a prueba con muestras de la población objetivo.

Se hicieron los ajustes correspondientes y se constituyó la versión final. Se aplicaron los cuestionarios con muestras representativas de adultos residentes en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Un supervisor validó la aplicación de los cuestionarios. Se capturó la información para su análisis estadístico. Los análisis estadísticos fueron descriptivos, inferenciales y correlacionales conforme al nivel de medición de cada variable. La muestra tomada fue representativa de los diferentes puntos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Tabla 1). Un total de 1332 personas mayores respondieron al cuestionario de 33 reactivos.

### Resultados

Se reportan diferencias significativas entre el tiempo total de traslado de las personas que vienen del

Estado de México contra las que se trasladan en el Distrito Federal ( $t=-8.241$ ,  $gl=582.377$ ,  $sig.=0.000$ ) ya que el tiempo promedio de traslado es de 2 horas y 26 minutos en el Distrito Federal y 3 horas y 10 minutos para quienes se transportan desde el Estado de México. Igualmente, hay diferencias significativas en el gasto diario ( $t=-2.669$ ,  $gl=1328$ ,  $sig.=0.008$ ) ya que en promedio quienes se trasladan desde el Estado de México invierten 34.63 pesos y las personas del Distrito Federal, 29.62 (considerando a los usuarios de automóvil).

Se preguntó a la población sobre la importancia que trece programas implementados por el gobierno tendrían para mejorar la calidad del aire. Se enlistaron trece programas o acciones propuestas por el gobierno para mejorar la calidad del aire. Se pidió a las personas que determinaran si el programa ayuda mucho, poco o nada o si les era desconocido.

Esta escala alcanzó un alpha de .656 y las trece medidas enlistadas se clasificaron en tres factores: programas relacionados a acciones gubernamentales (reactivos 5, 12, 13), acciones relacionadas con el uso del automóvil (reactivos 1, 2, 3, 4, 6, 10) y medidas alternativas para mejorar la calidad del aire (reactivos 7, 8, 9) (Tabla 2). El reactivo 11, que propone el uso del transporte público como una acción para mejorar el medio ambiente, no se agrupó cualquiera de los tres factores.

Entre aquellos que emplean el auto como principal forma de transporte, hubo valores significativos con el factor 2 ( $X^2=46.611$ ,  $gl=14$ ,  $sig.=0.000$ ), es decir, los

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

automovilistas creen que las acciones del factor 2 sí apoyan la mejoría de la calidad del aire. Independientemente de los factores, hubo diferencias significativas en la población de acuerdo al sexo en cuanto al cambio del convertidor catalítico ( $X^2=44.367$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.000$ ), los incentivos automotrices ( $X^2=17.016$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.001$ ), promoción de autos eléctricos o híbridos ( $X^2=43.043$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.000$ ) y el uso de motores a gas; todo ellos fueron menos conocidos ( $X^2=19.784$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.000$ ) por la población femenina, quienes además consideraron que sí son de mucho apoyo al mejoramiento de la calidad del aire la afinación del automóvil ( $X^2=9.311$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.025$ ), el “Hoy no circula” ( $X^2=15.393$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.002$ ), uso de combustibles de mejor calidad ( $X^2=13.262$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.004$ ), la verificación de los automóviles ( $X^2=21.735$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.000$ ) y la verificación del transporte de carga ( $X^2=9.955$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.019$ ).

En cuanto al nivel socioeconómico, el factor 2 resultó significativo ( $F=9.727$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.000$ /Tukey HSD  $sig.=0.05$ ), en que los niveles marginal, bajo y medio bajo reportaron diferencias significativas con respecto a los otros niveles, manifestando que ellos consideran que las medidas ayudan poco a mejorar la calidad del aire. También, el no poseer o poseer uno o varios autos determinó diferencias significativas para el factor 2 ( $F=15.795$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.000$ /Tukey HSD  $sig.=0.05$ ), en que aquellos que no poseen auto consideran que las medidas ayudan poco.

El uso del transporte público no correlacionó con cualquiera de los tres factores. De hecho, la población no considera el uso del transporte público como uno de los modos de apoyo al mejoramiento del medio ambiente. Es decir, es la única acción que tiene respuestas entre 0 y 2, lo que quiere decir que las personas dicen que ayuda poco o no ayuda al mejoramiento del ambiente (Gráfica 3)

Se preguntó a los encuestados sobre su percepción de qué tan contaminante es cada modo de

transporte de una lista de once: automóviles particulares, bicicleta, camión y RTP, metro, metrobús, microbús (combi, pesero), motocicleta, taxi, transporte de carga, tren ligero y trolebús. La escala empleada tiene cuatro valores, que van de nada contaminante a muy contaminante (Tabla 3). De acuerdo a las respuestas (y con un alfa de .500) se obtuvieron tres factores: factor 1 modos: bicicleta, metro, metrobús, trolebús y tren ligero, factor 2 modos: automóvil, motocicleta y taxi y factor 3 modos: camión, microbús y transporte de carga. No hubo diferencias de percepción con respecto a sexo.

En cuanto a nivel socioeconómico, sólo en el factor 3 se perciben diferencias significativas ( $F=4.502$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.000$ /Tukey HSD  $sig.=0.05$ ) entre los niveles bajo medio, bajo y marginal que consideran que los modos de transporte del factor 3 no consideran “muy contaminantes”. Igualmente, con diferencias en el factor 3, quienes tienen auto (en comparación con los usuarios de transporte público) consideran más contaminantes el camión, el microbús y el transporte de carga ( $t=5.934$ ,  $gl=842.420$ ,  $sig.=0.000$ ). Por el contrario, quienes no tienen auto consideran los modos del factor 3 sólo contaminantes ( $F=3.437$ ,  $gl=3$ ,  $sig.=0.000$ /Tukey HSD  $sig.=0.05$ ).

También se preguntó a los encuestados sobre cómo calificarían el transporte público y el automóvil de acuerdo a siete calificativos en continuos con valores de 0 a 6 (agradable/ desagradable, cómodo/ incómodo, seguro/inseguro, tranquilo/intranquilo, silencioso/ruidoso, rápido/lento, barato/caro. Se elaboró un índice con estos conceptos. Se encontraron diferencias significativas entre los usuarios de los diferentes modos de transporte ( $F=3.633$ ,  $gl=6$ ,  $sig.=0.001$ ). Los grupos de quienes usan el metro (asignan en promedio 22.74 de 42 puntos) y el automóvil (asignan en promedio 21.31 de 42 puntos) son los que muestran las diferencias ya que la calificación que asignaron los primeros al transporte público, fue más positiva en comparación con los segundos. En la calificación al automóvil se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos ( $F=2.260$ ,  $gl=6$ ,  $sig.=0.036$ ).

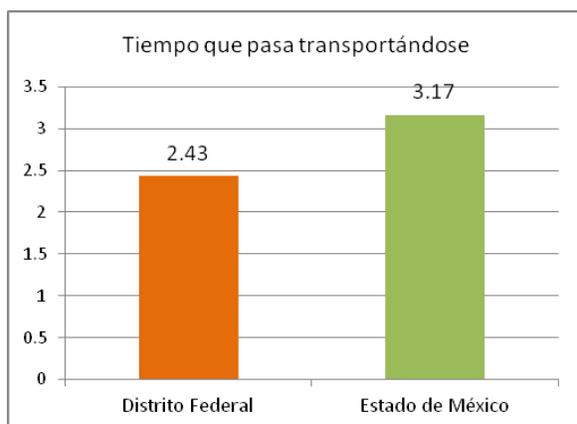
Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Tabla 1. Muestra

<b>EDAD</b>	<b>%</b>	<b>OCUPACIÓN</b>	<b>%</b>	<b>ESCOLARIDAD</b>	<b>%</b>
18-21	17.3	Ama de casa	9.7	Primaria inc	1.0
22-27	22.0	Obrero	2.1	Primaria	4.1
28-33	13.4	Profesionista ind.	6.5	Secundaria inc	4.0
34-45	27.0	Estudiante	21.3	Secundaria	13.1
46 ó más	20.3	Comerciante	6.6	Preparatoria inc	11.7
<b>NSE</b>	<b>%</b>	Burócrata	44.1	Preparatoria	14.0
A/B	18.9	Desempleado	1.6	Licenciatura inc	21.1
C+	31.4	Pensionado	2.3	Licenciatura	24.0
C	20.0	Técnico	2.3	Posgrado	6.7
D+	21.9	Conductor	1.4	<b>TRANSPORTE</b>	<b>%</b>
D	3.9	<b>ESTADO</b>	<b>%</b>	Automóvil	26.5
E	3.8	Distrito Federal	72.7	Camión	7.5
<b>N=1332</b>		Estado de México	27.1	Metro	21.2
		Hidalgo	0.2	Metrobús	1.8
		<b>GÉNERO</b>	<b>%</b>	Microbús	35.7
		Mujeres	56.0	Taxi	5.9
		Hombres	44.0	Trolebús y Tren L.	1.4

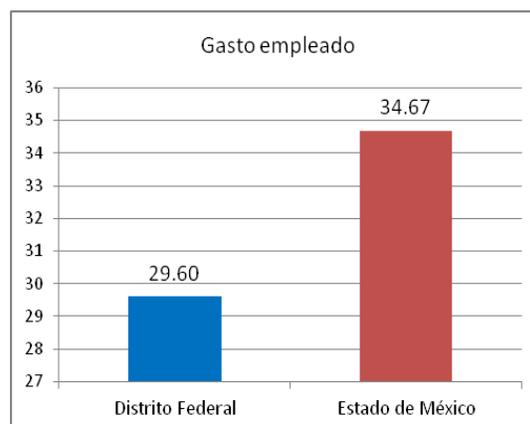
Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Gráfica 1 Tiempo total de traslado



t=-8.241, gl=582.377, sig.= 0.000

Gráfica 2 Gasto empleado para transportarse



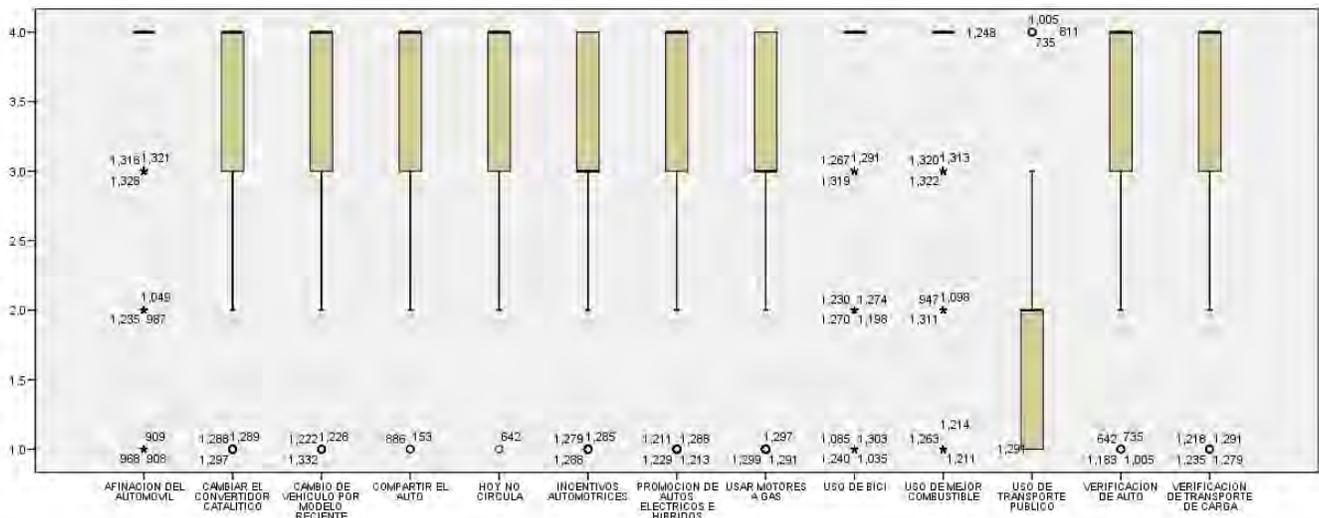
t=-2.669, gl=1328, sig.=0.008

Tabla 3. Factores de programas y acciones para mejorar el ambiente

Programas y acciones	Factores		
	1	2	3
Verificación de auto	<b>0.842826562</b>	0.19652344	0.01671259
Verificación de transporte de carga	<b>0.763262078</b>	0.24400519	0.07568677
Hoy no circula	<b>0.640403949</b>	-0.05884	0.14976246
Uso de transporte público	-0.31562751	-0.21891072	-0.25074385
Cambiar el convertidor catalítico	0.002236624	<b>0.69550587</b>	0.1116408
Cambio de vehículo por modelo reciente	0.027275145	<b>0.57285931</b>	0.06237003
Incentivos automotrices	0.133882526	<b>0.53294472</b>	0.18332018
Afinación del automóvil	0.366063561	<b>0.51973693</b>	-0.31493271
Compartir el auto	0.228428978	<b>0.4661239</b>	0.04399577
Uso de mejor combustible	0.294748646	<b>0.3952446</b>	0.27840725
Usar motores a gas	0.126425324	0.26495074	<b>0.68843554</b>
Promoción de autos eléctricos e híbridos	-0.0839698	0.39604914	<b>0.63839749</b>
Uso de bicicleta	0.245976076	-0.21329539	<b>0.58008299</b>

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Gráfica 3 Programas y acciones para apoyo al ambiente



En cuanto al género, los hombres asignaron menores calificaciones al transporte público (promedio de 22.11) que las mujeres (21.98) pero no se encontraron diferencias significativas, mientras que en la calificación para el automóvil si se encontraron diferencias ( $t=-3.348$ ,  $gl=1330$ ,  $sig.=0.001$ ) ya que los hombres dieron una menor calificación (en promedio 31.04) que las mujeres (32.16). Quienes usan automóvil evalúan con menor puntuación el transporte público (21.36) que aquellos que usan principalmente transporte público (22.33), habiendo diferencias entre estos grupos ( $t=-3.378$ ,  $gl=1330$ ,  $sig.=0.000$ ), e igualmente hay diferencias significativas ( $t=2.863$ ,  $gl=1330$ ,  $sig.=0.004$ ) en la evaluación del automóvil (transporte público promedio=31.35, automovilistas promedio= 32.39). El poseer o no un auto no mostró diferencias significativas para la calificación del transporte público y el automóvil.

Se preguntó a los encuestados si estarían dispuestos a cambiar su modo de transporte para ayudar a tener un mejor ambiente. No se

presentaron diferencias significativas por nivel socioeconómico o por número de autos que se tienen. Hubo diferencias significativas por sexo ( $X^2=14.479$ ,  $gl=5$ ,  $sig.=0.013$ ) (Tabla 4) en que los hombres manifestaron mayor disposición para cambiar su modo de transporte sin condición. Por rangos de edad, hubo diferencias en el rango de 34 a 45 años ( $X^2=40.567$ ,  $gl=20$ ,  $sig.=0.004$ ) (Tabla 5) quienes manifiestan mayormente que cambiarían su modo de transporte sólo si hay un transporte cómodo y rápido y si no afecta sus actividades cotidianas.

Se pidió a la población que mencionara tres acciones que ellos/as recomendarían para que los autos contaminen menos. Entre las de mayor frecuencia se encuentran la afinación y mantener en buen estado (30.05%), usar otras tecnologías, otros combustibles, convertidor catalítico y modernizarlo (16.45%), no usar el auto, usarlo menos, y compartirlo, (13.69%) el uso de la verificación (13.51%), cambiar autos por nuevos, quitar viejitos, quitar los en mal estado (9.65%).

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Tabla 3. Modos de transporte y contaminación

Modo de transporte	Factores		
	1	2	3
Tren ligero	<b>0.830828363</b>	0.10628851	-0.0074076
Trolebús	<b>0.796584991</b>	0.02352523	0.04025758
Metro	<b>0.789273539</b>	0.16548568	-0.03016451
Bicicleta	<b>0.439869974</b>	-0.03810874	0.04703651
Metrobús	<b>0.432483868</b>	0.31763167	0.12238919
Automóvil	0.023854728	<b>0.83581736</b>	-0.0551889
Taxi	0.016089605	<b>0.75092411</b>	0.33100933
Motocicleta	0.208056303	<b>0.47539763</b>	0.22112455
Transporte carga	-0.0037154	-0.0148688	<b>0.79113069</b>
Microbús	-0.05331219	0.25846793	<b>0.67538183</b>
Camión	0.137563438	0.13420514	<b>0.56508183</b>

Tabla 4. ¿Estaría dispuesto a cambiar su modo de transporte para ayudar a tener un mejor ambiente?

Sexo	Sí, sin ninguna condición	Sí, sin o representa un gasto	Sí, si hay un transporte cómodo y rápido	Sí, siempre y cuando no afecte mis actividades	No, de ninguna manera	Otro	Total
Hombre	109	44	281	130	19	3	586
Mujer	97	70	338	214	21	6	746
Total	206	114	619	344	40	9	1332

$X^2 = 14.479$ ,  $gl = 5$ ,  $p < 0.013$

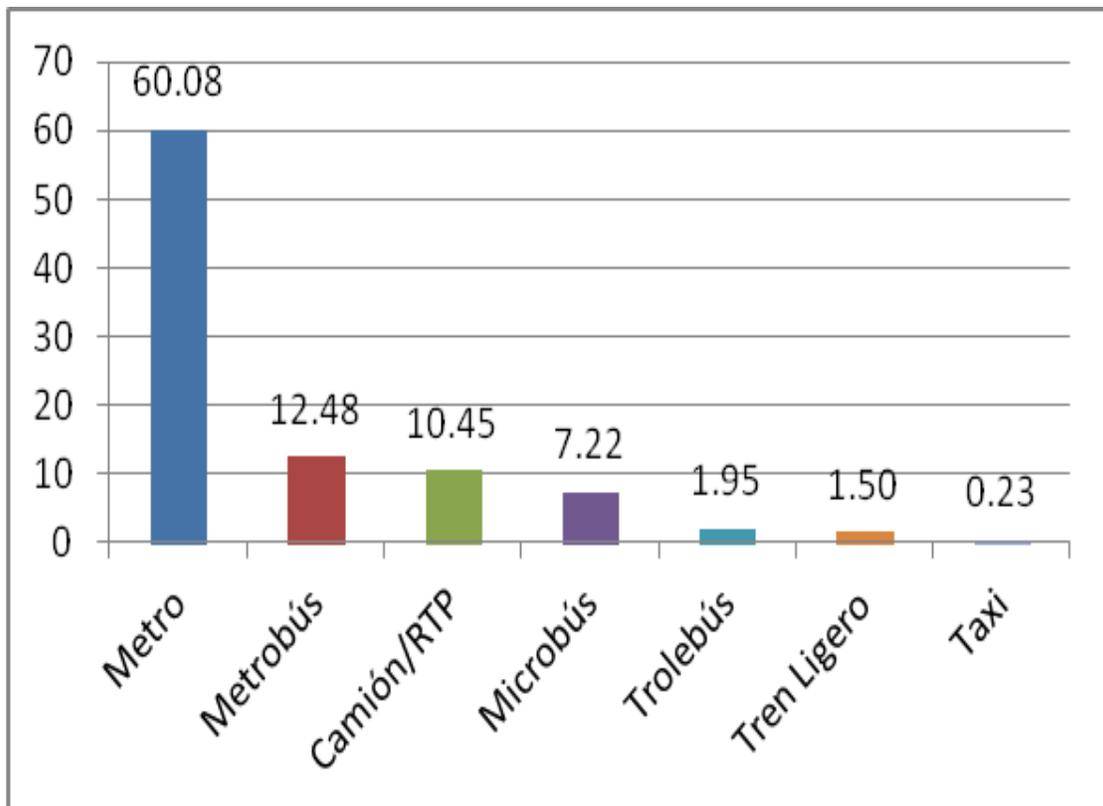
Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

Tabla 5. ¿Estaría dispuesto a cambiar su modo de transporte para ayudar a tener un mejor ambiente?

Edades	Sí, sin ninguna condición	Sí, sin o representa un gasto	Sí, si hay un transporte cómodo y rápido	Sí, siempre y cuando no afecte mis actividades	No, de ninguna manera	Otro	Total
18 a 21	44	23	87	65	10	1	230
22 a 27	50	38	118	77	9	1	293
28 a 33	27	11	84	52	4	1	179
34 a 45	50	20	185	90	8	6	359
46 a +	35	22	145	60	9	0	271
Total	206	114	619	344	40	9	1332

$\chi^2=40.567$ ,  $gl=20$ ,  $p<0.004$

Gráfica 4 Modo de transporte para ampliar



Como segundas opciones dieron afinar, dar mantenimiento, mantener buen estado (18.79%),

otras tecnologías, otros combustibles, convertidor catalítico, modernizarlo (17.78%), no usar el

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

automóvil, usar menos, compartirlo, (17.78%) cambiar autos por nuevos, quitar viejitos, quitar los en mal estado (9.39%) y multar, castigar, aplicar el reglamento para evitar la corrupción (7.19%). La tercera opción repitió las opciones anteriores en porcentajes similares (por lo que no se incluye el listado).

Tabla 6. Modo a ampliar

Modo de transporte	Hombres (%)	Mujeres (%)
Camión/RTP	34.5323741	24.8434346
Metro	47.18398	5.90537922
Metrobús	44.5783133	26.8544056
Microbús	31.25	32.5520833
Taxi	0	0
Tren Ligero	25	125
Trolebús	57.6923077	221.893491

Se pidió a las personas que mencionaran cuál sería el transporte que debería ampliarse. El 60.8% (Gráfica 4) consideró el metro como la mejor opción. Se encontraron diferencias significativas entre la opinión de hombres y mujeres ( $X^2=26.718$ ,  $gl=8$ ,  $sig.=0.001$ ) (Tabla 6), entre quienes usan automóvil o el transporte público ( $X^2=33.281$ ,  $gl=8$ ,  $sig.=0.000$ ) siendo los segundos quienes consideran el metro, el metrobús y el microbús como mejores opciones. Hubo también diferencias entre los habitantes del Distrito Federal y el Estado de México ( $X^2=26.886$ ,  $gl=8$ ,  $sig.=0.001$ ), siendo el Distrito Federal el que se muestra más a favor de la ampliación del metro.

**Conclusión**

Las personas entienden que la movilidad urbana es una experiencia que en mucho es complicada y que necesita de propuestas para atender la necesidad que tienen ellos de trasladarse de un punto a otro, no solamente seguros, sino también considerando las opciones que puedan apoyar el ambiente. El uso del transporte público no es visto como una forma

de apoyo a la sostenibilidad en la ciudad. El automóvil se considera como la forma ideal de transporte y consideran los encuestados el mejoramiento del ambiente por la aplicación de mejores tecnología y combustibles. Sin embargo, el uso de diferentes formas de tecnología o el mejoramiento de combustibles no implican un cambio de hábitos o la adquisición de más información sobre el apoyo al medio ambiente que se traduzca en acciones de mitigación ante el cambio climático.

Las personas encuentran tres tipos de modos de transporte de acuerdo a la percepción de lo contaminante que puedan ser. Sin embargo, la percepción no considera los medios reales de producción de energía. Independientemente de lo contaminante que sea un modo de transporte, la población hará cambios en su modo de transporte si se les provee de un transporte cómodo y rápido. El transporte público obtuvo una calificación que refleja que aunque las personas lo perciben como una forma medianamente barata no les resulta atractiva como el automóvil, ya que se le califica como ruidosa, incómoda y menos rápida que el automóvil. Los usuarios del transporte público, especialmente los usuarios del metro, y las mujeres califican mejor al transporte público y manifiesta que apoyarían el cambio en sus hábitos de transporte si éste ayuda al desarrollo de sus actividades.

El empleo de tecnología y la mejoría de gasolinas y energéticos son los elementos que principalmente se consideran como recomendaciones para apoyar el medio ambiente. Sin embargo, los principales puntos de mejora ante el usuario tienen que ver con la calidad del transporte, no con su mejora tecnológica. Es decir, se busca un transporte más cómodo y rápido y que no afecte el desarrollo de las actividades cotidianas, independientemente de querer un transporte amable con el ambiente tecnológicamente adecuado o que use los combustibles adecuados. Si el transporte público ha de ser la opción que se favorezca como un apoyo al desarrollo sostenible y al mejoramiento del ambiente, necesita de una mejoría en el servicio en forma de una mayor comodidad, rapidez y confiabilidad ante el usuario, así como de la

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

divulgación de éste una de las formas en que se apoya la mitigación del cambio climático.

**Fuentes de consulta**

Banco Mundial (2003). *El rol del transporte urbano en el desarrollo económico y social de la ciudad 1*. Recuperado el 22 de agosto de 2006 en [Http://info.worldbank.org/etools/docs/library/112219/peru/docs/ModuloVI/Rosendo%20Pujol%20ChBM-planTrans-Lima2003.pdf](http://info.worldbank.org/etools/docs/library/112219/peru/docs/ModuloVI/Rosendo%20Pujol%20ChBM-planTrans-Lima2003.pdf)

Gärling, T; Steg, L. (Eds.) (2007) Threats from car traffic to the quality of urban life problems, causes, and solutions. New York: Elsevier

Márquez, D. (2005). *El reto del transporte en la Ciudad de México*. México: EDAMEX.

Molina, M. J. y Molina, L. T. (coords.). (2000). *Integrated strategy for air quality management in the Mexico City Metropolitan Area*. Report No. 7.

Sinha, K. C. (2003). Sustainability and urban public transportation. *Journal of transportation engineering*, 129 (4), pp. 331-341.



**Sección V**

**Gobernanza y**

**aspectos políticos**



Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

# El ordenamiento territorial como instrumento normativo frente al cambio climático: construyendo la participación institucional en Campeche, México

Ayala A. M.E, Arteaga A. M. A., Isaac M. R.

Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre (CEDESU).  
Universidad Autónoma de Campeche, Campeche  
México. Av. Agustín Melgar s/n, entre Juan de la Barrera y Calle 20, Colonia Buenavista, C.P. 24039  
San Francisco de Campeche, Campeche, México. Tel. y fax: 01 981 81 19800 ext. 62500.

Correo electrónico: maeayala@yahoo.com.mx

## Introducción

Ante la actual crisis ambiental que vive la sociedad humana, día a día se hace más evidente la necesidad de implementar los mecanismos para que en el desarrollo del territorio converjan de manera sustentable tanto los aspectos del desarrollo económico como la conservación de la base natural y con esto prolongar el beneficio que recibe la sociedad humana del ambiente (Lazcurain, 2006).

En este sentido la planeación y gestión del territorio se vislumbran como mecanismos estratégicos de cara al desarrollo sustentable. No obstante, para que esto 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).

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.

La planeación del desarrollo de Campeche se ha enfocado en el crecimiento económico a través de la explotación de sus recursos naturales, sin un marco jurídico que la regulara de manera eficiente, y garantizara el seguir gozando de los beneficios del ambiente. No obstante, esta visión ha cambiado poco a poco al considerar el enfoque del desarrollo sustentable dentro de las actuales políticas públicas,

planes estatales de desarrollo, programas municipales y estrategias.

Estas disposiciones se han empezado a instrumentar sustentadas en un marco jurídico que involucra distintas leyes. En la esfera del desarrollo urbano existen distintas leyes que rigen la planeación del desarrollo, los asentamientos humanos, el desarrollo social, entre otros aspectos; así como las leyes sectoriales que rigen las actividades y sectores productivos, como el turismo, la actividad forestal, pesquero, agrícola.

Por otro lado, en el aspecto ambiental se cuenta con la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente de Campeche que marca los lineamientos generales que se deben seguir en esta área, tanto para la protección de los recursos naturales y que sustenta el programa de ordenamiento territorial estatal. No obstante, este marco legal se encuentra alejado de la visión integral que apoya la planeación y gestión sustentable del territorio (Ferreira, 2004), ya que las disposiciones aún conservan el esquema vertical y la falta de coordinación entre instituciones.

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 al tiempo de gestión de los gobiernos municipales, los cuales abarcan un periodo de 3

**Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación**

años, tiempo que no es suficiente para lograr la implementación, además de enfrentarse a la decisión partidista del regidor en turno.

**Metodología**

La metodología de trabajo se centra en: a) Conformación de un grupo de trabajo con profesionales del área legal y ambiental; b) Recopilación y análisis del marco legal del estado; c) Realización de talleres participativos de trabajo y consulta para incluir las demandas específicas de instituciones de distintos sectores y municipios, de manera consensuada; d) Diagnóstico de la problemática ambiental e impacto del Cambio Climático en el estado y la pertinencia del marco legal estatal; e) Detección de temas ambientales que requieran incorporarse a la propuesta de ley; f) Acercamiento a la percepción y sensibilización de los participantes a los talleres acerca de temas diferentes temas ambientales.

Los elementos anteriores servirán para integrar el documento final de la propuesta de ley que será enviada al ejecutivo estatal, la cual se encuentra en elaboración actualmente.

**Resultados**

Hasta el momento se han generado algunos resultados importantes que abarcan diversos aspectos del trabajo, tanto por la información generada durante el proceso documental y talleres de trabajo, como por la estrategia de trabajo colegiado.

1) Cabe destacar que la conformación del grupo colegiado de profesionistas del área legal y ambiental, permitió diseñar 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. En este sentido, consideramos que ha sido una estrategia positiva y una fortaleza del proyecto.

2) El análisis detallado del marco legal estatal aportó un conjunto de 33 leyes que norman tanto los temas de desarrollo urbano, asentamientos humanos, fraccionamientos, actividades sectoriales,

ambientales relacionadas con los temas que se propone normar esta nueva ley. Este examen detallado permitió evidenciar la existencia de omisiones, duplicidades, controversias, etc., presentes en los distintos artículos y encontrar los temas y conceptos que deben ser integrados a la propuesta, resultando en un documento que servirá como base para integrar la propuesta final;

3) En el diagnóstico de la problemática ambiental e impacto del cambio climático en el estado, se reconoció la necesidad de integrar temas ambientales prioritarios: cambio climático, vulnerabilidad, agua, gobernanza para dar pertinencia a la ley; asimismo aportar mecanismos para resolver los conflictos entre los usos de suelo y la tenencia de la tierra.

4) Se hizo evidente la falta de vinculación que existe entre las distintas instituciones, particularmente entre las que regulan el desarrollo urbano, asimismo se expresó que la planeación urbana esta desvinculada de la planeación y ordenamiento del territorio. Igualmente consideran que sus atribuciones están comprometidas con esta nueva ley, y se mostró cierta resistencia a su elaboración; por otro lado, las entidades municipales se mostraron poco interesadas en el proceso de consulta, la asistencia a los talleres obedeció a solo cumplir con la invitación, más que ver lo valioso de su aportación. En muchos de los casos, las personas que asistieron a las reuniones no permanecieron de manera continua en las mesas de trabajo de los siguientes talleres, por lo que no se comprometían con participar en las actividades programadas y no podían tomar decisiones;

5) En lo referente a la percepción y conocimiento que sobre temas ambientales y territorio sabían los participantes en los talleres, hay que recalcar: a) Desconocimiento de los representantes de las instituciones de cuestiones sustanciales del territorio, su modificación antropogénica, impacto del cambio climático, vulnerabilidad, riesgo; b) Percepción de que el cambio climático afecta primordialmente los ecosistemas, pero no se conciben impactos a zonas urbanas, infraestructuras y servicios; c) Cerrazón de ciertas instituciones ante la propuesta de ley (cotos de poder, afectación a competencias institucionales); d) Existen leyes pero no se cumplen por desconocimiento de la población y por intereses de las autoridades y funcionarios

Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

**Discusión**

De manera general se reconoce que existen una serie de problemas que abarcan desde la voluntad política de los funcionarios que no hacen cumplir la ley debido a diversos intereses económicos, sectoriales y al costo político de asumir esta responsabilidad, hasta la desvinculación de las instituciones y la incongruencia existente en el marco normativo y regulatorio del estado. Asimismo se reconoció la 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, a la contaminación del agua, tierras y a la pérdida de la biodiversidad por la expansión de las áreas para el desarrollo turístico, industrial y urbano. 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.

La percepción sobre la temática ambiental que los participantes de las instituciones convocadas mostraron en los talleres, fue de un desconocimiento parcial a generalizado 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.

En este sentido, la información que se fue aportando a través de todos los talleres sobre la temática ambiental dieron como resultado final que aquellos representantes de las dependencias que rigen el ámbito urbano, se dieran cuenta de las implicaciones que tendrán que resolver en un futuro

#### Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación

cercano. Asimismo, se logró despertar el interés en difundir este tipo de información a otras dependencias y al público en general, además de enfatizar en la necesidad de la implementación del ordenamiento territorial y de contar con un marco legal y normativo pertinente.

Si bien, este proceso aun se encuentra en una fase incipiente, ha generado el acercamiento e involucramiento de ciertas instituciones en continuar participando en la elaboración de la propuesta final de ley, y de darle continuidad al proceso hasta que se publique.

Esto representa 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.

#### Reflexiones finales

La planeación y gestión del territorio justifica más un discurso que una praxis eficiente, en esta arena, 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; 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.

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.

#### Agradecimientos

Se agradece al Gobierno del Estado de Campeche que a través de la convocatoria 2009 del Fondo Mixto-CONACyT aporta el financiamiento para que el 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 lleve a cabo el proyecto "Ley para la Planeación, Gestión Territorial y Urbana del Estado de Campeche".

#### Fuentes de consulta

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.

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.

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.

Ley de Asentamientos Humanos del Estado de Campeche.

**Sección IV: Aspectos sociales, culturales y comunicación**

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CAMPECH/E/LEYES/CAMLEY07.pdf>

Ley de Desarrollo Social del Estado de Campeche.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CAMPECH/E/LEYES/CAMLEY44.pdf>

Ley de Planeación del Estado de Campeche.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CAMPECH/E/LEYES/CAMLEY31.pdf>

Plan Estatal de Desarrollo 2003-2009.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/CAMPECH/E/PLANES/CAMPLAN02.pdf>  
SEMARNAT (2006). La gestión ambiental en México. México, 472 pp.



## Cambio Climático y Ciudades; cinco “building blocks” para la gobernanza urbana.

Hans Dieleman <sup>1</sup> y José Clemente Rueda <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios sobre la Ciudad

Universidad Autónoma de la Ciudad de México

<sup>2</sup> Programa de Investigación en Cambio Climático UNAM

### Introducción

Más de la mitad de la población total del planeta vive en áreas urbanas y las Naciones Unidas estiman que la población urbana del planeta llegará a más del 60% en el año 2030. En América Latina el crecimiento urbano es particularmente importante, ya que cuenta con una de las mayores tasas de urbanización en el mundo (Cohen and Rai, 2000). La población total viviendo en áreas urbanas de la región se incrementará hasta 83% en el año 2030 (Sánchez y Bonilla, 2007).

Estos datos son importantes ya que las ciudades contribuyen en grandes escalas al cambio climático, a través del uso de combustibles fósiles que generan gases de efecto invernadero y en particular CO<sub>2</sub>. Mientras que las ciudades ocupan no más que 2% de la superficie de la tierra, las metrópolis son responsables del 66% de la energía producida y del 70% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el planeta. Al mismo tiempo las ciudades son vulnerables frente a los efectos adversos probables del cambio climático, como situaciones extremas de lluvias, sequías, huracanes, tormentas, deshielo, etcétera. Estos efectos se combinan con los de la urbanización y crean situaciones de vulnerabilidad social y riesgo elevado.

### El proyecto Ciudades y Gobernanza Urbana ante el Cambio Climático; divulgación, capacitación y simulación

El cambio climático obliga a todas ciudades a tomar una gran cantidad de medidas y desarrollar muchas actividades con el fin de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptarse a los cambios inevitables<sup>1</sup>. Como no existen cianotipos

para actuar correctamente ante el cambio climático, es importante ver a la mitigación y a la adaptación como procesos de aprender-haciendo y/o hacer-aprendiendo. Intercambiar experiencias es un elemento clave en este proceso de aprender-haciendo.

Las redes como las del “ICLEI” y del “C40”<sup>2</sup> están difundiendo información acerca del cambio climático y las ciudades. No obstante, el acceso a esta información es, en parte, restringida y la información tiene una profundidad limitada.

El proyecto “*Ciudades y Gobernanza Urbana ante el Cambio Climático; divulgación, capacitación y simulación*” pretende crear un espacio que permitirá documentar y divulgar experiencias obtenidas en varias ciudades, así como convertirlas en contenidos y programas de educación y capacitación. El proyecto se enfatiza en específico en proyectos urbanos del tipo gobernanza, en donde el gobierno local esta colaborando con el sector privado y la sociedad civil en sus esfuerzos de realizar la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Con el fin de realizar estos objetivos el proyecto pretende crear un *Educatorio de Cambio Climático y Ciudades* con 5 actividades claves:

1. Monitorear políticas y planes urbanos desde diferentes ciudades en el mundo, así como proyectos urbanos concretos ante el cambio climático del tipo gobernanza,
2. Analizar la información obtenida en el marco teórico de la gobernanza y los factores claves de éxito y fracaso de gobernanza,

<sup>1</sup>El IPCC define mitigación como “la intervención humana para reducir las fuentes de gases de efecto invernadero o potenciar los sumideros”. La adaptación al CC se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a

estímulos climáticos proyectados o reales, o a sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos (IPCC, 2007:103).

<sup>2</sup> <http://live.c40cities.org/about-us/> ; <http://www.iclei.org/>

3. Divulgar esta información a través del espacio de divulgación,
4. Capacitar profesionales y estudiantes acerca de cómo desarrollar e implementar planes, políticas y proyectos dentro de un marco de gobernanza, en el espacio de capacitación,
5. Simular e imaginar proyectos de gobernanza, a través de proyectos pilotos, simulaciones en computadores, juegos, teatro y demás, en el espacio de imaginación.

El proyecto actual tiene como meta el desarrollo de las metodologías de las varias actividades, para que en la siguiente etapa se puede realmente realizar el educatorio con sus varios espacios y actividades de monitoreo, análisis, divulgación, capacitación e imaginación.

#### *Monitorear*

Por el momento estamos buscando y documentando información desde las siguientes ciudades específicas:

- América Latina: Bogotá, Buenos Aires, Caracas, Curitiba, Lima, Montevideo, Río de Janeiro y Sao Paulo,
- América del Norte: Los Ángeles, Ciudad de México, Nova York, San Francisco,
- Europa: Ámsterdam, Barcelona, Copenhague, Londres, Madrid, París y Rotterdam,
- Asia y Australia: Melbourne, Toronto, Sídney y Tokio,
- África: El Cairo y Johannesburgo.

Este monitoreo trata de información general sobre las políticas y los planes de acción de las ciudades. Las fuentes usadas son el internet, las páginas de los gobiernos de las varias ciudades, las organizaciones como ICLEI y C40, y en algunas ocasiones redes personales. La estructura del Plan de Acción ante el Cambio Climático 2008-2012 del Distrito Federal sirve como marco referencial del monitoreo de políticas y planes específicos. La jerarquización de la información se realiza en función de las categorías elaboradas en este documento:

- Mitigación: energía, transporte, agua, residuos,
- Adaptación: Sistema de alerta temprana, salud y monitoreo epidemiológico, vigilancia

a áreas vulnerables, atención a personas vulnerables, y

- Educación y comunicación: educación formal, capacitación, comunicación, difusión

Complementamos estas categorías con dos adicionales:

- Organización de la política pública: gobernanza y gobernabilidad
- Imaginación y experimentación: arte, experimentos sociales, proyectos pilotos.

La base de datos así obtenida dará una idea general acerca de los esfuerzos ante el cambio climático en un gran número de las más importantes ciudades del mundo.

El monitoreo trata también de información más específica de proyectos concretos de gobernanza urbana ante el cambio climático. En este momento estamos monitoreando proyectos desde varias ciudades como el D.F., la ciudad de Rotterdam en los Países Bajos, la Ciudad de Montevideo en Uruguay, la ciudad de Barcelona en España, la Ciudad de Tokio en Japón y la ciudad de Johannesburgo en Suráfrica.

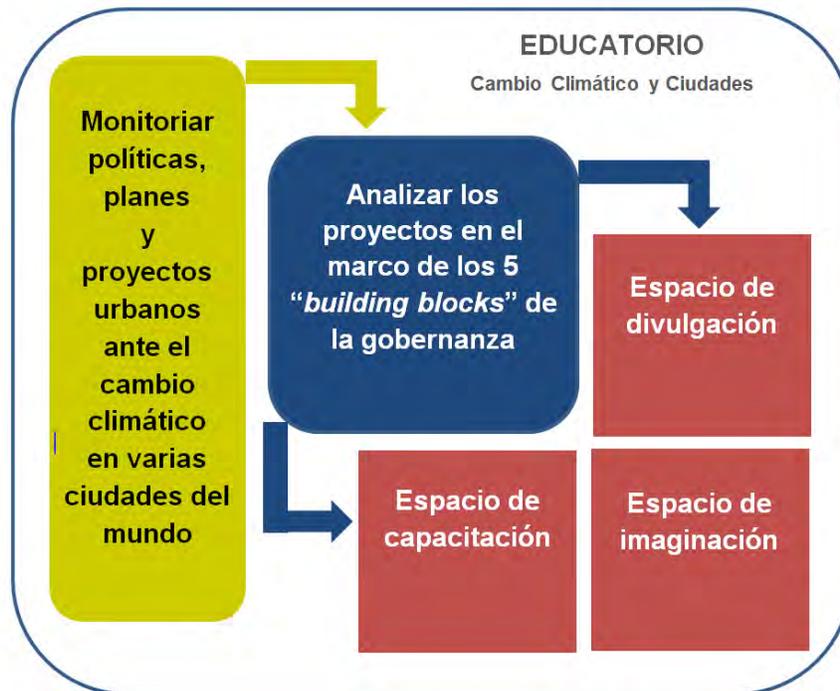
Este monitoreo servirá para un análisis más profundo y permitirá – de manera empírica – identificar los factores claves de éxito y fracaso de gobernanza. Así afinamos, en un proceso iterativo, el marco teórico de la gobernanza.

Analizar los proyectos en el marco de los 5 “building blocks” de la gobernanza

Existen varias definiciones e interpretaciones del concepto de la gobernanza. La interpretación que usamos en este proyecto ve a la gobernanza como la colaboración en redes entre el Estado, el sector privado y la sociedad civil, con el fin de realizar ciertos objetivos políticos.

La importancia de la gobernanza se fundamenta en la realización de objetivos depende de la colaboración en redes. En este sentido la gobernanza no es una preferencia política sino una necesidad práctica derivada de diversos eventos, que han acontecido en las últimas 3 décadas, como son: la globalización, el incremento rápido de organizaciones no gubernamentales y el creciente papel político de la sociedad civil.

Figura 1 Representación esquemática del educatorio



El advenimiento de la gobernanza tiene su razón de ser en el hecho de que el Estado perdió su posición dominante con respecto al desarrollo de la sociedad y de la ciudad, así como a la regularización de la vida pública. Ahora el Estado y los gobiernos tienen que interactuar con nuevos actores públicos y privados, nacionales e internacionales. El gobierno se encuentra dentro de una “red de actores políticos” en el cual todas las partes son iguales y el Estado ya no ocupa una posición jerárquica dominante.

Aguilar (2006) menciona dos aspectos claves de la gobernanza. Dentro de las redes los actores tienen que establecer un sentido común de dirección y tienen que identificar las capacidades necesarias para realizar los objetivos establecidos. El concepto de gobernanza implica, por tanto, dos dimensiones fundamentales de la vida en sociedad: la intencionalidad y la capacidad de transformar los propósitos en realidades.

Rueda Abad (2011:24) sintetiza el reto de la gobernanza, y en específico el desafío de generar un sentido común, con las siguientes palabras: “*La complejidad en la generación del sentido político es simple: los actores y sus diversos intereses deben*

*negociarse para que, en la búsqueda de equidad, todas las necesidades tengan y obtengan la mayor cantidad de beneficios individuales y colectivos que suman el bien común. La pluralización del mundo de la vida ha rebasado los límites organizativos del Estado, la gobernanza es una alternativa que posibilita que la diversificación de interés encuentre representatividad en la creación, planeación y ejecución de la política pública.”*

La gobernanza implica también trabajar y colaborar dentro de contextos emergentes porque no existen estructuras y objetivos establecidos. Esto implica trabajar dentro de una situación de incertidumbre existencial y demanda nuevas formas de colaboración, negociación y establecer compromisos. Por eso, la gobernanza no sólo se refiere a la calidad de la gestión pública: eficiencia, eficacia y transparencia pública, sino también se refiere “al arte o manera de gobernar promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía” (Navarro Gómez, 2002). Los actores involucrados deben que aprender, en las palabras de Aguilar, las capacidades sociales de transformar ciertos propósitos u objetivos en realidades.

Esto implica trabajar con los aspectos formales e informales de las redes de gobernanza. Los aspectos formales son los objetivos y las metas, así como las tareas, actividades, funciones, estructuras y la tecnología de trabajo. Los aspectos informales son las motivaciones personales de los participantes de las redes, sus aspiraciones, valores, percepciones, intereses personales, rutinas, costumbres y más.

Es importante subrayar la importancia de los aspectos informales. La gobernanza implica la colaboración de actores con culturas diferentes, a menudo con prejuicios y con rutinas y maneras de cumplir tareas muy diferentes. Establecer un sentido u objetivo en común es difícil; y cuando es posible establecerlo, ello no garantiza el éxito de la colaboración. Muchas veces el éxito (y el fracaso) depende de la capacidad de brindar con éxito diferentes culturas y superar los prejuicios.

Podemos también mostrar la importancia de los aspectos informales a través del concepto del "Iceberg Organizacional", desarrollado por parte de Argyris y Schön (1978) y otros en el contexto de la elaboración del campo de conocimiento del "Aprendizaje Organizacional". Esta metáfora muestra la diferencia entre los aspectos formales e informales y visualiza que los aspectos informales representan una parte mucho más grande de una organización que las partes formales. Aunque los aspectos informales son invisibles, no implica que sean menos importantes. Al contrario, forman la base del funcionamiento de una organización o red. Cuando hablamos en este proyecto de "factores claves de éxito y fracaso de gobernanza" pensamos de manera explícita en todos los factores del "Iceberg Organizacional": los visibles y los invisibles.

También es importante pensar en el contexto social/institucional de una red. La historia de un país, la cultura dominante, las condiciones económicas, el modelo político y el funcionamiento de las instituciones influyen en gran escala a la capacidad de una red de gobernanza de cumplir con sus tareas, e impactan directamente a los aspectos formales e informales mencionados. Por tanto, es importante que las redes que harán factible la gobernanza en cada caso sean analizadas en sus contextos sociales e institucionales.

Otro factor importante es la forma de una red de gobernanza. Existen diferentes constelaciones de

gobernanza y es probable que estas constelaciones influyan mucho al éxito o fracaso. Por eso el proyecto toma las varias formas de gobernanza en cuenta, y distingue entre tres formas básicas.

La red centralizada se forma entorno de un actor clave y depende mucho de este actor. El reto de generar sentido y dirección es menos difícil en un tal tipo de red. El proyecto de ciclovía del D.F es un ejemplo de un tal tipo de red. La red descentralizada es como un árbol de varias redes descentralizadas dependen en gran escala de la existencia de un sentido común, porque los actores trabajan en núcleos más o menos independientes.

La construcción del "Plant One", un laboratorio de innovación para Pymes de la ciudad de Rotterdam, Países Bajos, como parte del Plan de Acción ante el Cambio Climático, es un ejemplo de una red descentralizada.

Las redes distribuidas finalmente tienen ninguno actor clave. La esencia de estas redes se encuentra en las relaciones entre varios actores quienes, a través de su colaboración, contribuyen en la realización del objetivo común de la red. Un tal tipo de red encontramos en el proyecto de reforestación de la Sierra Gorda en Querétaro, México.

Siguiendo el documento "*Governing by Network, the new shape of the Public Policy*", desarrollado por parte de Deloitte en colaboración con la universidad de Harvard, podemos llamar los elementos claves mencionados anteriormente los "*building blocks*" de la gobernanza. Así identificamos cinco "*building blocks*" de gobernanza urbana ante el cambio climático. Cuatro de estos bloques son iguales a los del modelo presentado por parte de Deloitte (con la excepción del "contexto"; el modelo de Deloitte tiene un bloque de "*Information Technology Enablers*"). Estos bloques sirvan al análisis de los estudios de caso de las diferentes ciudades.

#### *Espacio de divulgación*

Los datos obtenidos durante el monitoreo y el análisis se presentaran en el espacio de divulgación del educatorio, éste tomará la forma de un espacio físico y una página web. La presentación de los datos generales de las políticas y planes de acción seguirá las categorías del plan de acción del D.F. La presentación de los proyectos tomara la forma de estudios de caso y dará atención a los 5 "building block" de la gobernanza.

Figura 2 Representación de la metáfora del iceberg organizacional



Figura 3 Representaciones de tres tipos de redes

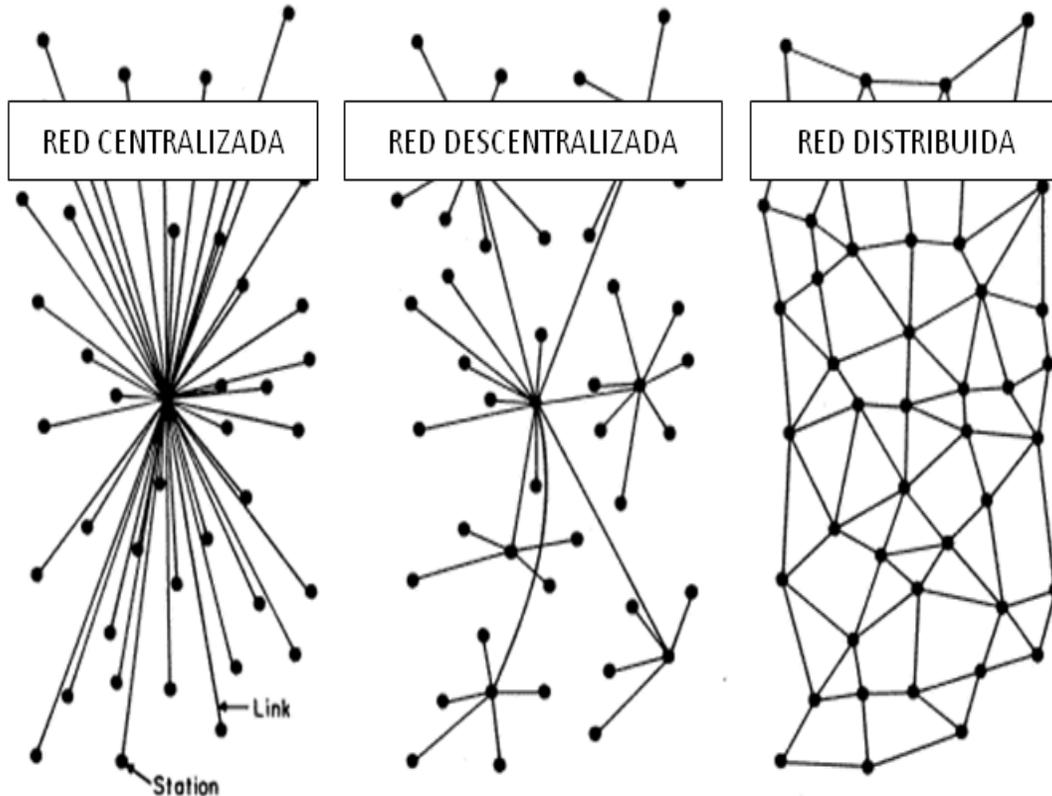


Figura 4: Los cinco “building blocks” de la gobernanza urbana ante el cambio climático

Bloques de analices del educatorio	Bloques de Deloitte/Universidad de Harvard
1.Sentido común de dirección de la red	1. <i>Strategy</i>
2. Capacidades formales de la red	2. <i>Human Capital</i>
3. Capacidades informales de la red	3. <i>Performance integration</i>
4. Contexto de la red	4. <i>Design and activation</i>
5. Forma de la red	5. <i>Information Technology Enablers</i>

#### *Espacio de capacitación*

La información así generada es la base de la creación de programas de capacitación, orientados a los funcionarios del D.F. y los estudiantes de las universidades de la Zona Metropolitana del Valle de México. Estos programas deben tener dos características claves: primero tienen que respetar el principio de aprender-haciendo y segundo deben ser basados en los estudios de caso generados durante el análisis de los proyectos de gobernanza.

El modelo de aprendizaje activo o experiencial de David Kolb (1984) tiene todos los elementos para realizar estos dos objetivos. Por lo tanto tomamos este modelo como base de la creación de programas de capacitación. El modelo se basa en un ciclo de 4 fases y ayuda a equilibrar diferentes tipos de aprendizaje dentro de una estructura de aprender-haciendo (Dieleman y Juárez, 2008).

La primera fase se basa en experiencias concretas, a través de estudios de caso y/o excursiones. La importancia de trabajar con experiencias concretas es que permitirá ver y aprehender una problemática en toda su complejidad y riqueza: entenderla de manera asociativa, a través de compararla con situaciones conocidas desde la propia vida. Esta fase es muy importante para reconocer los aspectos informales de una situación presentada. A través de la aprehensión las personas pueden construir

puntos de reconocimiento: lo entiendo porque estuve en una situación comparable.

La aprehensión permite también crear una relación emocional con una experiencia de otras personas.

La segunda fase se centra en los aspectos formales de un caso de estudio: las metas, tareas y técnicas, así como los instrumentos y funciones. La pregunta es ¿cómo las personas, en el estudio de caso, reaccionaron frente a los problemas ocurridos?, y ¿cómo hubiera actuado yo en esta misma situación? Estas preguntas permitirán internalizar un estudio de caso a través de identificarse con él y descubrir su rol, capacidades y habilidades en relación con la situación presentada.

El objetivo de la tercera fase es comprender el estudio de caso desde principios universales. En esta fase analizamos la situación desde teorías o conceptos establecidos. Cuando por ejemplo la negociación es un elemento importante en un estudio de caso, revisamos en esta fase el proceso de negociación desde varias teorías y marcos conceptuales. Así se crea un puente entre las experiencias desde otros lugares y las tareas nuestras, y nos preparamos para una acción propia. La fase de la experimentación activa, finalmente, tiene como objetivo poner en práctica el conocimiento adquirido. Aquí entra realmente el aprendizaje a través de aprender-haciendo.

Figura 5 Representación del ciclo aprender activo de David Kolb, 1984



### *Espacio de imaginación*

El espacio de imaginación, por último, tiene como objetivo abrir la mente de gente (funcionarios, estudiantes, políticos, el público en general) a través de simulaciones de proyectos de gobernanza y de la creación de proyectos pilotos, juegos, esculturas sociales, teatro y demás. Hay una famosa cita de Albert Einstein que dice: “*Lo lógico puede llevarnos de A hasta B, pero la imaginación puede llevarnos a cualquier sitio*”. La importancia del espacio de imaginación se encuentra ubicada en esta cita.

Las simulaciones, los proyectos pilotos y los juegos permiten experimentar con posibles soluciones ante el cambio climático. La participación de los artistas es importante ya que ellos crean espacios que permitan usar todas las experiencias de la vida: sorpresa, perplejidad o confusión, involucrando a todas las facultades del ser humano: hacer, conocer, pensar y sentir al mismo tiempo.

La libertad metodológica del artista le permite trascender fronteras y buscar intuitivamente, usando el pensamiento lateral, la imaginación, la asociación, y el pensamiento holístico. Además el arte tiene las capacidades de tocar las emociones y sensaciones de las personas, además de que influye en sus cosmovisiones y estilos de vida. Las simulaciones,

los proyectos pilotos, los juegos y los artistas abren espacios de imaginación que son claves en la búsqueda de soluciones ante problemas como el cambio climático (Dieleman, 2010).

### **Conclusiones**

El proyecto presentado es pretencioso y busca el desarrollo de varios elementos de un conjunto que llamamos un educatorio. El proceso de ejecución y el diseño de este proyecto está haciéndose en este momento. Los primeros resultados deben presentarse en el mes de febrero 2012. Luego de ello se realizará la segunda fase en la que se buscare poner en práctica todos los elementos del educatorio.

### **Fuentes de consulta**

Aguilar Villanueva, Luis F. (2008); *Gobernanza y gestión pública*, México, Fondo de Cultura Económica

Argyris, C.; Schön, D. (1978); *Organizational Learning: A theory of action perspective*. Reading MA: Addison-Wesley.

Cohen, R y S. Rai (2000); *Global Social Movements*. London: The Athlone Press

Dieleman Hans (2010); *El arte como nuevo maestro en la Sustentabilidad*, en: Los Ambientalistas, revista de Educación Ambiental, Vol. 1 (1), UACM, 2010

Dieleman Hans y Margarita Juarez (2008): *¿Cómo se puede diseñar educación para la sustentabilidad?*, en: Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Vol 24 (3) 2008, Universidad Nacional Autónoma de México

Eggers William D. y Stephen Goldsmith (2004); *Governing by network, the new shape of the Public Policy*. Brooking Institution Press.

Gay García Carlos (Compilador) (2000). *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.

IPPC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (2007). *Cambio Climático 2007, Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad*. Fuente:<https://www.ipcc.ch>

Navarro Gómez Carmen (2002); *Gobernanza en el ámbito local* VII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Lisbon, Portugal, 8-11 Oct. 2002

Rueda Abad José Clemente (2011); *Gobernanza y Cambio Climático en la Ciudad de México*, Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México. Primera edición: Febrero de 2011

Sánchez Rodríguez Roberto y Adriana Bonilla (2007); *Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina*. IAI, INE, UNEP, Brasil

## Gobernanza en las Zonas Costeras

Ana Lucía García Briones<sup>1</sup> y Quetzalli Ramos Campos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Colaboración Cívica

<sup>2</sup> Consultora independiente

### Introducción

Con 11,122 km. México se encuentra en el catorceavo lugar de países con mayor extensión de litorales en el mundo.<sup>1</sup> Sin embargo, ni el marco legal ni el institucional está lo suficientemente desarrollados para poder administrar las Zonas Costeras (ZC) de manera sustentable. Este reto, se vuelve cada vez más una necesidad, ya que el crecimiento poblacional y el desarrollo de actividades económicas como el turismo y la pesca han puesto en peligro la vida de los ecosistemas costeros, su viabilidad económica de largo plazo y la calidad de vida de los ciudadanos que habitan cerca de los litorales.

Así, como lo explicaré en este artículo, a falta de mecanismos legales e institucionales, la gobernanza de las ZC es una de las respuestas más sólidas e integrales, ya que permite construir acuerdos a corto y mediano plazo, algunos de los que se podrían convertir en ley.

Para explicar lo anterior, primero explicaré qué integra las ZC desde el punto de vista geográfico y legal; después abordaremos la problemática de la falta de una visión integral legal e institucional de las ZC. Por último, analizaremos, con base en casos prácticos, cómo la gobernanza nos ofrece una respuesta para construir una visión integral de las ZC.

### Concepto de Zona Costera

Desafortunadamente, el concepto de Zona Costera no existe en nuestra legislación explícitamente, sin embargo, es útil reconocerlo porque integra todas las figuras legales que regulan el territorio costero, que son: las Playas Marítimas, la Zona Federal Marítima Terrestre (ZOFEMAT), los Terrenos

Ganados al Mar, Ambientes Costeros, y las Formaciones Rocosas y Acantilados.<sup>2</sup>

Las *Playas Marítimas* son partes de tierra que por virtud de la marea cubre y descubre el agua, desde los límites de mayor reflujos hasta los límites de mayor flujo anuales<sup>3</sup>. Además, son consideradas bienes de uso común y, con base en el artículo 84 de la LGBN, no pueden ser objeto de actos de administración (están fuera del comercio).

Por otra parte, la *ZOFEMAT* es la franja costera de tierra firme de 20 metros<sup>4</sup> considerada como un bien de dominio público y por lo tanto es inalienable e imprescriptible. Es decir, que no están en el comercio y no son susceptibles de posesión. Además, su uso y aprovechamiento sólo se puede otorgar mediante concesiones o permisos.

Los *Terrenos Ganados al Mar*, como su nombre lo indica, son extensiones de tierra que ganan terrenos al mar. La LGBN establece en su artículo 125 las dos formas por las que se ganan terrenos al mar: causas naturales y causas artificiales. Cuando esto sucede se llevará a cabo una nueva delimitación de la ZOFEMAT por la SEMARNAT.

Se ganan terrenos al mar de manera natural por fenómenos meteorológicos como huracanes, o artificialmente a través de la construcción de obras por ejemplo, para disminuir el oleaje y construir muelles.

Los terrenos ganados al mar no son bienes de uso público, por lo que son susceptibles de ser enajenados a los particulares. Esto es interesante,

<sup>2</sup> Nava Escudero, Cesar, *La privatización de las zonas costeras en México en Estudios Ambientales*. IJ-UNAM, 2009, p. 147-148, ver: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2641/13.pdf>

<sup>3</sup> Artículo 7, fracción: IV de la LGBN.

<sup>4</sup> La forma de determinar dichos 20 metros depende de cada caso y no se limita a zonas costeras sino a riberas de ríos, lagunas o lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales de agua marina que se comuniquen directa o indirectamente con el mar. Ver: artículo 119 de la Ley de General de Bienes Nacionales (LGBN).

<sup>1</sup> Según información del *The World Factbook*, Ver: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/mx.html>

porque a diferencia de las playas y la ZOFEMAT, estos terrenos pueden estar dentro del comercio.

Los *ambientes costeros* no se encuentran regulados ni en la LGBN (o su reglamento) ni en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). "La creación de esta nueva expresión descriptiva como uno de los componentes de las zonas costeras se concibe en el reglamento interior de la SEMARNAT [...] y la considera como un concepto asociado a las playas marítimas, la [ZOFEMAT]".<sup>5</sup> Así, el artículo 30 del Reglamento Interior de la SEMARNAT dicta lo siguiente respecto a las atribuciones de esta dependencia y los ambientes costeros:

ARTÍCULO 30.- La Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros tendrá las atribuciones siguientes:

- I. Ejercer los derechos de la Nación sobre los bienes nacionales siguientes: zona federal marítimo terrestre, playas marítimas y terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito natural de aguas marítimas;
- II. Conservar, restaurar y proteger el desarrollo sustentable de los bienes nacionales citados en la fracción I de este artículo, y de los ambientes costeros asociados a éstos;
- III. Llevar a cabo los programas para la protección ambiental, manejo integral y el desarrollo sustentable de los bienes nacionales y ambientes costeros a que se refieren las fracciones I y II de este artículo, así como participar en la formulación de normas oficiales mexicanas para su regulación ambiental; [...]

Al respecto, diversos autores como Nava Escudero, consideran que " el reglamento interior de la SEMARNAT es inconstitucional puesto que rebasa el contenido tanto de la LGBN como de la LGEEPA, en virtud de que crea una situación jurídica que ninguna de las dos leyes reconoce".<sup>6</sup> Finalmente, Nava Escudero opina que de manera informal, la página de Internet de la SEMARNAT dice que los

ambientes costeros comprenden los humedales, marismas, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar y de sus litorales o zonas federales.<sup>7</sup> Sin embargo, él mismo advierte que "algunos de estos términos encuadran en uno de los componentes de [las playas marítimas, la ZOFEMAT y los terrenos ganados al mar]"<sup>8</sup>.

Las *Formaciones Rocosas y Acantilados* no se encuentran regulados, ya el artículo 4 del Reglamento de la LGBN sólo los menciona como un límite a la ZOFEMAT:

Artículo 4o. La zona federal marítimo terrestre se delimitará [...]

Tratándose de costas que carezcan de playas y presenten formaciones rocosas o acantilados, la secretaría determinará la zona federal marítimo terrestre dentro de una faja de veinte metros continua al litoral marino, únicamente cuando la inclinación en dicha faja sea de 30 grados o menor en forma continua.

Asimismo, "para fines de asignación de derechos de propiedad, las formaciones rocosas y acantilados no son considerados como bienes nacionales que estén sujetos al régimen de dominio público"<sup>9</sup>. Es decir, se pueden apropiar por los particulares.

Como podemos observar, a pesar de que exista un ecosistema costero, el derecho lo define en diferentes figuras jurídicas, las cuales en vez de dar claridad sobre su delimitación, manejo y aprovechamiento, deja varios cabos sueltos.

Lo anterior, permite que en la realidad existan se otorgue el derecho a aprovechar bienes públicos (como playas) a ciertos individuos, ocasionando diversos problemas entre las comunidades, desarrolladores turísticos, grupos conservacionistas, etc. Además, como veremos adelante, desgraciadamente, la solución de dichos problemas tampoco está en la ley.

#### Visión integral de la ZOFEMAT

El principal problema de la ZC es que no existe una visión integral para su administración y manejo. Lo anterior se percibe claramente tanto en el marco legal como en las instituciones encargadas de ejecutar dichas leyes.

<sup>5</sup> Nava Escudero, Cesar, *Op. Cit.*, p. 182.

<sup>6</sup> *Ibid.*, p. 183.

<sup>7</sup> *Ibid.*, p.184.

<sup>8</sup> *Idem.*

<sup>9</sup> *Ibid.*, p. 188.

### Marco Legal

Sin considerar las leyes estatales y municipales, las ZC se encuentran regulada en 21 leyes federales las cuales tienen diferentes objetivos y ven a las ZC con enfoques diversos y hasta contrarios. Por ejemplo, mientras que unas leyes se enfocan en preservar su conservación y cuidado, otras en promueven su aprovechamiento. ¿A qué se debe esto? La principal razón es que la concepción de la ZC ha cambiado a través del tiempo y las leyes que la regulan responden a diferentes criterios que nunca han sido integrados, dichos criterios son:<sup>10</sup>

- Criterio de seguridad nacional, administración y control de las actividades marítimas (1821-1958)
- Criterio de aprovechamiento y explotación de los bienes patrimoniales de la Nación (1958-1976)
- Criterio de planificación de desarrollo urbano (1976-1994)
- Criterio de sustentabilidad del desarrollo (1994-a la fecha)

Paradójicamente, las ZC están sobre reguladas y, al mismo tiempo, nuestra legislación es inconsistente y escasa. Es inconsistente porque, como lo mencionamos, no existe un concepto que integre todas las figuras legales que integran las ZC. Además, la legislación no refleja la realidad biológica y geográfica de los ambientes costeros.

Nuestra actual legislación es escasa puesto que existen vacíos jurídicos importantes, por ejemplo, no existe una definición de ambientes costeros ni de acantilados. Además, no existen mecanismos claros de participación para todos los actores involucrados en el uso y aprovechamiento de las zonas costeras: ciudadanos, desarrolladores, pescadores, etc.

### Marco Institucional

La falta de una visión integral en nuestro marco legal da como consecuencia que las instituciones que tienen a su cargo administrar la ZC no tengan claro cuál es su función. Por ejemplo, la SEMARNAT, tiene la facultad potestativa de otorgar o no concesiones (o permisos) para el uso de la ZOFEMAT, delimitación de los terrenos ganados al mar y desincorporación de ambientes costeros. Sin embargo, no existen lineamientos claros para negar dichas concesiones o permisos para conservar ecosistemas costeros para las generaciones futuras.

<sup>10</sup> Cota Valenzuela, Desdémona. *La importancia de la zona federal marítimo-terrestre en el desarrollo turístico de las regiones*. IIJ-UNAM, 2009, p. 354. Ver: <http://www.bibliojuridica.org/libros/6/2722/23.pdf>

Además, no existen mecanismos de coordinación entre todas las dependencias encargadas de la administración de las ZC. Lo que es un problema serio si consideramos que en dicha administración intervienen 13 secretarías federales, las secretarías de medio ambiente de los 17 estados costeros y las autoridades competentes de 167 municipios.

Lo anterior, se ve claramente en las funciones de la SEMARNAT en donde se hace hincapié en sus atribuciones de conservación y protección<sup>11</sup> dejando de lado los lineamientos económicos o de costo-beneficio de la forma en la que es oportuno otorgar o no una concesión, permiso, autorización o desincorporación.

### Gobernanza en las ZC: casos prácticos

Un principio básico para la administración de cualquier bien, es saber para qué lo que vamos. La administración de los bienes de dominio público no se queda atrás, es más, adquiere mayor importancia porque de la buena administración de dichos bienes depende el futuro económico y ambiental de nuestro país.

Con base en lo expuesto anteriormente consideramos que la ZC debe de abordarse de manera integral tomando en cuenta las siguientes propuestas:

- Elaboración de un concepto integral de Zona Costera
- Delimitación legal de la Zona Costera que refleje su realidad geográfica y biológica.
- Integrar el criterio de desarrollo sustentable en nuestro marco legal e institucional.
- Establecimiento de mecanismos de participación ciudadana para otorgar o no una concesión de ZOFEMAT.

El ver a la ZC como un ecosistema adquiere más importancia si queremos administrar dicho bien público para el beneficio de las generaciones futuras. Así, el tomar en cuenta la realidad geográfica y biológica de la ZC es el primer paso para una visión integral de la misma.

En general, el término gobernanza se aplica y ha sido definido como el ejercicio de la autoridad económica, política y administrativa en la gestión de los asuntos de un país en todos los planos.

<sup>11</sup> Artículo 30, Fr. II del Reglamento Interior de la SEMARNAT

Incluye los mecanismos, procesos e instituciones mediante los cuales los ciudadanos expresan sus intereses, ejercen sus derechos, satisfacen sus obligaciones y resuelven sus diferencias.

También puede ser descrita como el medio a través del cual la sociedad define sus metas, prioridades y avanza la cooperación, sea global, regional, nacional o local.<sup>12</sup>

De acuerdo con Stephen B. Olsen Director de Recursos Costeros URI la capacidad para practicar la gobernanza de ecosistemas costeros depende de una combinación entre conocimiento, capacidades y actitudes que responden a las siguientes preguntas: ¿Cómo funcionan y cambian los ecosistemas? ¿Cómo los procesos de gobernanza pueden influir trayectorias de cambio para ecosistemas? ¿Cómo se pueden diseñar estrategias personalizadas a la historia y cultura del lugar? y ¿Cómo formar y coordinar equipos interdisciplinarios?

Estas últimas dos preguntas nos hacen pensar que la gobernanza requiere un cambio en el comportamiento humano a escala social que permita un aprendizaje sostenible y por lo tanto adaptación a las demandas económicas y políticas. Para lograrlo, el autor menciona cuatro etapas: 1ª) crear las condiciones necesarias para 2ª) lograr cambios en el comportamiento que permitan lograr los 3ª) objetivos ambientales y sociales para finalmente contar con un 4ª) desarrollo sustentable del ecosistema.

En nuestro caso, hemos estado involucradas en procesos colaborativos que buscan crear las condiciones adecuadas para generar cambios en el comportamiento de las comunidades costeras. Un ejemplo de proceso colaborativo es la participación de la comunidad local, expertos, autoridades y facilitadores en el desarrollo conjunto de planes de manejo para Áreas Naturales Protegidas. Otro ejemplo es la creación de una visión compartida para el desarrollo sustentable de la comunidad. Esta herramienta es un vehículo para construir un sentido común sobre el futuro de esa región y ayuda a empoderar a las partes a través del diseño de un plan de desarrollo para ellos mismos inspirándolas a diseñar como va a crecer su comunidad.

Los procesos colaborativos son aquellos que convocan a individuos y grupos con diferentes perspectivas e intereses sobre un problema para

trabajar junto con la ayuda de un tercero (facilitador o mediador) en el desarrollo de un programa de acción, utilizando un enfoque basado en construir consenso. Son herramientas que se usan para lograr que personas que tienen distintas perspectivas sobre una situación o confrontan intereses diferentes, se “pongan de acuerdo” de manera participativa.

La construcción de consensos es un proceso de búsqueda de acuerdos entre grupos con diversos intereses. Incorpora un esfuerzo de buena fe para alcanzar los intereses de todos los participantes. El consenso no es lo mismo que la unanimidad ni tampoco un acuerdo por mayoría de votos. El consenso se logra cuando todas las partes están de acuerdo en que pueden aceptar una propuesta luego de haber hecho el esfuerzo para atender los intereses prioritarios de todas las partes involucradas. Es un proceso colaborativo, con reglas de juego claras. Un proceso colaborativo es un proceso de construcción de consenso. A diferencia de la mediación, donde generalmente se hace referencia a dos partes, la construcción de consenso involucra múltiples actores y múltiples cuestiones a decidir.

Un ejemplo de este tipo de procesos es la revisión del plan de manejo de Bahía de Loreto. En 1996 el Parque Nacional de Bahía de Loreto fue declarada área natural protegida y por tal motivo una de las obligaciones del Parque es elaborar el Plan de Manejo del mismo.

El Plan de Manejo es un documento técnico de planeación y seguimiento en donde se establece, entre otras cosas, la forma en que se organizará la administración del área y los mecanismos de participación de los individuos y comunidades asentadas en la misma, así como de todas aquellas personas, instituciones, grupos y organizaciones sociales interesadas en su protección y aprovechamiento sustentable.

En 2007, la autoridad del Parque y la organización civil Comunidad y Biodiversidad (COBI) contactaron al Centro de Colaboración Cívica<sup>13</sup> para diseñar y

<sup>12</sup> Burhenne-Guilmin, F. y Scanlon, J. (eds.), 2004, *International Environmental Governance*, IUCN Environmental Policy and Law Paper N° 49, IUCN, Gland, Switzerland, p. 2.

<sup>13</sup> El Centro de Colaboración Cívica (CCC) es una organización no partidista y sin fines de lucro, cuya misión es fomentar una cultura y capacidades de diálogo, colaboración y abordaje pacífico de conflictos en México, así como habilitar procesos de cambio que –por la vía del diálogo plural—

facilitar un proceso participativo y plural para la nueva revisión del Programa de Manejo, ya que en 2002 hubo un proceso de diálogo que fue poco exitoso por los conflictos entre la pesca comercial, la pesca deportiva y la conservación. Además por su falta de experiencia en procesos participativos.

Durante la elaboración del Plan de Manejo se trabajó con cinco sectores que tenían intereses diferentes y, en algunos aspectos, contradictorios. Dichos sectores fueron: académico y organizaciones de conservación; hotelero y desarrolladores, ecoturismo, pesca deportiva y pesca comercial.

La evaluación inicial de la situación comenzó en noviembre de 2007. El resultado fue un mapa de actores que resumió las preocupaciones y necesidades expresadas por 78 personas entrevistadas provenientes de todos los sectores.

El objetivo de este documento fue identificar cuáles eran los actores relevantes en el área y los temas importantes para cada uno de los sectores. La evaluación inicial de la situación en Loreto sirvió también para identificar a actores clave para el diálogo; por ejemplo, a algunos miembros de las comunidades pesqueras que no eran los presidentes de las cooperativas, pero que, por su liderazgo informal entre sus colegas, su presencia resultaba fundamental en el proceso.

El proceso de construcción de consensos en Loreto culminó en octubre de 2009. De acuerdo con las entrevistas y el balance del proceso hecho por los facilitadores del CCC, hubo una serie de logros y retos durante y después del proceso. Éstos se presentan a continuación:

#### Logros

- Unificación de la comunidad.
- Compromiso de los participantes frente a los acuerdos.
- Aprender a escuchar y a dialogar.
- Cambio de actitud positivo frente a las autoridades.
- Las metas del proceso se cumplieron.
- Los objetivos del parque se fortalecieron.

#### Retos

- Financiadores. En un principio se cuestionó la neutralidad del proceso, pues los fondos provenían de la gestión de recaudación de una organización que apoya la conservación.
- No superar algunas “posiciones ortodoxas”. A decir de un entrevistado del sector hotelero, otro reto fue la posición cerrada del sector conservacionista frente a diferentes alternativas en temas de desarrollo y necesidades de las comunidades asentadas en Loreto.
- Falta de participación de las autoridades.
- Hacer seguimiento a las otras fases del proceso de revisión del programa de manejo.

#### Conclusión

Aunque los procesos colaborativos no son perfectos sí son el primer paso para crear las condiciones necesarias previas a un cambio en el comportamiento porque no solo ayudan a tener una mayor claridad en el cambio que se quiere tener, también son un espacio de construcción de confianza y diálogo.

Al mismo tiempo, la guía de un facilitador imparcial ayuda a obtener y reformular las preocupaciones y necesidades de todas las partes que servirán de base para el plan de acción. Este tipo de procesos además de generar confianza son una incubadora de inspiración para afrontar futuros obstáculos siempre y cuando se cuente con la metodología adecuada.

El objetivo de estos procesos es pasar de políticas públicas o acciones que comúnmente son percibidas como arbitrarias ilegítimas, ineficientes e inestables a acciones justas, legítimas, eficientes, estables que como consecuencia traen un involucramiento cívico, generan capital social, desarrollo sustentable y por lo tanto una mejor gobernanza.

---

promuevan el fortalecimiento democrático, el desarrollo sustentable y el Estado de Derecho



## Biocombustibles en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Aspectos comerciales y ambientales internacionales.

Julio César Medellín Cázares <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Derecho/  
Centro de Investigaciones Sobre América del Norte  
UNAM

### Introducción.

El cambio climático representa hoy en día una de las más grandes amenazas a las que el hombre se haya enfrentado. Este fenómeno está caracterizado por un incremento en la temperatura de la Tierra, en el cual, aparte de los diversos fenómenos naturales, también influye la actividad antropogénica debido al uso excesivo de combustibles de origen fósil. Lo anterior ha provocado que este fenómeno aumente día con día trayendo consigo “diversas afectaciones en los ámbitos sociales, económicos, demográficos y de salud pública, revelando la vulnerabilidad del hombre ante el poder de la naturaleza”<sup>1</sup>.

La comunidad internacional -preocupada por el cambio climático- se ha dado a la tarea de plantear soluciones a este problema, una de ellas es el uso de energías renovables (como los biocombustibles). El uso de estas energías ayuda a mitigar los gases de efecto invernadero, que representan una de las causas del cambio climático.

Por lo anterior es importante conocer el tratamiento que se le da a este problema, en especial en la región de América del Norte, uno de los bloques económico-comerciales más importante del orbe, y en ella se encuentra México, así como uno de los países que más contribuyen al calentamiento global: Estados Unidos de América. Por ello, no sólo

<sup>1</sup> Burguete Stanek, Leopoldo, “Cambio climático: aspectos y consideraciones legales del tema”, *Tendencias del Derecho Ambiental*, México, agosto- septiembre, año 4, 2007, número 20, p. 7

debemos considerar un panorama ambiental, es importante también conocer el trato comercial que se les da a los llamados biocombustibles, debido a que éstos serán de mucha importancia en el comercio. En algunos países se cuenta con la tecnología para producirlos y se están comercializando<sup>2</sup>.

Debemos subrayar que la energía es y seguirá siendo el motor que impulsa el desarrollo de un país, no sólo en el ámbito económico también en el social y el cultural. No podemos negar que los combustibles son parte fundamental en nuestra vida diaria, sin ellos no podemos transportar mercancías, ni trasladarnos grandes distancias, la industria no podría poner a trabajar la maquinaria para poder fabricar, incluso es necesaria para la generación de energía eléctrica.

Actualmente la mayor parte de los combustibles que utilizamos son de origen fósil,<sup>3</sup> la cantidad con la que disponemos es cada día menor. Esta es una razón de peso por la cual se está apostando por el uso de energías renovables, ya que no solo son más fáciles de obtener, debido a que no requieren

<sup>2</sup> Por ejemplo Alemania, Estados Unidos, Francia, Argentina y Brasil son grandes productores de biodiesel en el mundo. Renewable Status Report, 2009 p. 9 disponible en: [http://www.unep.fr/shared/docs/publications/RE\\_GSR\\_2009\\_Update.pdf](http://www.unep.fr/shared/docs/publications/RE_GSR_2009_Update.pdf)

<sup>3</sup> Balance Nacional de Energía 2008, Secretaría de Energía, Dirección General de planeación Energética, 2009. Disponible en: [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Balance\\_2008.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Balance_2008.pdf)

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

tanto tiempo para poder aprovecharlas,<sup>4</sup> son también menos dañinas para el medio ambiente, es decir su uso ayuda a mitigar la emisión de los gases de efecto invernadero.

**Cambio climático y efecto invernadero.**

Para poder mantener la temperatura en la Tierra, así como la vida en ella, se necesita la presencia de ciertos gases en la atmósfera, como son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y el ozono (O<sub>3</sub>), que son los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI). Sin embargo, la constante actividad humana en la industria, la quema de combustibles, la actividad agropecuaria, el transporte, así como la destrucción de bosques y selvas han provocado que estos “GEI se descarguen en la atmósfera, alterando su balance e incrementando la temperatura global.”<sup>5</sup>

El cambio climático, tiene dos causas, por un lado, los procesos naturales de la Tierra, y por otro, los cambios persistentes en la composición de la atmósfera por el uso de las tierras debido a la actividad humana.

Los GEI permiten, en determinadas cantidades, que parte de la energía irradiada por el sol que entra a la atmósfera terrestre no sea reflejada al espacio, el calor que se queda atrapado en la atmósfera mantiene a la Tierra a temperaturas óptimas para que se desarrolle la vida en ella. Lamentablemente la alta concentración de los GEI provenientes principalmente de la quema de combustibles fósiles, hace más difícil el tránsito de radiación solar hacia el espacio exterior, ésta radiación queda atrapada en la atmósfera, lo cual provoca “un sobrecalentamiento que pone en riesgo el delicado

equilibrio que permite el desarrollo de la vida en la Tierra.”<sup>6</sup>

El cambio climático es un problema global, las consecuencias y daños que provoca al medio ambiente el aumento de la temperatura, por ejemplo ha provocado el derretimiento de glaciares, el incremento en los niveles de los océanos, incendios forestales, provoca lluvia ácida. Así mismo el riesgo de sufrir daños a consecuencia del cambio climático se combina con las amenazas propias del clima<sup>7</sup>, es decir aumenta el riesgo de sufrir sequías, inundaciones y huracanes; lo anterior aunado al deterioro económico que se sufre en la región donde suceda un desastre de esta naturaleza.

Es por esto que los biocombustibles se han visto como una de las soluciones para disminuir los efectos del cambio climático, debido a que liberan una menor cantidad de GEI a la atmósfera y su producción conlleva a cultivar plantas, las cuales logran captar algunos de estos gases.

**Biocombustibles**

Es importante mencionar que “las energías renovables poseen un periodo de utilización prácticamente ilimitado a escala humana”<sup>8</sup> es decir que podemos hacer uso de ellos en un periodo más corto y las podemos utilizar más a menudo. Al contrario de las energías no renovables, cuyos yacimientos tardan millones de años en formarse y éstos cada día son menos.

El biocombustible, que es el objeto de nuestra investigación, es un “combustible producido a partir de material seco orgánico o aceites combustibles producidos por plantas. Entre los ejemplos de

<sup>4</sup> Como el petróleo, que sólo se encuentra en forma natural en ciertos depósitos donde hubo roca sedimentaria así como son necesarios otros requisitos como la ausencia de aire, altas temperaturas, altas presiones, restos orgánicos y millones de años para que se puedan aprovechar

<sup>5</sup> Godínez Rosales, Rodolfo, “México y el régimen futuro del cambio climático”, *Tendencias de Derecho Ambiental, Derecho Ambiental y Ecología*, México, febrero-marzo, año 4, 2007, número 17, p.7

<sup>6</sup> Burguete Stanek, Leopoldo, op. cit. nota 1, p. 8

<sup>7</sup> Cfr. Martínez F., Julia, Altamirano del C., Miguel Ángel, et. Al., “La adaptación al cambio climático en México”, *Tendencias del Derecho Ambiental*, México, febrero-marzo, año 4, 2007, número 17, p. 11

<sup>8</sup> Pardo, Mercedes, “Energía y sociedad: la transición energética hacia las energías renovables”, p.175

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

biocombustibles se encuentran el alcohol (a partir de caña de azúcar fermentada), el licor negro proveniente del proceso de fabricación de papel, la madera, el aceite de soja,<sup>9</sup> el biodiesel y el bioetanol por mencionar algunos ejemplos.

Los biocombustibles provienen de la llamada biomasa, ésta es materia orgánica, es decir, la que se encuentra contenida en productos de origen animal y vegetal, estos productos son procesados para que puedan ser usados como una fuente de energía química almacenada.

El biocombustible, como el biodiesel (combustible que se obtiene por la transesterificación de aceites de origen animal o vegetal)<sup>10</sup>, el bioetanol y la bioturbosina, son principalmente utilizados para el transporte, aunque también son utilizados en algunos lugares para la electricidad y la calefacción.<sup>11</sup>

El uso de biocombustibles tiene ciertas ventajas, por ejemplo: son menos volátiles porque su grado de inflamación es relativamente alto (150°C); son altamente biodegradables en el agua; son menos tóxicos que la sal común; aumentan la seguridad de abasto energético; emiten menos contaminantes a la atmósfera; son productos que se pueden desarrollar en forma sostenible; son una alternativa para el fomento de la inversión<sup>12</sup> y su producción es generadora de empleos.

Pero los biocombustibles no son la panacea del cambio climático y del abasto energético, también

<sup>9</sup> Anexo B, glosario de términos, Cambio Climático y biodiversidad, documento técnico V del IPCC, Grupo intergubernamental de expertos en cambio climático, 2001, p.175

<sup>10</sup> De acuerdo con Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos artículo 2 fracción II

<sup>11</sup> Balance Nacional de Energía 2008, Secretaría de Energía, disponible en:

[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Balance\\_2008.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Balance_2008.pdf)

<sup>12</sup> Tanto en la modalidad de inversión directa mediante el establecimiento de empresas transnacionales, como en la modalidad de inversiones de portafolio (a través de instrumentos bursátiles).

se han encontrado desventajas como son: que su composición química puede ser alterada por el almacenamiento prolongado; el costo depende del material que sea utilizado para su producción; a bajas temperaturas puede solidificarse y formar cristales; otro problema es dónde se podrían cultivar, ya que si se hacen en cultivos destinados a la producción de alimentos, para hacer los llamados cultivos energéticos, traería consigo el problema del abasto de alimentario, es decir, si se utilizan los cultivos energéticos se estaría quitando espacio para los cultivos alimenticios, o se tendrían que quitar espacio a los bosques y selvas, lo cual también traería un serio problema en el medio ambiente y al biodiversidad del lugar<sup>13</sup>.

Otro punto que debe tomarse en cuenta es qué tanta energía aportan los biocombustibles y cuanto en realidad afecta al medio ambiente la producción de éstos, es decir se debe poner en una balanza cuanta energía se utilizó desde su producción hasta el transporte para llegar al comprador final, también la posibilidad en el uso de pesticidas químicos, aunado a lo anterior, si se utiliza biotecnología moderna, se habrán de hacer las evaluaciones de riesgo correspondientes sobre bioseguridad de organismos genéticamente modificados. Para evitar lo anterior aun hace falta una mejoría en la tecnología utilizada para la producción de biocombustibles. Por lo tanto podemos ver que el uso de cualquiera de las energías, sean renovables o no, tienen un cierto grado de impacto en el medio ambiente y su uso tiene ciertas desventajas. Así como todas las tecnologías tienen riesgos, en mayor o menor medida.

Es importante también tomar en cuenta que la explosión demográfica va en aumento, y que la gente consume más recursos anualmente,<sup>14</sup> no sólo para la alimentación, también para la vivienda, vestido, las construcciones, etc. Estos recursos los

<sup>13</sup>Cfr. Disponible en: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/introduccion/definicion-n-ventajas-y-desventajas.html> fuente consultada el 22 de agosto de 2011.

<sup>14</sup>Cfr. Moreno Plata, Miguel, *Génesis, evolución y tendencias del paradigma del desarrollo sostenible*, Editorial Miguel Ángel Porrúa, México, 2010 p.70

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

tenemos que preservar no sólo para que las podamos seguir disfrutando, también para que las generaciones futuras puedan hacerlo.

Es por lo anterior que se deben producir los biocombustibles con miras a preservar los recursos existentes y evitar acabar con ellos, es decir, producir teniendo en cuenta la importancia del desarrollo del sector energético y la producción de biocombustibles pero de una forma sostenible.

### Desarrollo Sostenible

El concepto de Desarrollo Sostenible se comenzó a abordar en la comunidad internacional en la Declaración de Estocolmo de 1972<sup>15</sup> en la cual, puede verse un incipiente concepto en el principio 8 que dice: “El desarrollo económico y social es indispensable para asegurar al hombre un ambiente de vida y trabajo favorable y para crear en las tierras las condiciones necesarias para de mejora de la calidad de vida.”

Sin embargo, es hasta 1984 cuando, a petición de la Organización de las Naciones Unidas, se realiza un estudio para evaluar los avances de los procesos de degradación ambiental, el resultado fue un documento conocido como el informe Brundtland<sup>16</sup> en el que se acuñó el término de Desarrollo Sostenible. En dicho informe se menciona que es aquel que “satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades<sup>17</sup>”.

Por su parte, la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, tomando como base la definición del informe, también nos proporciona una en la cual señala que es “aquel desarrollo que satisface las necesidades y las aspiraciones de las generaciones presentes, sin acabar con la posibilidad de que las generaciones del mañana también puedan suplir las suyas”<sup>18</sup> como podemos ver de acuerdo con el concepto de Desarrollo Sostenible, no se trata de dejar de utilizar los recursos más bien se trata de hacerlo de una forma más racional y eficiente.

A pesar de que el concepto de Desarrollo Sostenible es, y fue en un principio, un concepto de progreso económico y social, ya no se puede ver desde una perspectiva solamente económica, es decir también se tiene que ver desde una perspectiva en pro de la preservación del medio ambiente.

La comisión Brundtland exhortó a iniciar una nueva era de desarrollo económico racional pero desde el punto de vista ecológico, se dice que el desarrollo sostenible es posible pero debía aplicarse al manejo de la economía, la tecnología y de los recursos naturales<sup>19</sup>.

Como hemos visto el concepto de Desarrollo Sostenible<sup>20</sup> se aplica al ámbito económico así como al ambiental y además es uno de los objetivos de los biocombustibles, el que se tienen que producir de manera sostenible, por esa razón es que la comunidad internacional, preocupada por el daño ambiental así como por el abasto energético, se ha dado a la tarea de buscar soluciones viables y a

<sup>15</sup> Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Ésta conferencia se llevo a cabo en Estocolmo del 5 al 16 de junio 1972.

<sup>16</sup> La Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo se creó en 1984, se constituyó para evaluar los avances de los procesos de degradación ambiental y la eficacia de las políticas ambientales, después de tres años de investigación se dio a conocer el documento llamado “Nuestro futuro Común”, conocido también como informe Brundtland.

<sup>17</sup> Moreno plata, Miguel, Op. Cit. Nota 14, p.78. En el glosario de términos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) se adopta la misma definición.

<sup>18</sup> *Ibidem*. p.79

<sup>19</sup> *Ibidem*, p.81

<sup>20</sup> La legislación mexicana hace mención al término Desarrollo Sustentable como La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos artículo 1, en este trabajo se toma el término de Desarrollo Sostenible debido a cuestiones semánticas, en el diccionario de la Real Academia Española el termino sustentable es definido como: “Que se puede sustentar o defender con razones”. Mientras que la definición de sostenible es: “Dicho de un proceso: Que puede mantener por sí mismo, como lo hace”; por lo anterior se toma el término sostenible además que en la legislación internacional se toma en cuenta el termino Desarrollo Sostenible.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

corto plazo para evitar el cambio climático y no depender tanto de los combustibles fósiles.

**Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.**

Uno de los primeros esfuerzos para reducir el cambio climático se da en Nueva York en 1992 con la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Convención de Cambio Climático), que se firma en la cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro el mismo año,<sup>21</sup> en dicha Convención se plantea como objetivo “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.”<sup>22</sup>

De acuerdo con la misma Convención estos niveles deberían alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, así como asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de una forma sostenible.<sup>23</sup> Por lo anterior podemos mencionar que la Convención de Cambio Climático no fue realizada para detener el fenómeno del cambio climático, sino que fue elaborada para que los ecosistemas se adapten naturalmente a este cambio, así como para asegurar que la producción alimentaria no se vea amenazada por la implementación de mecanismos para evitar el cambio climático.

Una particularidad de la Convención de Cambio Climático es que alude a las responsabilidades comunes pero diferenciadas,<sup>24</sup> este principio del Derecho Internacional se traduce en que todos los países son responsables del fenómeno del cambio

climático pero no lo son en la misma medida,<sup>25</sup> es decir que no todos contaminan de la misma manera. Por ejemplo un país en vías de desarrollo, como México, no contamina igual que un país industrializado como Estados Unidos o Rusia, por lo anterior la misma Convención hace una distinción entre los países desarrollados<sup>26</sup> que constituyen el 75 % de las emisiones antropógenas de Gases de Efecto Invernadero, de los que no lo son, es decir los países en vías de desarrollo, a pesar que son más países, sus emisiones de GEI son más bajas que las de los países desarrollados.

Por lo anterior la Convención de Cambio Climático estableció una serie de compromisos para los Estados contratantes, entre los cuales podemos destacar que los países deben “elaborar, actualizar periódicamente, publicar (...) inventarios nacionales de emisiones antropógenas”<sup>27</sup> así como formular, aplicar y actualizar programas nacionales y según proceda regionales.

Es importante mencionar que a los países en vías de desarrollo (como México) “solo se les podría exigir la adopción de políticas y medidas de mitigación cuando estuvieran disponibles los recursos financieros y las tecnologías que para ese propósito deben facilitar los países industrializados”,<sup>28</sup> es decir que los países desarrollados deberían ayudar con recursos financieros y con transferencia de tecnología a los países en vías de desarrollo, para alcanzar los compromisos adquiridos y mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

<sup>21</sup> Cruz Zamorano, Alma Rosa, “Cambio Climático, Protocolo de Kioto y bonos de carbono”, *Comercio Exterior*, Vol. 57, núm.5, mayo 2007, p. 420

<sup>22</sup> Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

<sup>23</sup> Idem.

<sup>24</sup> Artículo 4, Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

<sup>25</sup> Cfr. López-Bassols, Hermilo, *Derecho internacional público contemporáneo e instrumentos básico*, segunda edición, México, editorial Porrúa, 2003, pp. 306-307.

<sup>26</sup> Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. En este listado se encuentra países como Estados Unidos, Canadá, Alemania, Japón, Rusia entre otros.

<sup>27</sup> Artículo 4, párrafo 1 inciso (a) de la Convención de Cambio Climático

<sup>28</sup> Angles Hernández, Marisol, “Hacia la consolidación del protocolo de Kioto y el control de los gases de efecto invernadero”, *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, Vol. II, 2002, p. 234

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

Podemos mencionar que la “Convención tiene como principal motor la cooperación internacional al reconocer que el problema del cambio climático no se resolverá a través de estrategias nacionales, que es necesario la participación de todos los gobiernos para la adopción de una estrategia mundial contra este problema.”<sup>29</sup>

**Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.**

Como órgano supremo de la Convención de Cambio Climático se creó la Conferencia de las Partes (CP), su función primordial es la vigilancia y supervisión de la aplicación de la Convención y de sus instrumentos conexos.<sup>30</sup> En la tercera Conferencia de las Partes celebrada en Kioto Japón en 1997 se adoptó el llamado Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Protocolo de Kioto), para que éste entrara en vigor se necesitaba la firma de por lo menos 55 países, de los cuales lo debían ratificar países desarrollados, enlistados en el Anexo I del Protocolo, que sus emisiones fueran de por lo menos 55 % de las emisiones totales de GEI.<sup>31</sup>

El Protocolo de Kioto entró en vigor en 2005 tras la ratificación de la Federación Rusa, es importante mencionar que Canadá y México firmaron y ratificaron el Protocolo, pero Estados Unidos que es uno de los países que más contamina lo firmó desde 1998 pero aun no lo ha ratificado.<sup>32</sup>

El Protocolo de Kioto establece los compromisos de limitación y reducción de GEI para los países

desarrollados (o países enlistados en el Anexo I del Protocolo), uno de estos compromisos, es que los países se obligan a reducir sus emisiones de GEI<sup>33</sup> a un nivel de por lo menos 5% respecto de los niveles del año 1990, lo anterior se debe cumplir en un primer periodo compromiso comprendido de 2008 a 2012 de acuerdo con el Protocolo.<sup>34</sup>

Los países no enlistados en el Anexo I (o países en vías de desarrollo), no tienen compromisos cuantitativos, pero sí deben formular inventarios anuales de GEI e implementar programas de mitigación de emisiones, así como se pueden aprovechar del mercado de reducción de emisiones, contenidos en el Protocolo, por medio del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), en este Mecanismo pueden participar los países en vías de desarrollo. El Protocolo de Kioto prevé otros mecanismos en los cuales solo se pueden beneficiar los países desarrollados, tales mecanismos son: el Mercado de Permisos de Emisión Trasferibles y el Mecanismo de Implementación Conjunta, por medio de los cuales los países Anexo I pueden alcanzar sus metas de reducción de emisiones.

El MDL se creó con el propósito de ayudar a los países no Anexo I a lograr un desarrollo sostenible, al mismo tiempo que ayuda a los países en listados en el Anexo I a dar cumplimiento con sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones.<sup>35</sup>

En pocas palabras el MDL permite a los países Anexo I, a responder a sus compromisos a través de proyectos que se lleven a cabo en países en vías de desarrollo que reduzcan la emisión de GEI, como pueden ser los proyectos de utilización de energías renovables y biocombustibles, este tipo de cooperación entre países puede traer beneficios para ambos, por un lado ayuda a alcanzar las metas de reducción para un país y por el otro se obtiene un beneficio económico al crear proyectos de reducción

<sup>29</sup> Trejo García, Elma del Carmen, Estudio de Derecho Comparado y Marco Jurídico Internacional sobre biocombustibles/bioenergéticos, Servicio de Investigación y Análisis, Subdirección de Política Exterior, Cámara de Diputados LX Legislatura, p. 11. disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/spe/SPE-ISS-08-07.pdf>

<sup>30</sup> Artículo 7, Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

<sup>31</sup> Artículo 25, Protocolo de Kioto.

<sup>32</sup> Consultado el 8 de Septiembre de 2011, Disponible en: [http://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/status\\_of\\_ratification/application/pdf/kp\\_ratification.pdf](http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf)

<sup>33</sup> tales como: Dióxido de carbono, Metano, Óxido nitroso, Hidrofluorocarbonos, Perfluorocarbonos y Hexafluoruro de azufre

<sup>34</sup> Artículo 3, Protocolo de Kioto.

<sup>35</sup> Artículo 12, Protocolo de Kioto.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

de GEI al vender los Certificados de Reducción de Emisiones a los países desarrollados por medio del Mecanismo.<sup>36</sup>

A primera vista el MDL es una muy buena solución para reducir las emisiones de GEI y evitar el problema del cambio climático, pero un problema que podemos ver es que no es un “mecanismo de reducción del CO2 atmosférico, sino un mecanismo neutralizador: no impide que los países desarrollados sigan emitiendo, sino que permite que los proyectos puestos en marcha compensen las nuevas emisiones.”<sup>37</sup> Por lo anterior podemos mencionar que por medio de este Mecanismo los países Anexo I, podrían no hacer proyectos locales de reducción de emisiones y pagar por los proyectos que se hagan en países no Anexo I, dando la posibilidad de que sigan contaminado como hasta ahora lo hacen.

### Biocombustibles y TLCAN

Sin embargo, podemos decir también que el MDL es una medida para contribuir a la cooperación entre países desarrollados y los países en vías de desarrollo. Así mismo el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) es el primer tratado comercial que acorde a los principios de la Conferencia de Río de 1992, señala como uno de sus objetivos el desarrollo sostenible.<sup>38</sup>

El proceso de negociación del TLCAN inició en 1992, buscaba crear una región económica con la fuerza suficiente para poder hacer frente a los retos del nuevo orden económico mundial posterior al fin de la guerra fría, en el que Europa presentaba un cierto grado de integración comercial. El siguiente paso era crear un bloque comercial que pudiera representar los intereses de los países líderes de América (Canadá y E.U.A.) y por supuesto contar

con el apoyo y liderazgo de México, que en ese entonces aun representaba una postura similar y gran parte de los intereses comunes a los países de América Latina.

Entre los objetivos principales del TLCAN se encontraban: la creación de un área de libre comercio, así como detonar el primer proceso de integración en América, así como cubrir ciertas disciplinas como servicios, inversiones, mercancías, propiedad intelectual, compras del sector público entre otras. Dentro de las cuales los biocombustibles tienen estrecha relación con la inversión, la propiedad intelectual y el comercio de servicios.

En cuanto a las disposiciones del TLCAN relacionadas con el medio ambiente encontramos el artículo 104 que establece la relación con tratados en materia ambiental, y en materia de energéticos el TLCAN tiene el capítulo VI (energía y petroquímica básica), que deberán ser tomados en cuenta para la comercialización de biocombustibles y en dado caso para la inversión en proyectos de este tipo.

### Conclusiones.

A diferencia del petróleo, la biomasa puede producirse casi en cualquier región geográfica del planeta y no se tendría que depender de los países productores de petróleo para el abasto energético a nivel mundial.

El uso de biocombustibles es, por todo lo mencionado, menos dañino y más amigable con el medio ambiente que los combustibles convencionales, aunado a que el precio de estos últimos va en aumento día con día debido al aumento de su demanda y disminución de su oferta (por ser recursos finitos).

La comunidad internacional preocupada por el cambio climático ha elaborado instrumentos de

<sup>36</sup> Idem.

<sup>37</sup> Kreisler, Isabel, “Mecanismos de Desarrollo limpio y cooperación al desarrollo: reto y oportunidad”, *Revista española de desarrollo y cooperación*, no. 13, año 2004, p. 22

<sup>38</sup> Párrafo décimo tercero del preámbulo del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

ayuda y cooperación para evitarlo, así como para mitigar las emisiones de GEI.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es un incentivo para la cooperación entre países desarrollados y los países en vías de desarrollo, al lograr que unos alcancen sus metas de reducción de GEI y los otros logren un mayor desarrollo con la transferencia tecnológica y la ayuda económica que recibirían por los proyectos de reducción que realicen.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es un instrumento que pueden aprovechar los países de la región de América del Norte, específicamente México se puede beneficiar con los proyectos de reducción y la venta de los Certificados de Reducción de emisiones a Estados Unidos o Canadá y estos últimos con la compra de tales certificados lograrían alcanzar sus metas de reducción para el año 2012.

**Fuentes de consulta**

Ángeles Hernández, Marisol, "Hacia la consolidación del protocolo de Kioto y el control de los gases de efecto invernadero", *Anuario Mexicano de Derecho Internacional*, Vol. II, 2002

Balance Nacional de Energía 2008, Secretaría de Energía, Dirección General de planeación Energética, 2009. Disponible en: [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/Balance\\_2008.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Balance_2008.pdf)

Burguete Stanek, Leopoldo, "Cambio climático: aspectos y consideraciones legales del tema", *Tendencias del Derecho Ambiental*, México, agosto-septiembre, año 4, 2007, número 20

Cruz Zamorano, Alma Rosa, "Cambio Climático, Protocolo de Kioto y bonos de carbono", *Comercio Exterior*, Vol. 57, núm.5, mayo 2007

Godínez Rosales, Rodolfo, "México y el régimen futuro del cambio climático", *Tendencias de Derecho*

*Ambiental*, Derecho Ambiental y Ecología, México, febrero-marzo, año 4, 2007, número 17

Kreisler, Isabel, "Mecanismos de Desarrollo limpio y cooperación al desarrollo: reto y oportunidad", *Revista española de desarrollo y cooperación*, no. 13, año 2004

López-Bassols, Hermilo, *Derecho internacional público contemporáneo e instrumentos básico*, segunda edición, México, editorial Porrúa, 2003

Martínez F., Julia, Altamirano del C., Miguel Ángel, et. Al., "La adaptación al cambio climático en México", *Tendencias del Derecho Ambiental*, México, febrero-marzo, año 4, 2007, número 17

Moreno Plata, Miguel, *Génesis, evolución y tendencias del paradigma del desarrollo sostenible*, Editorial Miguel Ángel Porrúa, México, 2010

Renewable Status Report, 2009 p. 9 disponible en: [http://www.unep.fr/shared/docs/publications/RE\\_GS\\_R\\_2009\\_Update.pdf](http://www.unep.fr/shared/docs/publications/RE_GS_R_2009_Update.pdf)

Trejo García, Elma del Carmen, Estudio de Derecho Comparado y Marco Jurídico Internacional sobre biocombustibles/bioenergéticos, Servicio de Investigación y Análisis, Subdirección de Política Exterior, Cámara de Diputados LX Legislatura, p. 11. disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/cedia/sia/spe/SPE-ISS-08-07.pdf>

## Reforma constitucional y seguridad alimentaria

María Guadalupe Peña González <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Derecho, UNAM

### Contexto.

Resulta una constante en las noticias ver y escuchar sobre la hambruna en algún lugar de África, ocasionada la mayor de las veces por los desplazamientos étnicos de las guerras tribales. Pero no es la única causa ya que durante décadas se aplicaron políticas neoliberales orquestadas desde organismos multilaterales tales como el FMI y el BM, obligando a los gobiernos a implantar medidas que en mucho nada tenían que ver con su entorno y menos con su población. Resulta entonces que la disyuntiva se convierte en una calle sin salida. Y a pesar de ello, están muy lejos de cumplirse los compromisos adoptados para satisfacer las necesidades de alimentación de los pueblos. El hambre y la desnutrición son el resultado de excluir a millones de personas del acceso a bienes y recursos productivos tales como la tierra, el bosque, el mar, el agua, las semillas, la tecnología y el conocimiento. Son, ante todo, consecuencia de las políticas económicas, agrícolas y comerciales a escala mundial, regional y nacional impuestas por los poderes de los países desarrollados, sus corporaciones transnacionales y sus aliados en el Tercer Mundo, en su afán de mantener y acrecentar su hegemonía política, económica, cultural y militar en el actual proceso de reestructuración económica global.

La Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria, organizada por la FAO en Roma en 2009, dejó un sabor amargo sobre todo porque la declaración final no contiene los compromisos concretos de aportación de los fondos que son necesarios para avanzar hacia la erradicación del hambre, un objetivo urgente parece alejarse. Por lo que ni siquiera está claro que pueda alcanzarse el objetivo del milenio de reducir a la mitad, para 2015, el número de personas que padecen hambre. Para

eliminar el hambre sólo hace falta voluntad política. Algunos países lo hicieron, lo que muestra que es posible: Armenia, Brasil, Nigeria y Vietnam son ejemplos de éxito que pueden ser analizados. En especial, el caso de Brasil; “Hambre cero” expresa con dignidad el único objetivo que habríamos tenido que definir, en vez de perseguir la corta meta de “reducción a la mitad”.<sup>1</sup>

La soberanía alimentaria se demuestra como la mejor alternativa para acabar con el hambre en el mundo. Se trata de devolver el control de las políticas agrícolas y alimentarias a los sectores populares, así como su acceso a la tierra y a los bienes comunes (agua, semillas). Es una nueva alternativa para erradicar el hambre, la malnutrición; garantizar la seguridad alimentaria duradera y sustentable para todos los pueblos.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> “Hambre Cero, apuesta de Brasil”, en BBC Mundo, 2 de junio de 2003, [http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/latin\\_america/newsid\\_2955000/2955908.stm](http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/latin_america/newsid_2955000/2955908.stm)

<sup>2</sup> Por lo que se entiende por soberanía alimentaria el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población, con base en la pequeña y mediana producción, respetando sus propias culturas y la diversidad de los modos campesinos, pesqueros e indígenas de producción agropecuaria, de comercialización y de gestión de los espacios rurales, en los cuales la mujer desempeña un papel fundamental. Garantiza el acceso a una alimentación sana y suficiente para todas las personas, principalmente para los sectores más vulnerables, como obligación ineludible de los Estados y el ejercicio pleno de derechos de la ciudadanía. No se contradice con la modernidad e integra el comercio internacional si ésta no excluye de sus derechos a la humanidad. Es decir, sienta las bases de la economía nacional en la producción interna, contemplando la sustentabilidad de economías campesinas y empresas nacionales, generando fuentes de trabajo e incluye el intercambio comercial internacional.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

**Reforma constitucional en México, 2011.**

El año 2011 será recordado por la gran reforma constitucional en materia de derechos humanos, ya que no sólo con el cambio de denominación al Capítulo Primero a “De los Derechos Humanos y sus Garantías”, se revistió de rango constitucional a los derechos humanos sino que dio pie a que, posteriormente el Pleno de la Cámara de Diputados aprobará una reforma que eleva a rango constitucional el derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. Fue así que con 404 votos a favor y cuatro abstenciones se reformaron los artículos 4 y 27.

En el artículo 4 se adiciona que “toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El estado lo garantizará”. En el artículo 27 se adiciona que “El desarrollo rural integral y sustentable a que se refiere el párrafo anterior también tendrá entre sus fines que el Estado garantice el abasto suficiente y oportuno de los alimentos básicos que la ley establezca”.

El derecho a la alimentación adecuada es un componente fundamental para el goce de los demás derechos humanos, incluido el derecho a un nivel de vida adecuado. Las modificaciones en la Constitución representan un avance en la realización progresiva del derecho a la alimentación para la población mexicana.

Esta reforma representa un paso hacia adelante en el cumplimiento de las obligaciones internacionales que el Estado Mexicano ha suscrito en las últimas décadas. El derecho a una alimentación adecuada se encuentra plasmado en diversos instrumentos internacionales, como la Declaración Universal de Derechos Humanos (artículo 25); el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC, artículo 11); el Protocolo adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (artículo 11); La

Convención de los Derechos del Niño (Artículo 24); la declaración sobre el Derecho al Desarrollo (Artículo 8); La Declaración Mundial sobre Nutrición; la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial, la Declaración Universal sobre la Erradicación del Hambre y la Malnutrición entre otros.

Elevar a rango constitucional el derecho a una alimentación adecuada se traduce en la obligación del estado a garantizar la disponibilidad de alimentos en cantidad y calidad, para satisfacer las necesidades alimentarias de la población.

El pasado junio estuvo en México el Sr. Olivier de Schutter, relator especial de las Naciones Unidas sobre el Derecho a la Alimentación, quien en una misión oficial visitó poblaciones de los estados de Jalisco, Chiapas, Nayarit y San Luis Potosí; se reunió con representantes de comunidades rurales, organizaciones de la sociedad civil y con autoridades de los tres niveles. Derivado de dichos encuentros, emitió un informe en el que menciona que en México persisten condiciones que hacen todavía lejana la meta de reducción del hambre. En dicho informe enfatiza que los avances no han sido iguales y el nivel de privación en el goce del derecho a la alimentación todavía es grave en gran parte de la población. Esto sin mencionar, las diferencias marcadas y persistentes en los indicadores respecto a la población indígena y la no indígena, en los cuales el problema constante es la malnutrición infantil.

Por lo que recomendó establecer en México una estrategia nacional a partir de cuatro ejes:

1. Mayor apoyo a la producción agrícola, a fin de asegurar la disponibilidad de alimentos.
2. Garantizar mayor accesibilidad a la alimentación, combatiendo la pobreza rural y urbana mediante programas sociales, con protección de los derechos de los trabajadores,

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

proyectos de desarrollo a gran escala y promoción de las ciudades rurales sostenibles.

3. Una alimentación adecuada, que redunde en la ingesta de dietas saludables.
4. Sustentabilidad, que garantice el futuro alimentario en México.

Cabe recordar que la ONU considera el acceso a "los alimentos esenciales y suficientes, nutricionales y adecuados" y el derecho humano "al agua suficiente, segura, aceptable y físicamente accesible"; como un solo derecho, el derecho a la alimentación, es así que emite la Observación General 12 y 15.

Parte del texto de la Observación General No. 12 señala:

(8) El Comité considera que el contenido básico del derecho a la alimentación adecuada comprende lo siguiente:

- la disponibilidad de alimentos en cantidad y calidad suficientes para satisfacer las necesidades alimentarias de los individuos, sin sustancias nocivas, y aceptables para una cultura determinada;

- la accesibilidad de esos alimentos en formas que sean sostenibles y que no dificulten el goce de otros derechos humanos.<sup>3</sup>

Es decir, la disponibilidad significa la presencia de los alimentos o de las medidas para producirlos en la comunidad y casa, incluso una fuente de agua. La

accesibilidad es la capacidad de obtener alimentos; en muchos países es un problema más grande que la disponibilidad de alimentos. La seguridad significa que todo el tiempo hay la accesibilidad y la disponibilidad a los alimentos, tanto ahora como en el futuro.

Respecto a la Observación General No. 15, el Comité señala:

"... En el párrafo 1 del artículo 11 del Pacto se enumeran una serie de derechos que dimanen del derecho a un nivel de vida adecuado, "incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados", y son indispensables para su realización. El uso de la palabra "incluso" indica que esta enumeración de derechos no pretendía ser exhaustiva. El derecho al agua se encuadra claramente en la categoría de las garantías indispensables para asegurar un nivel de vida adecuado, en particular porque es una de las condiciones fundamentales para la supervivencia.

Además, el Comité ha reconocido anteriormente que el agua es un derecho humano amparado por el párrafo 1 del artículo 11 (véase la Observación general Nº 6 (1995)). El derecho al agua también está indisolublemente asociado al derecho al más alto nivel posible de salud (párrafo 1 del artículo 12) y al derecho a una vivienda y una alimentación adecuadas (párrafo 1 del artículo 11). Este derecho también debe considerarse conjuntamente con otros derechos consagrados en la Carta Internacional de Derechos Humanos, en primer lugar el derecho a la vida y a la dignidad humana."<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Véase Observación General No. 12 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. El derecho a una alimentación adecuada (artículo 11), 12 de mayo de 1999.

<sup>4</sup> Véase Observación General No. 15, El Derecho al agua (artículos 11 y 12 Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales), 11- 29 de noviembre de 2002.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

**¿Qué es la seguridad alimentaria?**

La búsqueda de la seguridad alimentaria (evitar el hambre y la hambruna) es tan antigua como la sociedad civil, a su vez resultado y contribución al proceso de desarrollo de los pueblos. Sin embargo, la seguridad alimentaria como concepto data de los años setenta; el origen del término se remonta a la Conferencia Mundial sobre la Alimentación de 1974, tras la cual el enfoque doctrinal evolucionó desde la Seguridad Alimentaria Nacional (SAN) a la Seguridad Alimentaria Familiar (SAF), correspondiendo cada una de ellas a una comprensión diferente de las causas del hambre. La SAN alude a la existencia de suministros alimentarios per cápita suficientes para cubrir las necesidades de un país (esto es, a la garantía de una oferta media suficiente para cubrir la dieta de la población existente, para que no se dé la malnutrición), mientras que con la SAF se desagrega el abastecimiento alimentario en unidades más pequeñas y se tiene en cuenta que las causas del hambre radican en la pobreza y falta de capacidades de acceso.

Pero desde mediados de los ochenta, se observó que existían más factores que señalaban que seguía habiendo hambrientos a pesar de que la escasez mundial de alimentos se había evaporado. Era obvio que la disponibilidad de alimentos era únicamente una condición más para su ulterior consumo, y la raíz del hambre y la malnutrición pasó a achacarse a la falta de acceso familiar/ individual objetivamente mensurable (según unas necesidades físicas objetivas) a los alimentos (SAF). La nueva postura ganó adeptos, sobre todo tras la publicación en 1981 de la obra de Amartya Sen: *Poverty and Famines: An Essay on Entitlement and Deprivation*; aunque también contribuyó la elaboración de estudios nutricionales. Otra definición de seguridad alimentaria vio la luz “access by all people at all times to enough food for an active, healthy life”.

En este momento, el concepto de seguridad alimentaria se desmenuzaba en tres elementos que

debían darse a la vez: cuando todo individuo tiene acceso en todo momento a suficientes alimentos para poder llevar una vida activa y sana. El término acceso remitía a la teoría de las titularidades o “entitlements” de Amartya Sen. De este modo, podían clasificarse los derechos de acceso en función del uso que cada individuo hiciese de los recursos de los que disponía: directo (producir alimentos para uno mismo), o indirecto (adquisición de alimentos a través de intercambios -de su trabajo o producción-, permutas -trabajo por alimentos o por dinero- o donaciones). El uso de los recursos admitía combinaciones limitadas en número, de modo que “entitled” a la persona a un determinado paquete de bienes (incluidos los alimentos); por tanto, los insumos a los que uno tenía acceso estaban condicionados por los recursos iniciales que poseyese, es decir, por su pobreza. Pero la cantidad de alimentos también dependía del momento y del entorno económico, institucional y ecológico.

La expresión “en todo momento” aludía a la seguridad o garantía de poder acceder a alimentos suficientes, la cual estaba relacionada con el riesgo de que fracasase el “entitlement to food” en el presente o en el futuro. Dentro de esta perspectiva temporal, la literatura distinguía entre inseguridad alimentaria crónica (constante riesgo de no poder satisfacer sus propias necesidades alimenticias o las de su familia) y temporal (descenso temporal a corto plazo de la seguridad relativa al “entitlement to food”, a menudo cíclica - en épocas o intervalos determinados-). Se postulaba que a menudo la segunda desembocaba en inseguridad alimentaria crónica, y la probabilidad de esa transición dependía de la vulnerabilidad del sistema de seguridad alimentaria de cada uno. La vulnerabilidad es el alcance hasta donde un sistema de seguridad alimentaria resiste los riesgos, y, a su vez, viene determinada por la interacción entre la sensibilidad (la intensidad del cambio producido tras un shock, la reacción tras un shock exógeno o endógeno y positivo o negativo esto es, el deterioro tras un cambio negativo o la mejora tras un shock positivo) y la elasticidad o capacidad de recuperación (posibilidad y velocidad de recuperación, medida hasta la que se puede absorber o asimilar el shock o impacto) del sistema, siendo menos vulnerables aquellos sistemas muy elásticos y poco sensibles.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

Y en cuanto a la suficiencia, ésta podía serlo por cantidad (energía ingerida) y por calidad (micronutrientes).

En 1996, se celebró la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, en la que se aprobaron la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y el Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, así como el objetivo de que cinco años después, se conseguiría la seguridad alimentaria para todos a través de un esfuerzo por erradicar el hambre en todos los países; y con el afán de cumplir también con uno de los compromisos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). En el contexto de esta Conferencia de Alto Nivel se reiteró que los alimentos no deberían utilizarse como instrumento de presión política y económica.<sup>5</sup>

Con el propósito de garantizar la seguridad alimentaria mundial teniendo en cuenta que el impacto del cambio climático podría ser uno de los desafíos más grandes a los que nos enfrentamos en este siglo; ya que más de 860 millones de personas de todo el mundo sufren hoy el hambre; de estos, unos 830 viven en países en desarrollo, los mismos países que se espera que sean los más afectados por el cambio climático.

A principios de junio de 2008, los líderes mundiales y los representantes gubernamentales se reunieron en Roma para hablar de estos desafíos y para crear modos de proteger a las poblaciones más vulnerables del mundo. La “Conferencia de Alto Nivel sobre Seguridad Alimentaria Mundial: los Desafíos del Cambio Climático y la Bioenergía” se

inauguró en la sede de la FAO, en Roma, Italia, el 3 de junio de 2008. Durante los tres días de eventos, cuarenta y dos jefes de Estado y de gobierno, cien ministros de alto nivel, sesenta organizaciones no gubernamentales y de la sociedad civil de ciento ochenta y un países miembros hablaron de los desafíos que el cambio climático, la bioenergía y el aumento de los precios de los alimentos planteaban a la seguridad alimentaria mundial.

Después de una importante discusión y de las negociaciones, la Conferencia clausuró con la aprobación por aclamación de una declaración en la que se pedía a la comunidad internacional que incrementara la asistencia a los países en desarrollo, en concreto, a los países menos desarrollados y a los que sufren más negativamente los altos precios de los alimentos.

La oportunidad de la Conferencia fue reconocida ampliamente por los participantes, y los países estuvieron de acuerdo en que los asuntos de los alimentos, la energía y el cambio climático están muy relacionados entre sí. Aunque se presentaron muchos análisis, hubo acuerdo general en que otra vez la agricultura tenía un papel importante en la agenda internacional, y que sería crucial incrementar la inversión y mejorar la productividad agrícola. Aunque la Conferencia no era una conferencia prometedora, muchos donantes anunciaron firmes contribuciones económicas destinadas a los países más afectados por la crisis mundial de alimentos.

Después de los compromisos conseguidos en la Conferencia, la Iniciativa sobre la subida de los precios de los alimentos, emprendida en diciembre de 2007, continúa creciendo. Ahora, la Iniciativa abarca cincuenta y cuatro países, se centra en las poblaciones más vulnerables. La iniciativa es trabajar principalmente con los pequeños agricultores para asegurar a corto plazo el éxito de las próximas siembras y para aumentar a largo plazo la producción de alimentos con mejores semillas y fertilizantes.

---

<sup>5</sup> Preámbulo de la Declaración de la Conferencia de Alto Nivel sobre la seguridad alimentaria mundial: los desafíos del cambio climático y la bioenergía, 5 de junio de 2008, Roma, Italia. Documento consultado en la página oficial de la FAO, [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/foodclimate/HLCdocs/declaration-S.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/declaration-S.pdf)

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

**Proyecto de ley de planeación para la soberanía y la seguridad alimentaria y nutricional.**

Ligada a la reforma constitucional considero pertinente se retome este Proyecto de Ley, ya que su promulgación reforzaría y de hecho, respaldaría el respeto y aplicación del derecho a la alimentación. Con fecha 7 de noviembre de 2005 se presentó al Pleno de la Cámara de Diputados la iniciativa que crea la Ley de Planeación para la Soberanía y Seguridad Agroalimentaria y Nutricional. El 30 de marzo de 2006 se aprobó el dictamen de dicha iniciativa por la mayoría absoluta y turnada al Senado de la República, donde se encuentra estancada.

Dicho proyecto significa replantear los temas del campo mexicano a partir de la creación de nuevos instrumentos institucionales para darle certidumbre al desarrollo del sector rural de nuestro país. Al mismo tiempo se exige la revisión de convenios comerciales internacionales como el Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN) y el Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea (TLCUEM) con la finalidad de que haya una mayor protección para nuestro país, toda vez que los subsidios indiscriminados a la agricultura por parte de nuestros socios comerciales constituye, en la práctica, una competencia abusiva y desleal en contra de los productores rurales y campesinos mexicanos.

Como ejes centrales de la Ley se establece que:

- 1) La agricultura constituye una actividad sustancial para la existencia de nuestra Nación y su razón de ser, es la producción de alimentos.
- 2) El derecho a la alimentación y la nutrición, son derechos humanos fundamentales de la población, porque de ellos dependen dos bienes superiores: la vida y la salud. Por ello, resulta indispensable una ley de planeación específica en esta materia, que dé seguridad a la nación.

3) La rectoría del Estado para el desarrollo económico establecida en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, demanda el fortalecimiento de las responsabilidades públicas ante el mercado y la sociedad, para asegurar la soberanía y seguridad agroalimentaria y nutricional en el corto, mediano y largo plazos.

4) La planeación nacional en esta materia, debe establecer un vínculo coherente y eficaz entre las decisiones gubernamentales, las necesidades de los productores y los requerimientos nutricionales de la población.

5) La planeación para alcanzar y mantener la soberanía y seguridad agroalimentaria y nutricional requiere incorporar de manera explícita la participación de la sociedad en todo el proceso de planeación, a través de las organizaciones sociales como parte importante en el impulso a la democracia directa o participativa.

Es así, que la soberanía alimentaria en dicha propuesta de Ley se define como:

“El derecho de los pueblos a determinar sus políticas sustentables, apropiadas, de producción, abasto y consumo de alimentos para responder efectivamente y con autonomía, al derecho de la población al acceso de alimentos sanos, nutritivos, culturalmente apropiados y suficientes en calidad y cantidad para llevar una vida sana, digna y autónoma, todo esto basado fundamentalmente en la producción nacional diversificada de los campesinos, indígenas y pescadores.”

**Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA- FAO) en México.**

Uno de los pocos intentos serios del gobierno mexicano para enfrentar el problema del hambre en las comunidades marginales, lo constituye el Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

(PESA), apoyado técnica y financieramente por la FAO, que "...tiene como objetivo mejorar la seguridad alimentaria y contribuir a la reducción de la pobreza de manera sostenible en zonas rurales de alta marginación".<sup>6</sup>

El componente principal del proyecto es el de "...responder a las necesidades alimentarias con uso especial de los recursos locales y con criterios de sustentabilidad ambiental, económica y social". El esfuerzo es loable, pero los resultados escasos y muy difíciles de replicar, si no se cuenta con recursos suficientes.

En la evaluación externa del proyecto, las reflexiones de la primera misión técnica de la FAO al Programa Especial de Seguridad Alimentaria, PESA-México,<sup>7</sup> reportan lo siguiente:

"La situación de las comunidades visitadas es impactante en el sentido del desarrollo sostenible. Son comunidades que habían dejado de desarrollarse desde hace mucho tiempo y se han convertido en comunidades productoras de mano de obra para los Estados Unidos. Han recibido mucha ayuda del tipo "bienestar social" que ha generado una cultura pasiva y receptora de bienes por parte del Estado. Como impacto, resultado de ello, se encuentran comunidades sin organización orgánica, sin cultura emprendedora y, sobre todo, dependientes de las remesas externas y de las regalías del Estado. (FAO-RLC)."

Y continúa:

"...La población está en proceso de feminización y envejecimiento sin actividades

<sup>6</sup> Información consultada en el sitio oficial de la SAGARPA, consulta 10 de octubre de 2009, [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)

<sup>7</sup> Cfr. McMillan, Andrew, "La seguridad alimentaria, avances a nivel mundial", en *Memoria del Foro Nacional Sobre Seguridad Alimentaria. En el marco del Día Mundial de la Alimentación*, FAO- SAGARPA-SEDESOL, 14 de octubre de 2004, México pp. 27 y ss.

legítimas rentables; los hogares se encuentran en un estado deplorable... una gran mayoría recibe remesas del exterior y las mujeres juegan un papel preponderante en el manejo de estas remesas... queda un grupo reducido de personas manejando sus recursos dentro del espacio territorial del ejido, manejando un cultivo rentable pero ilegal. Todo ello refleja la real falta de rentabilidad de la economía actual del ejido"<sup>8</sup>

Con referencia al ingreso señala:

"...Un cálculo rápido indica que un emigrante ilegal gana entre US\$800 y US\$1,000 al mes,...cualquier inversión económica tiene que generar un ingreso de aproximadamente de US\$500 mensuales y más, para que un joven opte por quedarse y trabajar en la comunidad. La mayoría de las inversiones propuestas no tienen un enfoque de rentabilidad, y mucho menos un enfoque emprendedor..."<sup>9</sup>

Las reflexiones del evaluador externo destacan una serie de problemas que quienes trabajan en campo y con campesinos, enfrentan de manera cotidiana: El envejecimiento y feminización de la población rural, los efectos negativos de la "política social",<sup>10</sup> los problemas de migración y del uso de las remesas y el narcotráfico y la siembra de estupefacientes.

Pero también hay grupos cada vez más numerosos de campesinos que, en estados como Chiapas, Colima, Guerrero, México, Oaxaca, Puebla, Sonora, Tlaxcala y Veracruz y en el mismo Distrito Federal,

<sup>8</sup> ídem.

<sup>9</sup> ídem.

<sup>10</sup> El Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL) ha demostrado que las medidas de combate a la pobreza no han sido eficientes y, por efecto de las medidas tomadas al respecto, se ha presentado una ruptura social que afecta el desarrollo de los territorios rurales y urbanos. Hay gentes que prefieren vivir mal de las limosnas que da el gobierno y han dejado de trabajar y de producir. Una situación similar se presenta en algunos lugares por efecto de las remesas.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

entre otros, han adoptado a la agroecología como un verdadero movimiento social.

Grupos organizados para la producción orgánica destinada al mercado y para mejorar su alimentación; organizaciones campesinas con capacidad de negociación y con redes extendidas en México y en otros países, mujeres campesinas que rechazan “Oportunidades” si les ponen condiciones que afecten lo que consideran sus libertades personales. Hombres y mujeres que asisten a las “Escuelas de Campo”, que participan en el Movimiento Agroecológico Latinoamericano (MAELA), por hacer referencia a dos componentes de este movimiento social que tienen su sede en Chapingo. Si nuestro problema alimentario no llega a un extremo de crisis, es porque estas mujeres y los hombres que permanecen en el campo de México no han dejado de producir. Pudieran hacerlo más y mejor si tuvieran acceso a mayores recursos.

**Consideraciones respecto al cambio climático.**

El cambio climático es el mayor desafío que debe afrontar hasta la fecha la comunidad internacional en relación con el desarrollo sostenible. Las medidas para hacer frente al cambio climático tienen que ser plenamente compatibles con las ambiciones de más amplio alcance como son el crecimiento económico y el desarrollo humano. Es un desafío que trasciende las fronteras y que exige soluciones no sólo a nivel nacional, sino también a nivel internacional.

Se estima que las temperaturas medias aumentarán más cerca de los polos que del Ecuador, en zonas templadas el calentamiento de un grado provocará desplazamientos de la zona climática de 200 a 300 kilómetros; en los países tropicales el factor limitante son las precipitaciones, un calentamiento del clima reducirá la humedad del suelo, por lo que es

probable que cultivos de zonas áridas sean sensibles a esta relación.<sup>11</sup>

Para el caso de la agricultura, es necesario llevar al mínimo la utilización de insumos externos; es el caso de los agroquímicos, fertilizantes -en particular el nitrógeno-, pesticidas y herbicidas que, además de aportar gases de efecto invernadero (GEI) y destructores de la capa de ozono, contaminan las tierras, los mantos freáticos y los alimentos.<sup>12</sup>

La relación directa entre el uso de agroquímicos y la presencia de niños neonatos con malformaciones y problemas mentales se conoce de tiempo atrás, pero el uso de los agrotóxicos continúa. Se está abusando de la aplicación de insecticidas y herbicidas que están afectando nuestra tierra, nuestra población, nuestros ecosistemas. Consecuencia de la mala aplicación de fertilizantes nitrogenados, resultan las aportaciones del óxido nitroso y otros óxidos de nitrógeno a la atmósfera que representan, como ya se dijo, una excesiva contribución de gases de efecto invernadero, más persistentes que el propio bióxido de carbono. Esto, además de la contaminación de mantos freáticos y de aguas residuales.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Cfr. Torres Torres, Felipe, “Frontera agrícola, alimentación y fragilidad ambiental”, en Delgadillo Macías, Javier, coord., *Los terrenos de la política ambiental en México*, UNAM-IIEc- Miguel Ángel Porrúa, México, 2001, pp. 98 y 99.

<sup>12</sup> Véase también Chambers, W. Bradnee, “Emerging International Rules On The Commercialization Of Geneticresources-The FAO International Plant Genetic Treaty And CBD Bonn Guidelines”, en *The Journal Of World Intellectual Property*, Vol. 6, No. 2, March, 2003, Ginebra, Suiza.

<sup>13</sup> Cfr. Calderón Arózqueta, Rafael, “México, soberanía alimentaria y producción rural en el siglo XXI, ponencia presentada en el Primer Congreso de Egresados, Universidad de Chapingo, 29 y 30 de enero de 2010.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

Reflexiones finales

- El auge de los productos genéticamente modificados, los bioenergéticos, el cambio climático y la monopolización de los mercados son factores que exhiben el mal manejo de los alimentos en perjuicio de los países menos desarrollados.
- La escasez y el uso abusivo del agua dulce son una amenaza para el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. La salud y el bienestar humanos, la seguridad alimentaria, el desarrollo industrial y los ecosistemas de que dependen se hallan en peligro, a no ser que la gestión de los recursos hídricos y el manejo de los suelos se efectúen de forma eficaz a partir de la presente década.
- México cuenta con un adecuado marco normativo que no necesita modificarse, sólo con su cabal cumplimiento y seguimiento se garantizaría un sistema alimentario acorde con las necesidades de su población.
- El Presidente de la República al retomar el estudio de la propuesta de la Ley de Planeación para el Desarrollo Rural y la Soberanía Alimentaria, podría conciliar las distintas posturas y propuestas que el sector rural ha manifestado y lograr así la aprobación del Senado de la República para su posterior entrada en vigor.
- Con la utilización óptima de los recursos naturales de conformidad con los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) se protegería y preservaría el medio ambiente, a favor del desarrollo económico del país.
- El acaparamiento de aguas y tierras con el fin de producir agrocombustibles se debe valorar, ya que en el caso de México, no se pueden sustituir sin un previo estudio de los cultivos ni el uso de suelo originalmente destinado para el autoconsumo.
- La producción en pequeña escala es una forma eficiente para solucionar el problema

alimentario ya que la vuelta a los métodos tradicionales de cultivo asegura alimentos libres de contaminación.

Fuentes de consulta

Eide, Asbjorn, El derecho humano a una alimentación adecuada y a no padecer hambre, en Derechos Humanos. Órgano Informativo de la Comisión de Derechos Humanos del Estado de México. El derecho a la alimentación, Núm. 60, Marzo- abril, Año 2003, disponible en <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/derhum/cont/60/pr/pr21.pdf>

Franch i Saguer, Marta, La seguridad alimentaria: las agencias de seguridad alimentaria, en *Revista de Administración Pública*, No. 159, Septiembre-Diciembre, 2002, Madrid, España.

Kent, George, *Freedom from want: the human right to adequate food*, Georgetown University Press, Washington, 2005. Disponible en [http://www.ryerson.ca/foodsecurity/resources/freedom%20from%20want\\_ebook.pdf](http://www.ryerson.ca/foodsecurity/resources/freedom%20from%20want_ebook.pdf)

Kozolchyk, Borio, *El derecho comercial ante el libre comercio y el desarrollo económico*, Mc Graw Hill, Serie Jurídica, México, 2001.

Montagut, Xavier, *Alimentos globalizados: soberanía alimentaria y comercio justo*, Icaria, Barcelona, 2006.

Muñoz Rubio, Julio, coord., *Alimentos transgénicos- Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*, UNAM- CIICH- Edit. Siglo XXI, México, 2004.

Ortega Cerdá, Miquel y Marta G. Rivera Ferré, Indicadores internacionales de soberanía alimentaria: nuevas herramientas para una nueva agricultura, en *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 14, 2010, Barcelona, pp. 53-77, disponible en [http://www.redibec.org/IVO/rev14\\_04.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev14_04.pdf)

Ortiz Ahlf, Loretta, *Responsabilidad internacional de los Estados*, s/ed., México, 2007.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

Quintero, Ma. Luisa, “El rescate de la soberanía alimentaria como pilar de desarrollo”, ponencia presentada en el *XXVII Seminario de Economía Agrícola del Instituto de Investigaciones Económicas*, UNAM, 2 al 5 de octubre de 2007.

Saldaña Pérez, Juan Manuel, *Comercio internacional. Régimen jurídico económico*, Editorial Porrúa- Universidad Panamericana, México, 2008.

Simon, George- André, “Concepto y gobernanza internacional de la seguridad alimentaria: de dónde venimos y hacia dónde vamos”, en *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, No. 224, 2009. Disponible en Torres Torres, Felipe coord., *Seguridad alimentaria: seguridad nacional*, Plaza y Valdés- IIEc- UNAM, México, 2006.

Trueba, Ignacio, *La seguridad alimentaria mundial: primeras décadas del siglo XXI el papel de la FAO y el PMA*, Universidad Autónoma de Madrid- Cátedra Alfonso Martín, 2002.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

## La agenda gubernamental de cambio climático en México

Abril Guadalupe Pérez Ponciano <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Políticas y Sociales  
UNAM

### Introducción

Llegado el siglo XXI, la humanidad enfrenta serios obstáculos para su supervivencia en la Tierra. La pobreza, las crisis económicas, el autoritarismo y los problemas ambientales son, por mencionar algunos, problemas que conciernen a la sociedad y que sobre todo, afectan su bienestar. En este sentido, innumerables problemas con contextos y causas muy diversas, exigen ser observados por las autoridades y más allá de eso, resueltos.

Uno de los problemas más graves es el cambio climático, el cual es considerado un problema global por sus dimensiones que no solo implican peligros ambientales, sino sociales, económicos y de salud, por mencionar algunos. Las situaciones que resultan representan un potencial riesgo para la estabilidad de los países en su conjunto. Por ello, es imprescindible que el Estado juegue un papel importante en la construcción de políticas públicas que evalúen el impacto, la vulnerabilidad y la adaptación a las repercusiones de los fenómenos climáticos.

### El cambio climático en México

Para comprender el porqué es necesario el estudio de este fenómeno desde el ámbito social y político, necesitamos conocer las afectaciones que trae consigo este problema para la sociedad. Es por ello que en primera instancia me concentraré en el concepto de vulnerabilidad.

De acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático, la vulnerabilidad se refiere al grado en el que un sistema es susceptible y el grado en el que es capaz de enfrentarse a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática extrema. Asimismo, se refiere a la magnitud y tiempo del cambio climático y la variación a los que está expuesto el sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (IPCC: 2007)

Asimismo, la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre. (Kuroiwa Julio: 2002).

Se sabe de antemano que los eventos climáticos extremos ocasionarán daños en la salud física y psicológica de la población afectada y que al mismo tiempo el espacio habitado por ésta se verá dañado en toda su infraestructura. Por esta razón, la vulnerabilidad no radica en una sola característica, sino en un conjunto de ellas y también depende mucho de las políticas públicas eficientes que se enfoquen en mejorar las condiciones de vida.

En este sentido, la primera década del siglo XXI ha sido una de las más dañadas por los impactos del cambio climático. Por ejemplo, entre 1985 y 1994, el número de personas afectadas por todo tipo de tragedias aumentó en promedio a 174 millones al año, y se disparó entre 1995 al 2000 a 254 millones en todo el mundo.

Es ineludible tener en cuenta que nuestro país cuenta con un territorio de 1,972,500Km<sup>2</sup>, se presentan gran diversidad de climas que van desde los cálidos hasta los semifríos y por precipitación desde los húmedos hasta los áridos (Gay: El cambio climático en México). Por tal motivo, dependerá en gran parte de las condiciones orográficas y geográficas en donde se asienta la población, el daño que causarán los fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Aun que las condiciones geográficas son de suma importancia, no basta con tomar en cuenta la situación del territorio, pues existen otros factores aun más substanciales que en su momento determinarán el grado de afectación, la capacidad

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

de adaptación y sobre todo, la capacidad de resiliencia del sistema. Me refiero a las condiciones de vida de la población afectada, entre ellas, el crecimiento demográfico, la planeación de los asentamientos humanos, la situación económica y social.

México es un país con severas deficiencias en todos los aspectos sociales, económicos y ambientales. Tenemos a más del 50% de la población que vive en la pobreza, lo cual significa el acceso restringido a la salud, educación y vivienda por mencionar algunas carencias.

En este contexto, donde existen grandes brechas de desigualdad económica y social se limita la capacidad de adaptación que las personas y las comunidades necesitan para disminuir los daños del cambio climático. De hecho, existe una mutua influencia entre las condiciones de marginación y los efectos potenciales del cambio climático.

Esto se confirma al analizar la marginación por entidad federativa; los datos más recientes indican que Chiapas, Oaxaca y Guerrero presentan un muy alto grado de marginación, mientras que Veracruz, Michoacán, Hidalgo, Puebla, Tabasco, Yucatán y San Luis Potosí poseen un alto grado de marginación. Si a ello se suman los siete estados con marginación media, se tiene que más de la mitad de las entidades federativas enfrentan graves problemas (PNUD: 2 006).

Ahora se sabe que el cambio climático es un fenómeno que trae consigo enormes riesgos y se han proyectado las probabilidades de ocurrencia de eventos climáticos catastróficos. En este sentido, más allá de los valores económicos que puedan asignarse a los impactos o proceso de mitigación es necesario evitar pérdidas humanas y de ecosistemas irreversibles (Galindo: 2009).

El Instituto Nacional de Ecología, ha realizado serias investigaciones al respecto de los posibles efectos del cambio climático. Algunos de los resultados muestran que la agricultura sería una de las actividades más afectadas. Se calcula que la superficie con buenas condiciones para el cultivo de maíz se reducirá; la superficie de cultivo pasará del 40% del territorio nacional a sólo el 2 5% del país, lo que implica que el área total de cultivo de maíz se reducirá en una tercera parte. Esto claramente

afectará la posibilidad de alimentar a una población en aumento (INE: 2010).

Así, la Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco sobre Cambio Climático presentó resultados de las afectaciones en los bosques, zonas costeras y recursos hídricos en nuestro país. De esta manera, se sabe que los bosques, factor clave para la disminución de gases de efecto invernadero serán afectados al aumentar la temperatura, cambiar el ciclo hidrológico (Tercera Comunicación Nacional ante el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático: 2007).

En sus estudios de vulnerabilidad de las zonas costeras, el INE mostró que se presentará mayor vulnerabilidad en Tamaulipas (laguna deltaica del río Bravo), Veracruz (Laguna de Alvarado, río Papaloapan), Tabasco (complejo deltaico Grijalva - Mezcapala-Usumacinta), Yucatán (los Petenes) y Quintana Roo (bahía de Sian Kaán y Chetumal). Esto se debe principalmente a que la mayoría de las costas del Golfo y Mar Caribe son bajas y se encuentran a menos de un metro sobre el nivel del mar (INE: 2010). Además del efecto sobre los pobladores de estas zonas costeras, hay que tomar en cuenta los efectos en el sector turístico, vital en la actividad económica de México.

Una vez determinado las zonas de mayor susceptibilidad ante los fenómenos naturales extremos y comprendiendo que la posición geográfica, así como el nivel de desarrollo socioeconómico, nuestro país es considerablemente vulnerable ante los impactos del cambio climático. Esta situación debería influir al gobierno mexicano para que mejore sus esfuerzos de mitigación y adaptación, así como de respuesta ante los trastornos que se presentarán en el territorio.

El cuarto informe del IPCC presentado en 1 997, se advirtió que el cambio climático tendrá diversos efectos tanto directos como indirectos sobre la salud, la seguridad y el bienestar en general de la población que habita América Latina. Asimismo, el impacto podría tener una mayor magnitud debido al aumento del nivel del mar, a condiciones meteorológicas adversas y a episodios climáticos extremos (por ejemplo, crecidas instantáneas, tempestades, desprendimientos de tierra u olas de frío o de calor), así como los efectos indirectos ocasionados por el impacto en otros sectores, tales

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

como el abastecimiento de agua y alimentos, el transporte, la distribución de energía y los servicios de saneamiento (Dokken, David: 1997).

Tomando en cuenta los efectos anteriores, llámese huracán, sequía o cualquier otro, la capacidad del gobierno para planificar, organizar y crear la infraestructura necesaria, como los servicios de agua, salud y protección civil serán un factor fundamental para la disminución de la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas.

**La contribución de GEI de México**

En México, del total de GEI emitidos en 2009 se considera que el 96.5% es esencialmente dióxido de carbono, mismo que se divide por sectores. El 20.4% corresponde al transporte (autotransporte, aviación y navegación), el 21% concierne a la generación de energía (residencial, comercial y de edificios públicos), el 8 % se genera debido a la manufactura e industria de la construcción (cemento, minas de carbón y químicos), el 6.7% lo genera las emisiones fugitivas (extracción, refinación y producción de petróleo y gas), el 9% corresponde a los procesos industriales, el 9.9% emana de el cambio de uso de suelo y la silvicultura. En cuanto al segundo gas más importante, el metano, se obtuvieron los siguientes resultados, la agricultura produce el 6.4% (fermentación entérica, manejo de estiércol y cultivo de arroz) y los desechos el 14.1% (rellenos sanitarios y aguas residuales).

De acuerdo al INEGEI de 2006, el total de emisiones de CO<sub>2e</sub> en México fue de 709 005.3 millones de toneladas. De las cuales, 492,862.2 pertenecen al CO<sub>2</sub>, 18 5,390.9 al CH<sub>4</sub>, 20,511.7 al N<sub>2</sub>O, 9,586.4 a los HFCs y 654.1 al SF<sub>6</sub> (INEGEI, 2006). De estas cantidades cada uno de los sectores contribuye con su porción, es decir, el sector energético, industrial, agropecuario y residuos coadyuvan a aumentar la emanación de estos gases. Se ha observado que las emisiones de CO<sub>2</sub> en el país provienen principalmente por la quema de combustibles fósiles, USCUS y procesos industriales, además, los sectores con mayor contribución de emisiones de CO<sub>2</sub> son el transporte con 27.2%, la generación eléctrica con 22.8%, manufactura y la construcción con 11 .5% , consumo propio de la industria energética con 7.4%, tierras agrícolas con 7 .3 % y otros (residencial, comercial y agropecuario) con 6.2 % (Cuarta

Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: 2009).

De acuerdo a la figura II del diagrama de emisiones de GEI para México publicada en la Cuarta 2 Comunicación de México ante la CMNUCC, 2009.

Aun que todos los esfuerzos se centran en reducir el nivel de emisiones de Gases en el mundo, hay acciones que México en específico podría poner en marcha, como maximizar la eficiencia en el uso de la energía, minimizar emisiones fugitivas, intensificar el uso masivo de tecnologías de generación eléctrica bajas o neutras en carbono (energías renovables, energía nuclear , así como desarrollar la captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>), minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de suelo y cambio de u so de suelo (PEC C: 2009).

La problemática del cambio climático no es u n tema de moda, sus consecuencias podrían ser devastadoras en las próximas décadas, por ello, es imprescindible comenzar a realizar estrategias que orienten las acciones que se llevarán a cabo para mitigar y adaptarnos a los impactos negativos del cambio climático. Comprender la participación de las distintas fuerzas en la definición de la Agenda es importante, ya que los logros obtenidos definirán el rumbo de las políticas de cambio climático de nuestro país.

**Las políticas públicas de cambio climático en México**

Para un gobierno, una de las más importantes decisiones es la elección de los asuntos en los que actuará, es decir la construcción de su Agenda. Misma que guiará las acciones del gobierno. Se trata de la decisión que compromete a actuar o no al gobierno y, en consecuencia, a poner o no en marcha toda su maquinaria de información, análisis, concertación, legislación, movilización, operación. (Aguilar Luis: 20 07).

En términos generales, las políticas públicas consisten en una decisión gubernamental para implementar pro gramas que benefician a diversos sectores de la sociedad. Corinne Larrue(2000: 20) especifica que la políticas públicas son una concatenación de actividades, decisiones o de medidas coherentes por lo menos en su intención, y tomadas principalmente por los actores del sistema

**Sección V: Gobernanza y aspectos políticos**

político-administrativo de un país con la finalidad de resolver un problema colectivo.

Entonces, la formulación de una política conduce a la elaboración de estrategias y planes definidos. Estos deberán estar encaminados a resolver problemas que debido a su complejidad, se interrelacionarán con actores públicos de distintas índoles y que se expresan a través de leyes y normas que regularán la actuación de instituciones públicas y la sociedad en general. En este mismo sentido, Meny Ives y Thoenig Jean Claude (1992: 94) señalan que se trata de transformar proyectos en efectos o impactos que favorezcan las interacciones sociales.

Para elaborar las políticas públicas es necesario entender que ésta comprende un proceso que se desarrolla por etapas. La primera de estas etapas y una de las más importantes es la construcción de la agenda.

Debido a que este proceso incluye la interacción entre actores, gubernamentales, económicos y sociales, estos deberán a su vez, lograr acuerdos con el fin de alcanzar una integración y coordinación de intereses, disciplinas, instituciones y grupos de expertos.

Por lo anterior, es urgente saber qué actores son los que definen los temas de la agenda pública, cuáles son sus intereses, cómo los colocan en la agenda y cómo los negocian.

Comprender la participación de las distintas fuerzas en la definición de la Agenda es importante, ya que los logros obtenidos definirán el rumbo de las políticas de cambio climático de nuestro país.

Es preciso tomar en cuenta la existencia de distintos actores. Por un lado se encuentra el gobierno federal con sus respectivas dependencias, por otro, la sociedad civil divide en la academia y las organizaciones de la sociedad civil, finalmente, también la iniciativa privada o fuerzas del mercado. Es así como se tiene una amplia gama de actores con intereses diferentes, pero con un sólo objetivo: lograr incidir en la formulación de la Agenda.

Países como Inglaterra, Uruguay y Guatemala, han comenzado a crear una agenda específica sobre cambio climático, y México no debe atrasar más

esta tarea. Es evidente que el proceso de construcción de la Agenda nacional mexicana no se librará de las pugnas entre los diferentes actores interesados para colocar sus intereses con la finalidad de mantener u obtener privilegios.

Particularmente el Estado mexicano, ha comenzado a formular la Agenda sobre Cambio Climático. En principio, el ejecutivo federal estableció en 2005 la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC), la cual tiene como objetivo coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, adaptación a los efectos del cambio climático.

Esta comisión se encuentra integrada por los titulares de las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Economía, Desarrollo Social, Energía, Relaciones Exteriores y Hacienda y Crédito Público.

Además bajo la coordinación del Instituto Nacional de Ecología (dependencia de la SEMARNAT), México ha realizado cuatro Comunicaciones Nacionales y está en proceso la quinta, sobre la situación del cambio climático en nuestro país.

En este mismo contexto también se elaboró la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) la cual fue publicada en el 2007. Esta estrategia puntualizó la plataforma para impulsar la reducción de las emisiones y el desarrollo de proyectos y la creación de capacidades nacionales y locales de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Por su parte, la presente administración del Presidente Felipe Calderón, ha llevado a cabo diversas medidas, entre ellas, la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Este plan considera cinco ejes de acción, entre los cuales se encuentra la sustentabilidad ambiental; no obstante el cambio climático representa un problema de desarrollo y por tanto, las estrategias deberían plantearse como políticas transversales, es decir, en todos los ejes.

Sección V: Gobernanza y aspectos políticos

Diario oficial de la Federación, 25 de abril de 2005. Acuerdo por el que se crea con carácter permanente la CICC.

En última pero no por ello, menos importante, se encuentra la creación del Programa Especial de Cambio Climático 2009 -2012 (PECC), mismo que intenta configurarse como la agenda de cambio climático que ofrece la administración de Felipe Calderón. El PECC, es un instrumento muy valioso que integra las tres grandes áreas del problema que representa el cambio climático: la mitigación, la adaptación y la política transversal.

Estas dimensiones además, abarcan cuatro sectores importantes en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): el uso de energía, la generación de energía, bosques y uso de suelo y los residuos.

Este documento resulta ser un esfuerzo por parte de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático para incorporar las principales fuentes emisoras de GEI, aunque debo decir que las metas para la reducción de estos gases son ambiciosas para un país como México, en el sentido de no contar con los recursos necesarios para alcanzar las metas de mitigación.

A pesar de las acciones para mitigar y adaptarse al cambio climático que han tomado en muchas de las entidades federativas y la administración federal, no se ha logrado integrar una agenda nacional que converja en una alianza como nación para enfrentar los impactos que este fenómeno trae consigo.

### Conclusiones

México requiere no solamente políticas de gobierno, sino políticas de Estado. Para ello, es indispensable garantizar la existencia de estructuras permanentes, darles continuidad, diseñar o consolidar estructuras con efectiva capacidad de acción, promulgar legislaciones que comprometan a los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local) y asegurar la participación ciudadana.

Es trascendental la formulación de políticas públicas que procuren la solución a este problema, es decir, se necesitan acciones gubernamentales para desarrollar capacidades de respuesta, nacionales y locales, ante los impactos previsibles del cambio climático. El cambio climático se ha convertido en un

problema de seguridad nacional que involucra el bienestar físico y psicológico de la sociedad, además de afectar a sus bienes materiales y la infraestructura que coadyuva al desarrollo de la misma. Asimismo, los ecosistemas y los servicios ambientales se tornan perjudicados.

Finalmente, el reto consiste en terminar con la inacción, e impulsar políticas de Estado enfocadas hacia la estabilidad climática y el desarrollo sustentable, que impliquen cambios estructurales en el país con visión prospectiva.

### Fuentes de consulta

Aguilar, Villanueva, Luis F., Problemas públicos y agenda de gobierno, 3era. Edición, Edit. Porrúa, México, 2007

CICC, Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, México 2009

Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, SEMARNAT/INE, México, 2009, 274 pp.

Diario oficial de la Federación, 25 de abril de 2005. Acuerdo por el que se crea con carácter permanente la CICC.

Dokken, David, Resumen para responsables de políticas. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad, Grupo Intergubernamental de Cambio Climático, 1997.

Galindo, Luis Miguel (Coordinador), La economía del Cambio Climático en México. Síntesis, SHCP-SEMARNAT, México, 2009.

Gay García Carlos (Comp), México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. INE-UNAM, US Country Studies Program. México

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., Reinsiger, A. (directores de la publicación)].

Larrue, Corinne, Analyser les politiques publiques d'environnement, L'Harmattan, París, 2000.

**Sección V: Gobernanza y aspectos políticos**

Meny Ives y Thoenig Jean Claude, Las políticas públicas, Ariel, España, 1992

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2006a. Escasez de agua, riesgo y vulnerabilidad. En: Informe sobre Desarrollo Humano 2006 . PNUD.

SEMARNAT, Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2006.

## Crisis rural, cambio climático y pobreza: hacia la búsqueda de alternativas para la definición de políticas públicas en México.

Dolores Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> OXFAM MÉXICO.

### Introducción

¿Estamos llegando tarde a la emergencia por el cambio climático? Diversos indicadores nos dan cuenta de ello cuando observamos una crisis cuyas proporciones cobran múltiples dimensiones, y arrastra como consecuencias el agravamiento de las desigualdades sociales, la pobreza extrema y el hambre, el abandono del campo y el deterioro del medio ambiente.

El modelo de producción y consumo sostenido a lo largo de varios siglos, se revela ante la pronunciación de cada crisis como un modelo insostenible, donde los pobres, los que *menos tienen*, son los principales afectados, y cada vez son más. El hambre se presenta al lado de la muerte como producto de una compleja trama de problemas que implican decisiones políticas inequitativas, efectos del cambio climático sobre la producción de alimentos y especulación económica con los alimentos, entre otros factores no menos graves. Hambre y mala nutrición son dos emergencias que pesan sobre la humanidad en estos días.

En México, la población más vulnerable se encuentra entre los habitantes del campo y la población de las ciudades que vive en situación de alta marginación. Su condición es producto de múltiples fallas en el mundo de vida que parece desmoronarse ante la miseria y la exclusión. Sin embargo, el mundo de vida también se resiste ante ese desgajamiento. Los campesinos mexicanos han sido importantes actores en el curso de la historia nacional, enfrentando procesos como la revolución de 1910, y procurando el trabajo con la tierra para abastecer a la población de alimentos.

En este contexto, es preciso mencionar que en el año 2010, una de cada cuatro habitaba en localidades menores a 2,499 habitantes, es decir, localidades rurales, mientras que el 12.3% de la población económicamente activa, se dedica a las

actividades agropecuarias como principal fuente de ingresos.

De ahí la importancia de impulsar el desarrollo económico y social de este amplio grupo de la población, quienes constituyen el eje de esta ponencia, la cual tiene como objetivo observar los efectos de la crisis multidimensional en el sector rural mexicano, particularmente, atendiendo lo relativo a los productores agrícolas de pequeña escala, para evaluar su incidencia en la seguridad y soberanía alimentaria, estimando al mismo tiempo, el impacto del cambio climático en este medio, a fin de considerar la viabilidad de la producción agrícola y las alternativas y propuestas de adaptación frente al cambio climático.

### Las erosiones en el campo mexicano.

En las últimas décadas, el campo mexicano ha enfrentado una situación de crisis económica, productiva, ambiental y social que ha acentuado la pobreza rural, lo cual plantea un escenario de abandono y atraso en el medio rural, dentro del cual los campesinos tienen un papel marginal en términos de la economía global y el libre mercado que prevalecen como lógica dominante.

Todo lo anterior se enmarca también en la ruptura del pacto corporativo postrevolucionario entre el Estado y los campesinos, y se refleja en la conducción de políticas públicas que han tenido escaso impacto en la reactivación del campo mexicano, donde se prioriza la aplicación de las políticas públicas de tipo asistencial que pretenden atender los efectos de la pobreza, por encima de las políticas que impulsen la producción de los pequeños productores agrícolas.

Así, el territorio nacional se conforma por 194.8 millones de hectáreas, de las cuales 22% son destinadas para la agricultura; de esta proporción, 62% se encuentra bajo la figura de propiedad

privada, y 38% en propiedad social, lo que da un total de 112.7 millones de hectáreas destinadas a actividades agropecuarias y forestales<sup>1</sup>. Asimismo, durante 2010 se reportó que la superficie agrícola en el país ascendía a 30.2 millones de hectáreas, de las 13.9 millones estuvieron ocupadas por cultivos anuales, y 3.7 millones declararon tener actividad agrícola.

En este universo de tierras laborables, solamente 10.8% de los terrenos dispone de sistemas de riego; mientras que 83% es de temporal y 6.2% combina áreas de riego y áreas de temporal. En esta amplia capa de tierra productiva, se encuentran a su vez 3.7 millones de unidades de producción agrícola (UPA) con superficie de 3 hectáreas o menos, lo que significa que en México, 57.9% de las UPA es trabajada por pequeños productores que cuentan con escasa tecnología para la producción.

De igual manera, en estos suelos dedicados a las actividades agrícolas, es posible encontrar una gran heterogeneidad de sujetos, regiones, historias y procesos económicos y sociales que sustentan la estructura agraria y productiva del campo mexicano. A su vez, estos territorios, se distinguen por una amplia diversidad de condiciones geográficas, donde han ocurrido procesos históricos de organización social, económica y política que, en conjunto, a lo largo del tiempo han configurado un panorama desigual en las distintas regiones del México rural<sup>2</sup>.

Estructuralmente, la crisis del campo ha impactado en los estratos marginados de la sociedad, y concretamente en el campo, han sido los pequeños productores campesinos minifundistas, los jornaleros agrícolas con y sin tierra, y los asalariados rurales quienes han vivido las consecuencias de un modelo económico orientado hacia el mercado.

Una muestra de los saldos de la crisis ha sido el paulatino incremento de la dependencia agroalimentaria: la brecha entre importaciones de granos y el total de la producción interna se ha agrandado<sup>3</sup>, mientras el flujo migratorio de los

campesinos hacia las ciudades centrales y transfronterizas ha ido en aumento.

De manera general, los principales problemas que *erosionan* el campo mexicano, pueden clasificarse en los siguientes rubros:

- a) *Económicos y productivos*: entre éstos se encuentra la mala calidad y el bajo rendimiento de la tierra (en otros términos, erosión y degradación de los suelos); la elevación de los precios de los alimentos y la falta de garantías en los precios básicos; la carencia de infraestructura y tecnología para la producción rural; la falta de créditos para la producción; así como la falta de insumos para ingresar en la competencia de los mercados internacionales.
- b) *Sociales y demográficos*: en estos se encuentran la migración y la caída de las remesas enviadas a México; la incidencia del narcotráfico en los patrones de cultivo y posesión de las propiedades agropecuarias, así como la escalada de violencia e inseguridad en el contexto de la estrategia gubernamental de combate al narcotráfico; la pobreza extrema; los bajos niveles educativos; la carencia de servicios públicos en las comunidades rurales; la mala nutrición; la falta de oportunidades escolares y laborales para los jóvenes; y el trato discriminatorio hacia las mujeres a través de prácticas violentas que atentan contra su integridad física y psicológica a nivel familiar y comunitario.

---

importaciones destacan el maíz con 122,159 dólares, haba de soya con 104,194, trigo y morcajo (mezcla de trigo y centeno) con 64,192, entre otras.

En las exportaciones se registran fuertes caídas en alimentos para el periodo de enero de 2009 a enero de 2010, estos rangos van del -42.2% en el caso del azúcar, al -56.5% 76.3 en el caso del aceite de soya. Únicamente se reportan incrementos en lo que respecta a carnes y despojos de aves de corral (76.2%) y productos de cereal tostado inflado (72.6%). Evidentemente, los pequeños productores rurales se encuentran fuera de la competencia comercial para la exportación. Fuente: SAGARPA, Servicio de información agroalimentaria y pesquera, Balanza agropecuaria y agroindustrial, base *Banco de México. Enero de 2010*. Información disponible a abril de 2011 en la dirección electrónica <http://www.siap.gob.mx> Asimismo, mientras que en 1980 la dependencia del país en alimentos era del 15%, en 2009 fue de 42%: 33% del maíz, 50% del trigo, 70% del arroz, 97% de la soya, 20% de la carne de res, 33% de la carne de cerdo, 14% de la carne de pollo, 13% de la leche (Barta, 2010: 53).

<sup>1</sup> Procuraduría Agraria. DVD Estadísticas agrarias 2010. Dirección de investigación agraria. Noviembre de 2010. México.

<sup>2</sup> La complejidad de dicha heterogeneidad, ha sido abordada desde distintos estudios regionales, tales como: Appendini y Torres, 2008; Grammont, 1996; Prud'homme, 1995; y Rubio, 2009, entre otros.

<sup>3</sup> En 2010, la balanza comercial agropecuaria y agroindustrial tuvo un déficit de -286,103 miles de dólares. Del lado de las

- c) Políticos: entre éstos se encuentra la desconfianza ciudadana; los cacicazgos locales; la falta de información política para el ejercicio del voto libre y secreto; y en algunas localidades, la ingobernabilidad asociada a la presencia de grupos armados que actúan fuera de la legalidad.
- d) Ambientales: estos se cuentan como efectos del cambio climático, y pueden presentarse como grandes periodos de sequía y desertificación; inundaciones; aumento de la temperatura; contaminación de ríos, lagunas y mares; pérdida de la biodiversidad; y agotamiento de la calidad de los suelos.

Frente a estas realidades, se han diseñado políticas públicas cuyo alcance atiende más a la asistencia social que al impulso económico productivo de los pequeños productores, con lo cual, en consecuencia, se observa una tendencia hacia el abandono de las actividades agrícolas en pequeña escala, el aumento de la migración, la pobreza extrema, el desgajamiento del tejido social en las comunidades rurales y el agotamiento de la tierra y los recursos naturales en los espacios aledaños a las comunidades.

Aunado a ello, la pobreza se traduce en la carencia de recursos para comprar alimentos; solo durante 2010, al menos uno de cada diez hogares vivió una situación de carencia en el acceso a la alimentación por falta de recursos económicos. Asimismo, es importante mencionar los efectos del cambio climático sobre este amplio grupo poblacional, como a continuación se presenta.

### **Cambio climático e impacto sobre el sector rural.**

Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado desde tiempos preindustriales debido a las actividades humanas, sobretodo, por la implicación de utilizar combustibles fósiles y por los cambios en el uso de suelo para ampliar la mancha urbana. Estos factores, junto a las fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima de la Tierra a lo largo de todo el siglo XX: ha subido la temperatura de la superficie terrestre y marina, han cambiado los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones; se ha elevado el nivel del mar y ha aumentado la frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos llevándolos a niveles extremos. Dichos cambios, sobre todo la elevación de las temperaturas en

algunas zonas, han afectado la reproducción de animales y plantas, provocando cambios en la distribución de las especies y el tamaño de sus poblaciones, así como la aparición cada vez más frecuente de plagas y brotes de enfermedades.<sup>4</sup>

Debido a ello, los costos de la modernidad se desprenden del dominio de los seres humanos sobre la tierra. Las actividades humanas han causado y van a seguir causando una pérdida en la biodiversidad debido, entre otras cosas, a cambios en el uso y la cubierta de los suelos; la contaminación y degradación de los suelos y de las aguas; la contaminación del aire; el desvío de las aguas hacia ecosistemas intensamente gestionados y sistemas urbanos; la fragmentación del hábitat; la explotación selectiva de especies; la introducción de especies no autóctonas y el agotamiento del ozono estratosférico<sup>5</sup>, de tal manera que el impacto de estas consecuencias será irreversible.

Concretamente, la producción en el campo se ve afectada por los efectos de la desertificación, la deforestación, la sobreexplotación de suelos y aguas y la contaminación del aire, toda vez que se provocan transformaciones en la vocación de las tierras, de tal forma que los cultivos tradicionales han disminuido rendimiento o se enfrentan a nuevas plagas y enfermedades, con lo cual se afectan las bases de producción alimentaria de los pequeños productores rurales, que además, han ido dejando de producir para el autoconsumo. Al mismo tiempo, estas problemáticas han creado condiciones políticas explosivas en el medio rural debido a la lucha por el territorio que se vincula con otros factores de tensión social y política en las comunidades campesinas.

Otro factor importante que da cuenta de la problemática rural ambiental es la falta de inversión en infraestructura de riego y conservación de suelos, que ha agravado el deterioro ambiental. México utiliza alrededor de 78% del agua en la agricultura, sin embargo, la eficiencia en riego se ubica en menos de 40%. Si a ello se suma la sobrefertilización de los suelos y el uso indiscriminado de los pesticidas que han contaminado los acuíferos, el aire y los suelos, además de una mayor variabilidad y reducción de las precipitaciones pluviales, se tienen afectaciones

<sup>4</sup> Gitay, Habiba, Suárez, Avelino, y Watson, Robert (coords.) (2002). *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V Del Ipcc*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

<sup>5</sup> *Ibid.*

severas para los productores de temporal, en su mayoría campesinos de subsistencia, pues se estima que en 2050 se podrían perder por el cambio climático entre 13 y 27% de la superficie de maíz sembrada<sup>6</sup>, lo cual, considerando que el maíz es el cultivo con mayor volumen de producción, tanto en tierras de riego como de temporal, aumentaría aún más la dependencia alimentaria, la pobreza rural y el deterioro en la calidad de vida de las familias campesinas.

Por todo lo anterior, los pequeños productores del campo mexicano son los más vulnerables a estas situaciones, tanto por la relación de dependencia con el medio ambiente y los ciclos productivos, como por el impacto en las localidades donde habitan, que generalmente se ubican en serranías o regiones vulnerables a deslaves e inundaciones.

En este sentido, a nivel mundial, México se encuentra dentro de la zona con mayor presencia de huracanes y temblores y el aumento en la temperatura del país ha oscilado entre 1 y 2 grados en los últimos veinte años, el conjunto de esta problemática se traduce en la expresión de los campesinos cuando, 70% de los productores que participaron en el Censo Agropecuario de 2007 declaró que el principal problema para la producción eran las cuestiones climáticas.

El recurso natural que garantiza el trabajo de los pequeños productores rurales, la tierra, pierde cada año aproximadamente 25 mil millones de toneladas de capa cultivable; mientras que alrededor de 2 mil millones de hectáreas de suelo, equivalentes a 15% de la superficie continental, han sido degradadas por actividades humanas, según estimaciones de la FAO.

Esta condición repercute directamente en la actividad agrícola dependiente de la tierra, que además, a partir de la reforma al artículo 27 Constitucional ocurrida en 1992, ha modificado los patrones de tenencia, de tal manera que 66% de los 31 mil 514 ejidos registrados en México durante el Censo Ejidal 2007 (INEGI) han sido vendidos, aunque de estas ventas, 82% se ha realizado entre ejidatarios y el restante 17% se ha vendido a personas ajenas al ejido, avecindados y poseionarios, con lo cual se encuentra un cambio

en los patrones de tenencia de la tierra que podrían estar también modificando la orientación productiva o el uso de suelo para destinarlo a la construcción de vivienda.

De igual manera, de acuerdo con datos de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), 64% de los suelos presentan problemas de degradación en diferentes niveles, y 1 millón 195 mil 863 hectáreas presentan degradación extrema, es decir, son suelos irrecuperables, muchos de los cuales fueron sometidos a prácticas de producción inadecuadas como la quema de residuos de cosecha, exceso de labranza y falta de prácticas de conservación de suelo y agua.<sup>7</sup>

Estas pérdidas en los recursos naturales aunadas a la orientación de las decisiones políticas en el contexto de la apertura comercial internacional, colocan al país en una situación de fragilidad en términos de seguridad y soberanía alimentaria. Desde que comenzó el proceso de liberación económica en el campo mexicano, el país ha erogado por compra de alimentos cerca de 78 mil millones de dólares y, según datos del Banco de México, “la importación de alimentos se elevó a 42 mil 918.7 millones de dólares, hasta marzo de 2011, e implicó un incremento de 77.2 por ciento en los pagos hechos por la compra en el exterior de productos agropecuarios en un periodo similar de 52 meses del gobierno anterior.”<sup>8</sup>

Por lo tanto, la seguridad alimentaria, más que brindar garantías al derecho constitucional a la alimentación a través de la producción para el consumo interno, se encuentra en tal situación de vulnerabilidad que afecta con mayor intensidad a los campesinos e indígenas, pues según la Secretaría de Desarrollo Social, dos de cada tres personas que viven en el campo padecen una situación de indigencia.

Frente a este panorama conviene preguntarse ¿cuál ha sido la acción gubernamental? A continuación se ofrecen algunas claves.

<sup>7</sup> SEMARNAT. *La degradación de suelos y la desertificación: Un problema global*. Artículo de libre acceso disponible a junio de 2011 en la dirección electrónica: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_SUELO03\\_10&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_SUELO03_10&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)

<sup>8</sup> Zúñiga, Juan Antonio, “Se dispara salida de recursos por importación de alimentos”, en: Periódico *La Jornada* Sábado 4 de junio de 2011, p. 25.

<sup>6</sup> Oswald, Oswald, Úrsula (2010). “Cambio climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social”. En: *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades*. Delgado, Gian Carlo, Gay, Carlos, et.al.. UNAM. Colección el mundo actual. Pp. 51-54

### **La acción gubernamental frente a la crisis multidimensional.**

Las transformaciones en la sociedad rural, producto del abandono del campo y la intensificación de la migración, entre otros factores, derivan de la aplicación de un modelo de desarrollo estatal que desde la década de los noventa ha implicado un distanciamiento de la acción del Estado y un vacío institucional en cuanto a la producción, la distribución y el consumo de los productos agropecuarios, particularmente aquellos producidos por los pequeños productores.

Desde entonces, la apuesta gubernamental se ha tornado hacia el ámbito social recurriendo a los subsidios a través de becas y otros incentivos, como estrategias de combate a la pobreza, pero sin desencadenar procesos de desarrollo regional que representen cambios significativos en la estructura de las desigualdades sociales, por lo que a pesar de la puesta en marcha de programas focalizados, predomina la marginación, la discriminación y la exclusión social.

Por otra parte, las consecuencias del cambio climático a nivel mundial han sido motivo para que los líderes mundiales se reúnan a fin de acordar estrategias para la adaptación al cambio climático y sus opciones para la conservación del medio ambiente. Sin embargo, las reuniones no han derivado en compromisos sólidos que atiendan a los principales motivos del cambio climático, es decir, aunque existen acuerdos para la reducción de las emisiones de gas carbónico, no todos los países se han comprometido a ello. En ese contexto, aunque México no es de los principales países emisores de dióxido de carbono, el gobierno federal ha comenzado a desarrollar políticas frente al cambio climático, no obstante que su puesta en marcha es reciente y sus alcances aún son limitados.

Así, los cambios de las últimas décadas en la estrategia gubernamental hacia el sector rural pasaron, de una "política de control de precios basada en el monopolio estatal de la importación, los precios de garantía, los bienes públicos y las empresas paraestatales que apoyaban con fertilizantes, semillas, seguro agrícola, entre otros, a otra, muy desregulada y dominada por las fuerzas del mercado internacional que reducía al mínimo los

apoyos para bienes públicos"<sup>9</sup>, de tal manera que paulatinamente el Estado ha ido disminuyendo su intervención en el campo, concentrándose en la apertura a la competencia internacional, y ofreciendo medidas de corto plazo para los cubrir los costos sociales del abandono al campo.

Al mismo tiempo, a pesar del aumento en el presupuesto público a los programas que atienden al campo, su diseño tiende a favorecer a los productores más solventes, de tal forma que los programas tienden a compensar la inestabilidad en los mercados internacionales que afectan a los precios, con escasa incidencia en procesos sustentables y sostenibles para los pequeños productores rurales.

Empero, aún puede haber áreas de oportunidad para hacer frente a las consecuencias del cambio climático, y para recuperar la importancia de la producción en pequeña escala, tanto para las propias comunidades, como para el resto de la sociedad.

### **A manera de conclusión: alternativas ante la crisis.**

A partir de lo expuesto, es necesario que las políticas públicas destinadas a la producción en pequeña escala mantengan un diseño que además de empatar sus objetivos, accedan a un mayor porcentaje de la población que depende de la pequeña producción agropecuaria, de tal manera que no solamente se canalicen subsidios para la asistencia social, sino que se detone el papel de los productores como agentes para el desarrollo local y regional.

En este sentido, es preciso atender a la generación del conocimiento y el desarrollo tecnológico al cual puedan acceder los pequeños productores rurales, orientando el gasto público hacia los más vulnerables para que accedan a créditos efectivos

---

<sup>9</sup> Zarazúa Escobar, José Alberto, Almaguer Vargas, Gustavo y Ocampo Ledesma, Jorge Gustavo (2011), "El Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) y su impacto sobre la gestión del conocimiento productivo y comercial de la agricultura del Estado de México", en: Revista Agricultura, sociedad y desarrollo, Colegio de Postgraduados, México, Enero- Abril, pp. 89.

para la producción, y a un mercado en mejores condiciones de competencia y distribución de los ingresos, pero también un mercado donde los consumidores locales participen en la cadena productiva desde la demanda de los productos de los pequeños productores.

A nivel político, los gobiernos federal y locales deben velar porque el acceso a los programas ocurra en igualdad de condiciones, trascendiendo las dinámicas clientelares que regularmente se sostienen con las grandes organizaciones de productores, las cuales en muchas ocasiones utilizan a sus bases sociales para la demanda de recursos, pero no para el desarrollo autónomo de sus procesos productivos.

De igual manera, a nivel productivo, el Estado debe establecer un compromiso firme con la seguridad y la soberanía alimentaria, de tal manera que se produzcan alimentos inocuos que beneficien una dieta nutricionalmente balanceada para la población y limiten la importación masiva de alimentos básicos, mientras que a nivel ambiental, se debe priorizar la problemática en torno al cambio climático como un tema de incidencia nacional e internacional, que genere alertas tempranas a través de la información oportuna y fortalezca la toma de conciencia y el compromiso individual y colectivo con las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático.

Además, la agricultura ecológica sustentable debe comprenderse en conjunto con programas y estrategias de desarrollo rural socioterritorial, bajo el marco de la gestión ambiental integral, que cuide los recursos forestales, el ciclo hidrológico y el suelo en una determinada región, fortalezca los vínculos intersectoriales urbano-rurales sin que por ello se pasen los costos de este crecimiento a las futuras generaciones en la forma de ecosistemas y recursos naturales agotados o deteriorados.

A este respecto, la producción en pequeña y mediana escala implica la posibilidad de una visión sustentable de la producción, que encadena procesos de agroecología que armonizan con el cuidado del medio ambiente e inciden en el autoabasto con productos de calidad, diversificando la dieta de las familias campesinas a través de estrategias como los huertos familiares o la cría de animales de traspatio, lo que ha resultado ser de mayor utilidad para los pequeños productores, actores principales que han realizado procesos

alternativos de producción y consumo, con lo cual, se aprecia la viabilidad de esta forma de producción.

Finalmente, la distribución del actual presupuesto destina grandes cantidades a la seguridad pública, a las instituciones electorales y el gasto corriente del Estado, empero, si bien todos estos asuntos son importantes, no lo es menos reactivar la economía local y revertir la marginación y pobreza que padecen los pequeños y medianos productores rurales.

En suma, los retos para hacer frente a la crisis, implican el conjunto de esfuerzos de diversos actores de la sociedad, pero también requieren de un esfuerzo mayoritario de un gobierno que asuma un compromiso real con la reactivación del campo mexicano basado en la producción de los pequeños y medianos productores.

La viabilidad de la producción agropecuaria encuentra alternativas en nichos de productores que luchan contra la marginación de la que son objeto. Son ellos la evidencia de que otro campo es posible, de que el trabajo en pequeña y mediana escala aporta pasos firmes en la adaptación y mitigación del cambio climático, y de que es posible que en la mesa –suya y de los otros- haya productos más sanos, de que la tierra vale porque la tierra sigue dando y puede recuperarse para ofrecer un futuro mejor para las siguientes generaciones. Aún es tiempo.

#### Fuentes de consulta

Appendini, Kirsten y Torres, Gabriela (eds.) (2008), *¿Ruralidad sin agricultura? Perspectivas multidisciplinares de una realidad fragmentada*. El Colegio de México, Centro de Estudios Económicos, México.

Bartra Vergés, Armando (2010), “Al alba: México y sus campesinos en el gozne de los tiempos”, en Concheiro Bórquez, Luciano y León López, Arturo (coords.) *Espacios públicos y estrategias campesinas ante la crisis en México*. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, México.

Boege, Eckart y Carranza, Tzinnia (2009). *Agricultura sostenible campesino- indígena, soberanía alimentaria y equidad de género. Seis experiencias de organizaciones indígenas y campesinas en México*. PIDAASSA, México.

Gittay, Habiba, Suárez, Avelino, y Watson, Robert (coords.) (2002). *Cambio Climático y Biodiversidad*.

*Documento Técnico V Del Ippc.* Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Procuraduría Agraria, Estadísticas agrarias 2010. Dirección de investigación agraria. Noviembre de 2010. México.

SAGARPA, Servicio de información agroalimentaria y pesquera, Balanza agropecuaria y agroindustrial, base *Banco de México. Enero de 2010*. Información disponible a abril de 2011 en la dirección electrónica <http://www.siap.gob.mx>

SEMARNAT, 2002, *Inventario Nacional de Suelos*. Base de datos estadísticos, disponible a junio de 2010 en la dirección electrónica URL:[http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_SUELO03\\_10&IBIC\\_use=r=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_SUELO03_10&IBIC_use=r=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)

Yúnez Naude, Antonio (2010) (coord.) “Economía rural”, en: Ordorica, Manuel y Prud’homme, Jean-François, *Los grandes problemas de México, vol. X*, El Colegio de México, México.

Zarazúa Escobar, José Alberto, Almaguer Vargas, Gustavo y Ocampo Ledesma, Jorge Gustavo (2011) , “El Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) y su impacto sobre la gestión del conocimiento productivo y comercial de la agricultura del Estado de México”, en: *Revista Agricultura, sociedad y desarrollo*, Colegio de Postgraduados, México, Enero- Abril, pp. 89

Zúñiga, Juan Antonio, “Se dispara salida de recursos por importación de alimentos”, en: Periódico *La Jornada* Sábado 4 de junio de 2011, p. 25.



# Modelo de referencia: una herramienta para evaluar la capacidad institucional de un gobierno local que atiende el cambio climático.

Angélica Rosas Huerta <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana  
Xochimilco

## Introducción

Actualmente, varios gobiernos locales han incorporado en su agenda el problema del cambio climático (CC), algunos de ellos están construyendo una capacidad institucional (CI) <sup>1</sup> que les permita no sólo reconocerlo como un problema objeto de su acción sino como objeto sobre el que se actúa.

Empero, ¿cómo evaluar dicha capacidad institucional? Para dar respuesta a este cuestionamiento, el presente trabajo presenta un modelo que sirve de referencia para valorar dicha capacidad.

Este modelo está compuesto por los factores institucionales más importantes que determinan la habilidad de las instancias gubernamentales, así como por una caracterización más a detalle de estos factores respondiendo a los cuestionamientos: ¿cuáles son sus atributos? y ¿cuáles son las dimensiones que sirven de base para la construcción o desarrollo de las relaciones entre los factores institucionales?

## ¿Por qué se requiere de un modelo?

El concepto de CI se distingue entre otros aspectos, por ser un concepto que se interpreta de varias maneras. Primeramente, aquellas que hacen alusión a una capacidad indicada, es decir, como potencial para cumplir tareas.

Otras definiciones se enfocan a una capacidad efectiva, entendida como la actuación del gobierno o su desempeño. Por otro lado, se encuentran otras que aluden a una capacidad como producto, es decir como las habilidades producidas. Otras definiciones se refieren a la capacidad como

proceso, como los esfuerzos por mejorar la capacidad.<sup>2</sup>

Estas definiciones coinciden en considerar que la CI se enmarca en una visión compleja y un enfoque de sistemas que ubica los problemas organizacionales dentro de un entorno con varios niveles, actores e influencias, y con importantes interdependencias entre éstos<sup>3</sup>.

En este sentido, la CI se determina no sólo por la existencia de organizaciones administrativas y cuadros burocráticos (capacidad administrativa), sino también por la constitución y acción de los actores sociopolíticos involucrados en un determinado campo de acción pública (capacidad política).

Además estas posturas coinciden en considerar que la CI se caracteriza por ser dinámica e históricamente construida, por lo que no se trata de algo dado y homogéneo para todas las áreas de políticas, está sujeta a las características de cada uno de los factores institucionales que la determinan<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Para una exposición detallada de esta clasificación ver Rosas, Angélica. 2008. "Una ruta metodológica para evaluar la capacidad institucional" en *Revista Política y Cultura*, otoño 2008, número 30, UAM-Xochimilco.

<sup>3</sup> Ver Ospina, Sonia B. 2002. *Construyendo capacidad institucional en América Latina: el papel de la evaluación como herramienta modernizadora*, Ponencia presentada en el VII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Lisboa, Portugal, Octubre; Nelissen, N. 2002. "The Administrative Capacity of New Types of Governance" en *Public Organization Review: A Global Journal* 2, Kluwer Academic Publishers; y Rosas, Angélica. 2008. *op cit*.

<sup>4</sup> Ver Willems, S. y K. Baumert. 2003. *Institutional capacity and climate actions*, OECD Environmental Directorate International Energy Agency, France; Willems, 2004; Gupta, S. 2003. "Implementing market-based approaches for greenhouse gas abatement in India: institutions and policies" en Willems, S. y K. Baumert. 2003. *op cit*; Center For Clean Air Policy (CCAP). 1999. *Climate Change in Ukraine: An Institutional Capacity Assessment*, Washington DC; y Tudela, F. 2003. "Institutional Capacity for Climate Change Mitigation in Mexico" en Willems, S. y K. Baumert. 2003. *op cit*.

<sup>1</sup> Entendida como la habilidad de las instancias gubernamentales de mejorar el desempeño de sus funciones, de resolver problemas y especificar y lograr objetivos; así como de movilizar y/o adaptar sus instituciones para dar respuesta a nuevos problemas públicos, como es el caso del cambio climático.

La existencia de la CI debe ser comprobada e interpretada en cada área de políticas públicas específica, en un tiempo determinado y en casos nacionales o locales particulares. Una manera de comprobar e interpretar dicha capacidad es a través de los factores institucionales que la determinan.

Sin embargo, la construcción y/o desarrollo de la CI no depende ni está determinada única, o siquiera principalmente, por un factor institucional, sino por la articulación y complejidad de todos los factores que se ubican en sus dos componentes (capacidad administrativa y capacidad política) y a su vez en sus tres niveles (micro: el individuo, meso: la organización, macro: el contexto institucional)<sup>5</sup>.

Existe una diversidad de factores que se encuentran ubicados en los tres niveles de la CI y por lo tanto en sus dos componentes; factores que son catalogados por algunos autores como tradicionales o nuevos<sup>6</sup> y algunos más complejos que otros<sup>7</sup>.

Ante este panorama resulta casi imposible realizar un análisis de la CI tomando en cuenta la diversidad de factores, por ello la necesidad de contar con un modelo que sirva de referencia para evaluar la capacidad institucional.

### Metodología seguida

Partiendo de una visión sistémica<sup>8</sup>, este modelo está compuesto por lo que en este trabajo se identifica como los factores institucionales más importantes que determinan la habilidad de las instancias gubernamentales para atender el cambio

climático. El modelo se complementa con los atributos que describen dichos factores y las dimensiones que sirven de base para desarrollar las relaciones entre los factores institucionales.

Cabe precisar que los factores institucionales seleccionados se organizan por nivel (micro, meso y macro) y componente (capacidad administrativa y capacidad política). Se considera que el seleccionar los principales factores posee el mérito de reconocer la complejidad de la CI y optar por segmentarla en partes manejables y seleccionar de esas partes aquellas que son consideradas como las que ejercen mayor influencia en la construcción y/o desarrollo de la habilidad requerida de las instancias gubernamentales para atender el cambio climático.

Sin embargo, también trae consigo una de las limitaciones del modelo. Por un lado se reconoce que la CI no está determinada única y exclusivamente por los factores seleccionados, sino depende de una gama más amplia. Por otro, se dejan de lado factores que podrían ser igualmente importantes.

Empero, como quedará expuesto más adelante, un punto a favor es que se somete dicha elección a una valoración por parte de un grupo de expertos; lo cual permite tener una mayor validez de los factores institucionales seleccionados. Otro punto a favor radica en que esta selección permite realizar un examen y escrutinio minucioso de la CI de un gobierno local específico a través de los factores clave seleccionados. Bajo esta perspectiva, esta limitante trae consigo una de las fortalezas del modelo.

El modelo se construyó en dos momentos. En el primero (momento de diseño), se realizó una revisión de algunos estudios que han analizado la capacidad institucional de aquellos gobiernos nacionales interesados en atender el CC, así como de los decretos, planes y programas de CC de algunos gobiernos locales<sup>9</sup>. Esta revisión permitió

<sup>5</sup> La capacidad institucional está determinada por estos tres niveles. Los dos primeros niveles se ubican en la capacidad administrativa y el último en la capacidad política, ver Rosas, Angélica. 2011. *La capacidad institucional de los gobiernos locales para atender el cambio climático. El caso del gobierno del Distrito Federal*, Tesis doctoral, UAM-Xochimilco, México.

<sup>6</sup> Willems y Baumert. 2003. *op cit*

<sup>7</sup> Ibid; Valya y Eneffect. 2003. *op cit*; Gupta. 2003. *op cit*; CCAP. 1999. *op cit*; y Tudela. 2003. *op cit*.

<sup>8</sup> Sistema es por definición: "Un conjunto de partes u órganos interdependientes que interactúan entre sí" (De Faria, Mello y Achilles, Fernando. 1998. *Desarrollo organizacional, enfoque integral*, Editorial Limusa, México, pág. 84). Son por lo tanto, inherentes al concepto de sistema la interdependencia entre las partes, la interacción entre ellas y la globalidad de la forma. Los sistemas son instrumentos que permiten analizar de forma conjunta el comportamiento global de elementos que están relacionados, así como sus efectos en el tiempo. En este sentido el enfoque sistémico es una perspectiva holística debido a que integra múltiples procesos y sus interacciones en una sola unidad de análisis Ramón Gil-García. 2010. "Enfoque sistémico y simulación para el análisis de políticas públicas". En Mauricio Merino *et. al. Problemas, decisiones y soluciones. Enfoques de política Pública*, FCE-CIDE, México.

<sup>9</sup> Los documentos revisados fueron: Willems y Baumert. 2003. *op cit*; Valya y Eneffect. 2003. *op cit*; Gupta. 2003. *op cit*; Center For Clean Air Policy. 1999. *op cit*; Tudela. 2003. *op cit*; Gobierno de Madrid. 2008. *op cit*; Gobierno de Madrid, 2008. Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid. España; Greater London Authority. 2007. *Action today to protect tomorrow. The mayor's climate change action plan*. Greater London Authority, London; Villaraigosa, Antonio R. (Mayor of the City of Los Angeles). 2007. *Los Angeles Climate Change Action Plan*. USA; Bloomberg, Michael (Mayor). 2006. *New York Climate Change Action Plan*, USA; OSDFTO, Office of Sustainable Development and Finance, Budget and Tax Office. 2005. *A progress report on the city of Portland and*

identificar los componentes, niveles y factores que determinan la CI y seleccionar aquellos que principalmente la determinan<sup>10</sup>.

Los atributos y relaciones de los factores seleccionados se precisan también a través de la revisión bibliográfica que soporta la selección de los factores y se complementa con información de literatura referida a la capacidad institucional y conceptos afines, así como aquella que tiene como objeto de estudio alguno de los factores institucionales seleccionados como los más importantes.

También se tomó en cuenta la opinión de informantes clave<sup>11</sup>, la cual fue recuperada a través de una entrevista semiestructurada. En un segundo momento se validaron, modificaron e incorporaron factores, atributos y relaciones seleccionados en la primera etapa, lo anterior se logró tomando en cuenta la opinión de expertos en el tema. La recuperación de dicha opinión se dio a partir de la aplicación de un cuestionario a través de un ejercicio Delphi<sup>12</sup>.

---

*multnomah county local action plan on global warming.* Portland; Gobierno de San Paulo. s/f. *Política Municipal de Mudança do Clima para São Paulo (PMMC).* Minuta preliminar- Consulta Pública. Brasil; y Tejada Martínez, Adalberto, et al (Coomp.). 2008. *Resumen del programa veracruzano ante el cambio climático. Documento de Trabajo para consulta pública,* Universidad Veracruzana-Embajada Británica-Centro de Ciencias de la Atmósfera-Instituto de Ecología, A. C.-INE-SEMARNAT, México.

<sup>10</sup> Dicha selección se guió por los siguientes criterios: a) la disponibilidad de información, b) la similitud de contextos o situaciones con el estudio de caso que se desea analizar, gobierno del Distrito Federal, (condiciones de desarrollo, de emisión de gases de efecto invernadero, entre otros), c) la recurrencia con que los factores se presentan en los estudios anteriormente citados, d) la intención de utilizar un enfoque interactivo, relacional y, por ende, de sistemas, que permitan analizar la CI desde los múltiples factores institucionales interdependientes que interactúan entre sí, y e) el tiempo disponible para la realización de la investigación.

<sup>11</sup> Los informantes clave son personas que saben del tema y que tiene que ver con la gestión del CC en un gobierno local.

<sup>12</sup> Dichos expertos se encuentran ubicados en el gobierno (5 autoridades federales y locales de México encargadas de la gestión del CC), en el sector privado (1 persona encargada del CC en la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable), en organismos internacionales (3 especialistas mexicanos que participan en el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático), en organismos no gubernamentales (2 personas encargadas del cambio climático en Greenpeace, Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A. C.) y en la academia (19 investigadores que se han dedicado al estudio del CC en sus diversos aspectos y se encuentran adscritos a una institución de educación superior; así como investigadores miembros del Programa Mexicano de Carbono). Cabe precisar que tomando en cuenta el grado de homogenización de opiniones y la disponibilidad a participar de los panelistas se decidió realizar dos circulaciones del

El razonamiento detrás de esta estrategia es tratar de construir un modelo de referencia lo más completo posible, soportado por el acuerdo entre informantes y expertos.

Por otro lado, para identificar las dimensiones que desarrollan principalmente las relaciones entre los factores institucionales se analizan las opiniones vertidas por los expertos en torno a las relaciones entre los factores que se identificaron a partir de la revisión de la literatura relevante y presentadas en la primera circulación del cuestionario aplicado en el marco del ejercicio Delphi, así como de las opiniones obtenidas en la segunda circulación en relación a las mismas relaciones presentadas en la primera vuelta, más aquellas que algunos expertos propusieron en la misma circulación. Dicho estudio se realizó a través del análisis de componentes principales<sup>13</sup>.

---

cuestionario. En cuanto al cuestionario, éste quedó estructurado en cinco preguntas organizadas en cuatro secciones: la sección I relacionada con los factores determinantes de la capacidad institucional y su relevancia; la sección II orientada a averiguar sobre las relaciones que muestran entre sí dichos factores; y la sección III sobre los atributos de dichos factores en el gobierno del D. F.

<sup>13</sup> Esta herramienta matemática permite identificar las principales construcciones fundamentales o dimensiones que se supone sirven de base para desarrollar las relaciones entre los factores institucionales a partir de las interrelaciones (correlaciones) entre los factores institucionales que inciden en la construcción y/o desarrollo de la CI de un gobierno local interesado en atender el CC. Debido a que en esta investigación se analiza la capacidad institucional a través de sus componentes y factores institucionales se decide utilizar la noción de "dimensión" para referirse a los componentes o factores subyacentes que permiten determinar las interrelaciones entre los factores institucionales, ver Hair, J. F. et al. 2001. *Análisis multivariante*, Prentice Hall Iberia, Madrid, pp.11 y 80. Cabe destacar algunos aspectos que se consideraron para realizar el análisis de componentes principales. Primeramente, el análisis se alimenta de los resultados obtenidos de las dos circulaciones del cuestionario aplicado a los 30 expertos en el marco del ejercicio Delphi. Se diseña una matriz de correlación para cada circulación, la primera tomando en cuenta los resultados obtenidos de la primera vuelta del cuestionario en cuanto a las 12 relaciones (variables originales) entre factores institucionales identificadas a partir de la revisión de la literatura relevante. La segunda matriz se construye con los resultados de la segunda vuelta del cuestionario en relación con las mismas 12 relaciones, más 11 que fueron propuestas por los expertos en la primera circulación. Se analiza la información obtenida de las dos circulaciones porque se busca valorar la consistencia de las principales dimensiones que subyacen y se da la oportunidad de encontrar otras que también sirven de base para desarrollar las relaciones entre los factores institucionales. Para encontrar las dimensiones relevantes se seleccionan aquellas variables cuyas cargas factoriales sean próximas a uno, sea ésta positiva o negativa (próximo a 1 o -1). Por otro lado, el número de dimensiones a utilizar se define en función del criterio de porcentaje de la varianza (lo que aporta cada una a la relación). Para este estudio, se utilizan las primeras cinco dimensiones principales por cada matriz de correlación, ya

**Modelo de referencia**

En un primer momento el modelo se integró por siete factores institucionales y sus atributos, los cuales fueron seleccionados a partir de la revisión bibliográfica y tomando en cuenta la opinión de informantes clave.

El modelo base de referencia se muestran en la figura 1. Como se puede observar este modelo está compuesto por los siguientes factores institucionales: 1) reconocimiento del CC como un problema público prioritario por parte del gobierno local (reconocimiento público), 2) recursos humanos que el gobierno local contrata para dar atención al problema, 3) cooperación que se establece entre las organizaciones para atender el asunto, 4) coordinación que se establece entre las organizaciones para atender el problema, 5) autoridad con la que cuentan las organizaciones gubernamentales para gestionar acciones enfocadas al asunto del CC, 6) recursos económicos que el gobierno local asigna para dar atención al problema, y 7) participación social en la gestión del CC. Estos factores son organizados por nivel y componente y desglosados por atributo. Cabe destacar que las flechas indican las relaciones que se establecen no sólo entre los factores, sino también entre sus niveles y componentes.

Empero, ¿estos factores son los que determinan, principalmente, la construcción y/o desarrollo de la CI de un gobierno local?, ¿cuáles son las dimensiones que desarrollan la relación entre dichos factores? Las respuestas a estas interrogantes se exponen a continuación.

El modelo base de referencia construido se validó y enriqueció a través de los resultados obtenidos con la técnica Delphi. Se validó porque se ratificaron los factores y sus atributos que se ubican en el nivel micro y meso, sin embargo no fue el caso con la participación pública. La falta de consenso en torno a este factor, así como a sus atributos que lo caracterizan se puede atribuir a que es un tema relativamente nuevo, no se ha resuelto, está en discusión a nivel internacional como nacional, y es

que en ellas se explica el 71.3% y 72.8% respectivamente de la varianza y teniendo en cuenta que añadiendo una más sólo ganamos, para la primera matriz, un 8%; y para la segunda un 5%. Para el caso de la primera circulación: la primera variable explica el 20.3%, la segunda el 17.4%, la tercera el 13.6%, la cuarta y la quinta el 10.9% y 9.1%, respectivamente. Para la segunda circulación: la primera variable explica el 30.6%, la segunda el 20.9%, la tercera el 7.7%, la cuarta y quinta el 7.2% y el 6.4%, respectivamente.

considerado por algunos como un asunto muy especializado (técnico).

Sin embargo, existen estudios que dan evidencia de la importancia de este factor para la atención de problemas públicos<sup>14</sup> y en particular de problemas ambientales<sup>15</sup>.

La importancia radica en que los miembros de la sociedad, en ciertos momentos, luchan para convertir una necesidad en demanda (problema público), la cual consideran tiene que ser atendida por la autoridad gubernamental, articulan voluntades de quienes las perciben o padecen para exigir que se proporcione alivio o se dé solución<sup>16</sup>.

Estas necesidades se construyen a partir de creencias sobre las situaciones y los acontecimientos que dan nacimiento a problemas, algunos de ellos pueden no existir en la realidad, pero desde su valoración, debe existir una intervención pública<sup>17</sup>. Los estudios realizados por Aguilera Klint acerca de la escasez de agua en Tenerife (Islas Canarias), y McDaniels *et al* sobre la calidad del agua en la Baja Cuenca Fraser, son testigo de ello<sup>18</sup>.

En otras circunstancias, el problema no es percibido y sentido por la sociedad pero si por actores o instituciones ubicados a nivel internacional (es el caso del CC) por lo que se requiere legitimar la intervención gubernamental en esos asuntos. En este sentido, la sociedad debe reconocer que es un asunto relevante que tiene que ser atendido por su autoridad gubernamental.

La trascendencia de este factor se sustenta también en que el éxito de cualquier política, y en específico la enfocada al ambiente, requiere del entendimiento y aceptación del problema que se quiere atender y la solución que se elija para resolverlo<sup>19</sup>.

<sup>14</sup> Meny, Y. y J. C. Thoening. 1992. *Las Políticas Públicas*, Ariel, Barcelona.

<sup>15</sup> Ver Tonn, *et al.*, 2000 y Aguilera Klint *et al.*, 2000 citado en Chávez, M. M. 2004. *Planning for sustainability: a transdisciplinary planning approach applied to water resources in México*, PHD Thesis, University of Liverpool.

<sup>16</sup> Es un proceso de ascenso a partir de demandas aisladas, las cuales son reagrupadas posteriormente por los grupos de interés y por los partidos políticos, que se convierten en sus intérpretes, interpellando a los máximos responsables gubernamentales de la sociedad política. Primero aparecen las necesidades, la acción pública llega al final. Meny y Thoening. 1992. *op cit.* pág. 110.

<sup>17</sup> Meny y Thoening, *op cit.*, pág. 120.

<sup>18</sup> Chávez, M. M. 2004. *op cit.*

<sup>19</sup> Aguilera Klint *et al*, 2000, citado en Chávez, M. M. 2004. *op cit.*

Esto debido a que las personas construyen socialmente un problema ambiental y en consecuencia una solución al mismo, esta construcción se da a través de sus conceptos, palabras, valores y creencias<sup>20</sup>.

Es a través de la construcción social que se toma conciencia de los problemas ambientales, entre ellos el cambio climático. Entonces si las personas no lo reconocen y aceptan o se construyen percepciones negativas de la política o programa muy difícilmente la autoridad gubernamental va alcanzar los objetivos planteados.

Ante ello, si un gobierno local está interesado en atender el CC, primero es necesario que informe a la ciudadanía, por ejemplo, sobre sus programas, planes y proyectos en torno al CC. La información es la *conditio sine qua non* para hacer posible cualquier política o programa. Es la base de cualquier participación, pero no debe ser la única forma<sup>21</sup>.

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado se decide considerar a la participación social como un factor que influye en la construcción y/o desarrollo de la CI de gobiernos locales interesados en atender el CC. "Es determinante la participación de la sociedad pero se debe identificar en que momentos y en aspectos se requiere"<sup>22</sup>.

Por otro lado, el modelo base se enriqueció porque se incorporaron o modificaron algunos factores y atributos (ver figura 2); así como se incorporaron dimensiones que detonan la relación entre factores institucionales ubicados en un nivel de la CI o en diferentes (ver figura 3). Como se puede observar en la figura 2, el modelo está conformado por ocho factores: el reconocimiento público, los recursos humanos, la cooperación y coordinación, la autoridad, los recursos económicos, el proceso de las políticas públicas y la participación pública, cada uno de estos factores se caracteriza por un conjunto de atributos.

Cabe destacar que el reconocimiento público es un factor institucional que si bien se ubica en el nivel meso de la capacidad institucional, éste detona la construcción y/o fortalecimiento de todos aquellos factores institucionales que se ubican en el nivel micro, meso y macro. La CI así como los factores que la determinan están en función de aquellos problemas públicos reconocidos como públicos por parte de un gobierno local; de igual manera, están en función del tipo de reconocimiento que éste le otorgue.

Por ello este factor detona la construcción y/o desarrollo de los factores institucionales que también determinan la capacidad de las instituciones de un gobierno local, por lo que se valora a través de la construcción y fortalecimiento de estos factores.

#### A manera de conclusión

En este trabajo se presentó un modelo que se caracterizó por estar construido a partir de una investigación documental y tomando en consideración la opinión de informantes clave; así como recuperando, a través de un ejercicio Delphi, la valoración que hacen 30 expertos en torno a los factores institucionales y sus atributos identificados a partir de la investigación documental. Dicha evaluación permitió enriquecer y validar los factores institucionales seleccionados, así como sus atributos.

En este aspecto se reconoce el valor de la técnica Delphi para satisfacer la necesidad de estructurar una comunicación en grupo –el de los expertos–, que permitiera opinar objetivamente sobre la estructura del modelo base, pero evitando la subjetividad individual y la agregación.

El analizar la CI a partir de un modelo de referencia posee el mérito de reconocer la complejidad de la CI y optar por segmentarla en partes manejables y seleccionar de esas partes aquellas que fueron consideradas como las que ejercen mayor influencia en la construcción y/o desarrollo de la habilidad requerida por las instancias gubernamentales para atender el CC.

Además, es un modelo que permite valorar, en un tiempo determinado y en casos locales particulares, la habilidad que construyen las instancias de gestión local para atender el CC. Otra de las ventajas de utilizar un modelo con estas características es el que permitió reconocer que la CI es producto de la interacción de los diversos factores que se ubican

<sup>20</sup> Tonn *et al.*, 2000 citado en Chávez, M. M. 2004. *op cit.*

<sup>21</sup> Algunos autores presentan los siguientes niveles de participación: información, consulta, poder de decisión, poder delegado, asociación y control ciudadano. Ver Arnstein, S. R. 1971. "A ladder of Citizen Participation" en *Journal of the Royal Town Institute*, abril; y Canto, M. 2002. "Introducción a la Ciencia de Políticas Públicas" en Canto, M. y O. Castro (coord.). *Políticas Públicas y Participación Ciudadana en el Municipio*, MCD, México.

<sup>22</sup> Opinión de un experto encuestado a través del ejercicio Delphi.

en los tres niveles de la CI, así como en sus componentes.

Es un modelo que efectivamente reconoce que la construcción y/o desarrollo de la habilidad de un gobierno local requerida para atender el CC no depende ni está determinada única, o siquiera principalmente, por uno o unos de los factores que se ubican en un componente, sino por la articulación y complejidad de todos los factores que se sitúan en sus componentes y niveles.

Por último, el modelo de referencia puede ser usado en otros contextos, por ejemplo para evaluar la CI de gobiernos estatales o nacionales, siempre y cuando se tome en cuenta: la disponibilidad de información que se cuente, la similitud de contextos o situaciones, la importancia que tienen los factores institucionales en ese contexto y el abrir la posibilidad de complementar el modelo con factores o atributos que podrían ser importantes. O bien tomarlo como punto de partida.

Figura 1 Modelo base para analizar la capacidad institucional

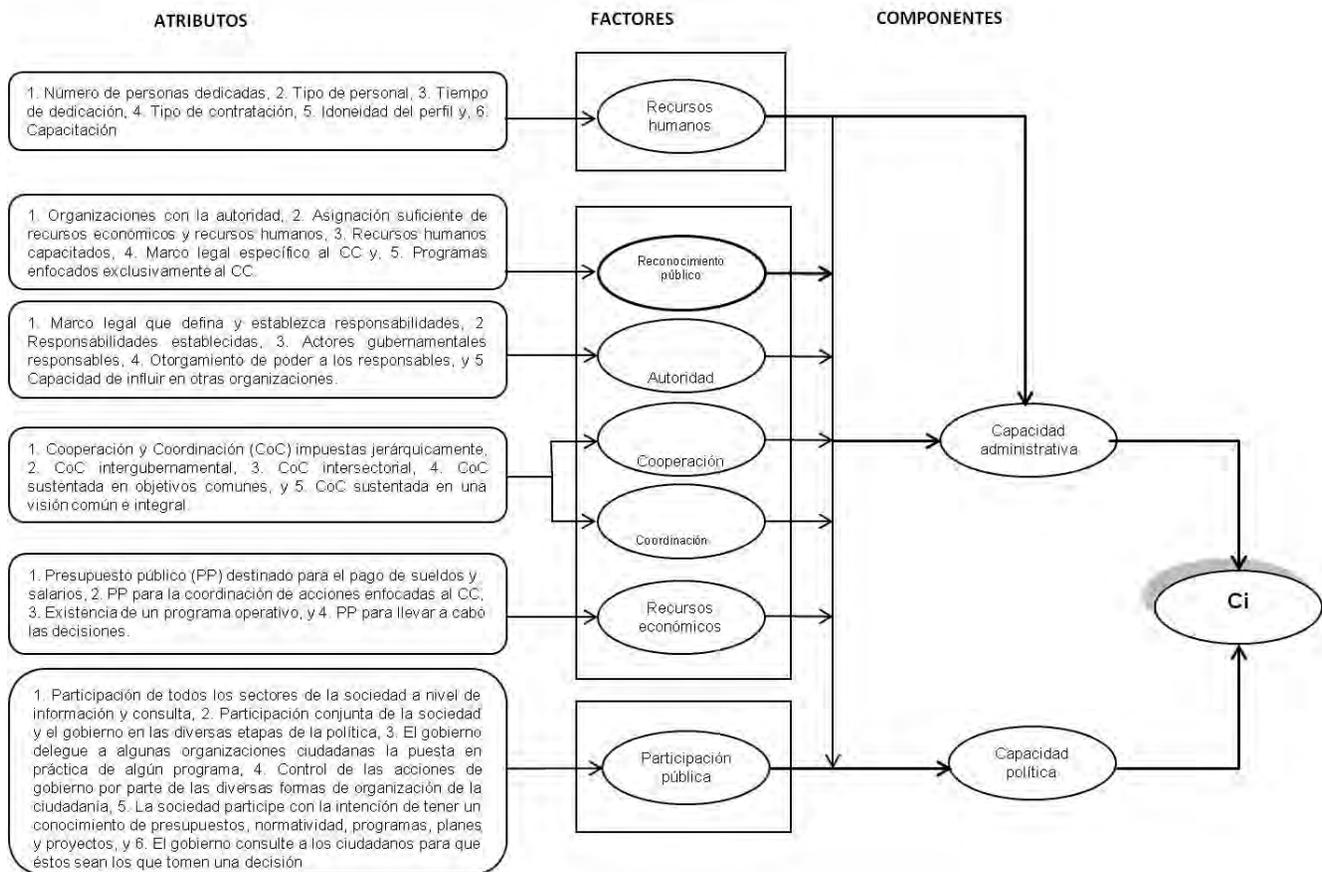


Figura 2 Modelo de referencia para evaluar la CI de un gobierno local: atributos, factores, niveles y componentes

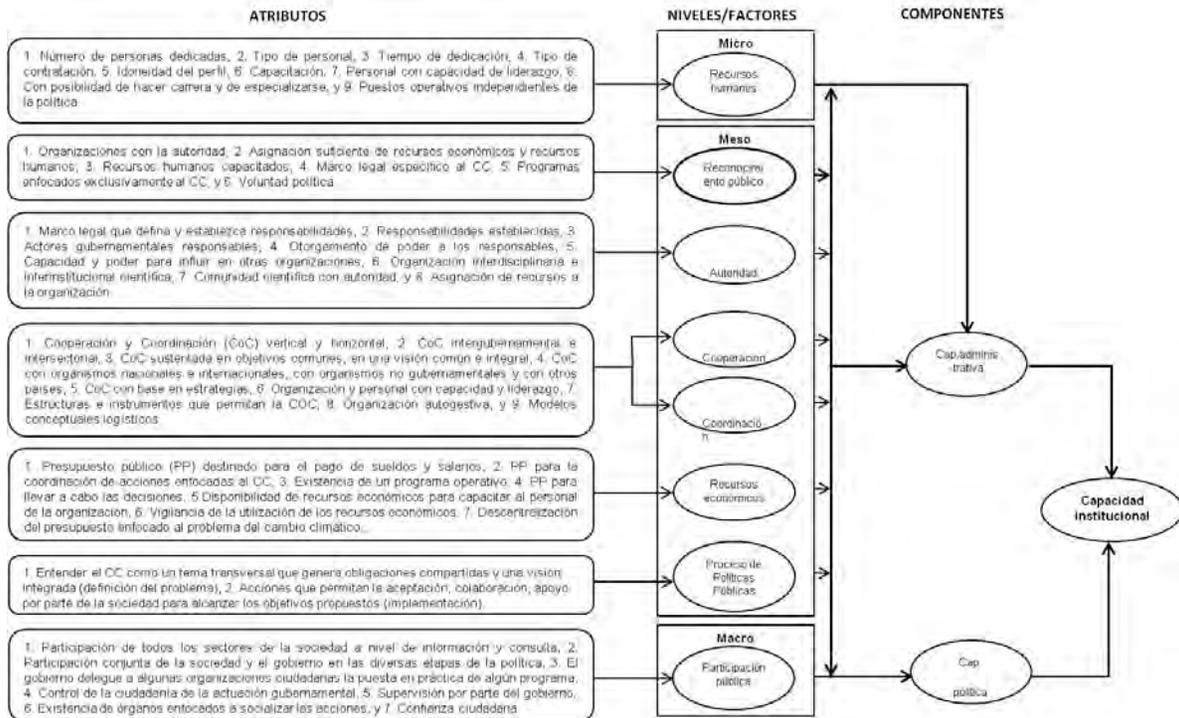
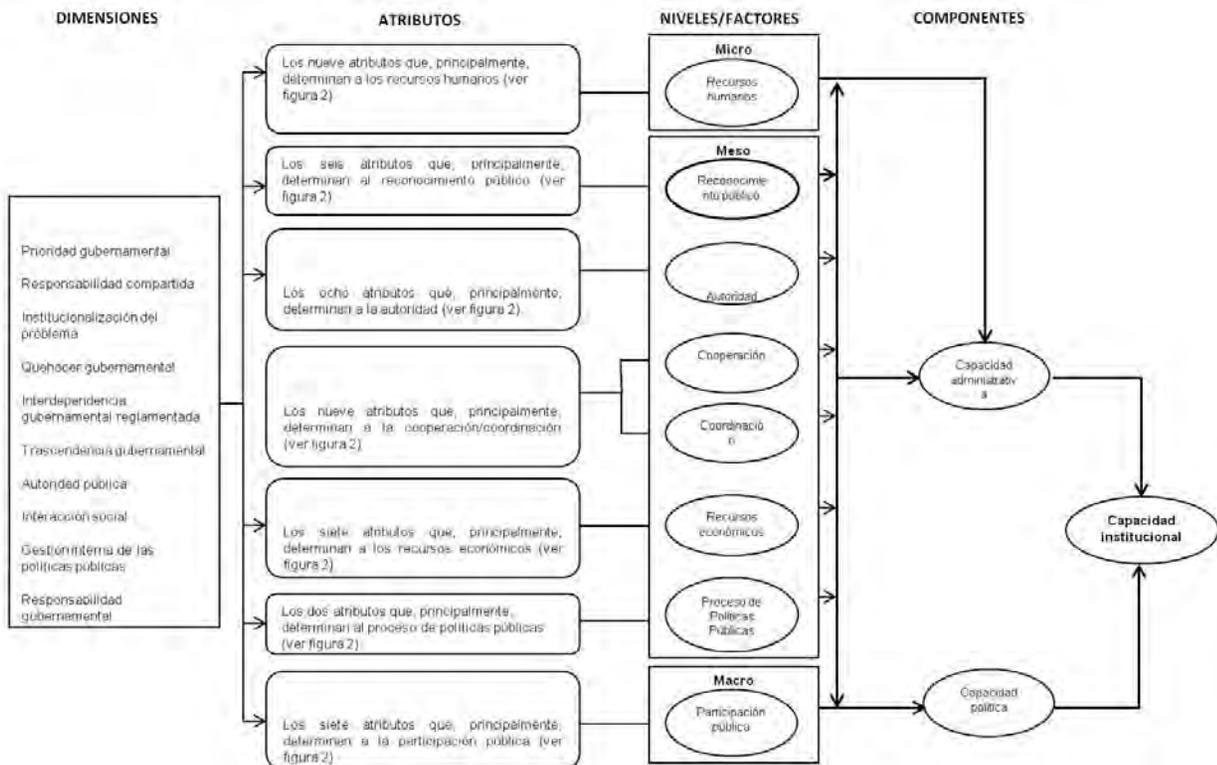


Figura 3 Modelo de referencia para evaluar la CI de un gobierno local: dimensiones, atributos, factores, niveles y componentes





## Cambio climático y comportamiento humano: percepción social de las causas, consecuencias, vulnerabilidad y opciones de adaptación.

Javier Urbina Soria<sup>1</sup> y Olga Flores Cano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Psicología, UNAM

### Metodología

A lo largo del estudio se pusieron en práctica diferentes metodologías diversas, tales como análisis de redes semánticas, entrevistas estructuradas, discusión con especialistas, elaboración y aplicación de cuestionarios elaborados ex profeso a muestras representativas de la población abierta y uso de escalas previamente elaboradas. Para esta etapa se conformó un cuestionario con 47 preguntas (abiertas y cerradas) para aplicarlo a población abierta de la Ciudad de México y Zona Metropolitana.

El análisis de datos se hará conforme a cada una de las metodologías utilizadas, atendiendo a la escala de medición y la distribución de los datos, aplicando tanto estadística descriptiva como inferencial y multivariada, si fuera el caso.

El cuestionario se piloteó en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Para la aplicación del cuestionario final se consideran además las ciudades de Guadalajara, Yucatán, Mexicali, Colima, Michoacán, San Luís Potosí y Villahermosa, con propósito de cubrir por un lado el principal asentamiento humano del país así como ciudades medias en diversas regiones. Si en el curso de la instrumentación del estudio se obtiene la colaboración de académicos de otros estados, se sumarán a la lista anterior.

Tras la aplicación de redes semánticas y la elaboración de entrevistas, se aplicó un cuestionario con 47 reactivos que abordan la definición del cambio climático e indagan las causas y consecuencias que las personas puedan tener al respecto del cambio climático. Esta es la muestra de un primer piloteo realizado entre el mes de octubre y noviembre de 2010 en la Ciudad de México.

Los objetivos del estudio son analizar el grado en el que la población percibe las causas del cambio climático, tanto distales en forma de procesos físico-

químicos, como proximales en relación con su comportamiento cotidiano.

La aplicación de esta versión inicial del cuestionario fue a 126 personas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) mayores de edad, a quienes encuestadores debidamente capacitados entrevistaron en sus casas. (Tabla 1)

El 36.50% de la población relaciona la frase cambio climático con cambio de temperatura, el 6.34%, con cambio de estaciones del año, otro 6.34% con variación del clima y otro tanto con hoyos en la capa de ozono, un 5.55% con alteraciones en los ecosistemas un 4.76% respectivamente.

### Resultados

Al preguntar a la población el 57.93% dijo haber escuchado sobre el cambio climático y el 57.01% vio, leyó o lo escuchó por televisión esta información. El recibir la información por medio de la televisión (48.4%) (Gráfica 1) reporta diferencias significativas en cuanto al nivel en que la persona se percibe como informada (nivel de conocimiento: nulo, bajo, medio o alto). La obtención de información por medio de la televisión se califica con un nivel de conocimientos medio ( $X^2=17.721$ ,  $gl=3$ ,  $sig.= 0.001$ ) con respecto a los otros canales de información que son radio (9.5%), periódicos (5.6%), revistas (7.9%), internet –facebook, twitter, blogs, etc.-- (7.1%), escuela (4.0%) y cine (2.4%) (Gráfica 2).

El 42.85% dijo que no sabe cuál es el contenido de la información, el 11.90% menciona deshielo de los polos, el 9.52% la capa de ozono, el 7.93% calentamiento global y el 4.76% cambios en el mundo. Al pedir a las personas que definan cambio climático el 10.31% dice que es la afectación a la Tierra por actividades humanas, el 3.17% alteraciones de la tierra, otro 3.17% cambios físicos naturales, un 2.38% dice que aleatoriedad de tiempo y otro 2.38% el cambio en el orden de las estaciones.

Al leer la definición de cambio climático el 95.23% declara entender la definición. El resto (4.75%) dice que no entiende las palabras “variabilidad del clima” (2.38%), “atmósfera” (1.58%) y “directa o indirectamente” (0.79%). Del total de la población, el 15.87% dice tener un nivel nulo de conocimiento sobre el cambio climático, el 40.47% se califica con nivel bajo, el 41.26% con nivel medio y el 2.38% con un nivel alto (Gráfica 3). El 46.82% de las personas piensa que los medios masivos de comunicación ocultan información que puede causar enojo en los ciudadanos, el 25.39% dice que le informan adecuadamente sobre el cambio climático y el 23.80% que se exagera sobre las notas para atraer audiencia.

El 38.88% dice que el cambio climático es causado por la actividad humana, el 34.12% dice que la contaminación es la causa y el 9.52% menciona los elementos naturales y el 7.15% la industria. Las consecuencias de acuerdo a la población encuestada son cambios de temperatura (33.33%), desastres naturales (19.04%), enfermedades (14.28%) y falta de agua (10.31%) entre las consecuencias más mencionadas. El 76.19% dice que estas consecuencias ya se están dando o que se verán en un lapso de cinco años, el 13.49% dice que las consecuencias se darán dentro de 6 a 10 años, el 3.17% piensa que se darán entre 11 y 15 años (Gráfica 4).

El 51.58% de la población se considera afectada por el cambio climático; sin embargo el 42.85% no sabe exactamente cuáles son los elementos que manifiestan dicha circunstancia. Otras manifestaciones de los daños del cambio climático a la vida de la población son enfermedades respiratorias frecuentes (15.87%), calor y frío extremos (7.93%), enfermedades en general (7.93%) e inhalación de contaminación (5.55%) como los más frecuentemente mencionados.

Las personas asignan un 8.67 (en una escala de calificación de 0 a 10) a los habitantes de México como contribuyentes al fenómeno de cambio climático, mientras que ellos mismos se otorgan un 6.25, a la familia le dan un 6.30 pasando por otros niveles hasta los habitantes del estado a quienes califican con un 8.89. A países y continentes se da una calificación desde 6.54 para África hasta un 9 a Estados Unidos de América.

En cuanto a vulnerabilidad, la propia persona se otorga un 8.14, mientras que a los habitantes de

México se les da un 8.74. En cuanto a países y continentes, se piensa que África es la menos vulnerable con un 7.83, a Estados Unidos con un 9.06. Del total de encuestados el 55.55% se piensa preocupado por el cambio climático, el 17.46% se siente temeroso, el 9.52 se considera indiferente y otro tanto confundido y el 7.92 % se percibe como preparado en relación al cambio climático (Gráfica 5).

La comunicación de los diferentes eventos en torno al cambio climático es desconocida por la población. El 77.77% no sabe cuál es el nombre del tratado internacional que pretende disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (sólo el 15.87% lo supo) y el 62.69% no supo de la cumbre de Cancún. Y el 67.46% desconoce que hubiera la Cumbre Climática de Alcaldes y líderes mundiales.

Las personas consideran que el gobierno debe crear campañas para combatir el cambio climático (17.46%), protección de áreas verdes (13.49%), control de automóviles (12.69%), inversión en programas ambientales (9.52%) y el 10.31% no sabe qué recomendaciones hacer.

En cuanto al conocimiento que las personas tienen de programas que se están efectuando ante el cambio climático por parte del gobierno, el 33.33% no sabe de acción alguna, el 26.98% dice que no hay acciones por parte del gobierno, el 13.49% dice que una acción es el programa “Hoy no circula”, el 7.14% dice que el reciclaje, el 5.55% que el manejo de basura, el 3.96% dice que el ahorro de agua y el 3.96% que alternativas sobre los automóviles (entre otras acciones mencionadas)

En cuanto a hábitos recientemente adquiridos para combatir el cambio climático, de los más frecuentemente mencionados, el 22.22% menciona el manejo de basura, el 19.04% ahorra agua, y el 18.25% no hace cosa alguna. En cuanto a disposición para cambiar hábitos y el estilo de vida para disminuir los efectos del cambio climático, el 60.3% dice que cambiaría su estilo de vida sin ninguna condición, el 18.3% dice que cambiaría sólo si no representa un sacrificio, el 16.7% sólo si toda su comunidad cambia y el 4.8% no cambiaría su estilo de vida bajo ninguna circunstancia. El 85.71% dice que prefiere que se cuide el medio ambiente aunque el desarrollo económico vaya más lento, el 9.52% prefiere que se impulse el desarrollo económico aunque se perjudique el ambiente.

Tabla 1. Muestra (sexo, edad, nivel socioeconómico)

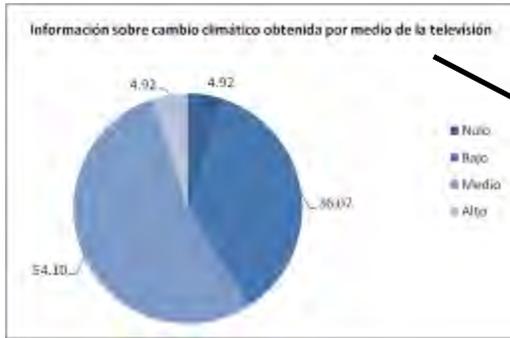
EDAD	%	OCUPACIÓN	%	NIVEL DE ESTUDIOS	%
17-25	20.60	Ama de casa	31.75	Primaria inc	3.97
26-35	21.40	Empleado	15.87	Primaria	9.52
36-45	19.04	Autoempleo	15.87	Secundaria inc	2.38
46-55	19.80	Estudiante	8.73	Secundaria	26.98
56-65	19.04	Comerciante	7.94	Carrera comercial	3.17
<b>NSE</b>	<b>%</b>	Burócrata	7.14	Carrera técnica	6.35
A/B	6.35	Profesionista	4.76	Preparatoria inc	10.32
C+	23.02	Pensionado	4.76	Preparatoria	15.08
C	38.10	Desempleado	2.38	Licenciatura inc	11.90
D+	30.95	Profesor	0.79	Licenciatura	4.76
D	1.59	<b>GÉNERO</b>	<b>%</b>	Posgrado	1.59
<b>N = 126</b>		Mujeres	51.60	Nada	3.97
		Hombres	48.40		

En el primer lugar de elección el 59% de la muestra prefiere recibir información sobre el cambio climático de los científicos, el 30% de los profesores, el 16% de grupos ambientalistas, el 7% de amigos y familiares, el 5% de radio y televisión, el 4% de internet (Facebook, twitter, blogs, etc), el 3% de periódicos y revistas y el 1% de funcionarios de gobierno. Cabe mencionar que el 0% mencionó a los políticos como fuente preferida de información sobre el cambio climático (Grafica 6). El 17.46% de las personas quieren saber cómo combatir el cambio climático, el 16.66% dice que quiere saber qué es y cómo se combate el cambio climático, el 15.07% quiere información al respecto del cambio

climático, el 11.90% quiere conocer cómo se genera el cambio climático, el 7.14% quiere saber cuándo ocurrirá y el 6.34% busca ser informado sobre acciones individuales para prevenir el cambio climático.

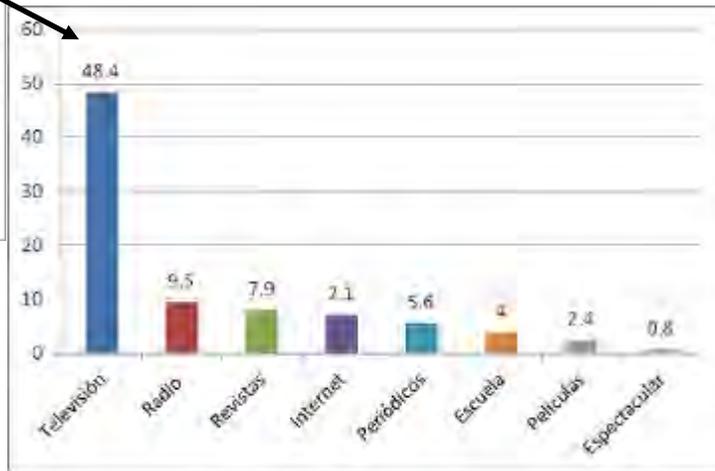
Se realizó una escala sobre aspectos del cambio climático relevantes. Se dividió en tres factores: (1) locus de control externo ante el cambio climático, (2) nivel macro de efectos del cambio climático y (3) ausencia de riesgo del cambio climático ante la calidad de vida (Tabla 2). Este cuestionario alcanzó un alfa de .818.

Gráfica 2. Información

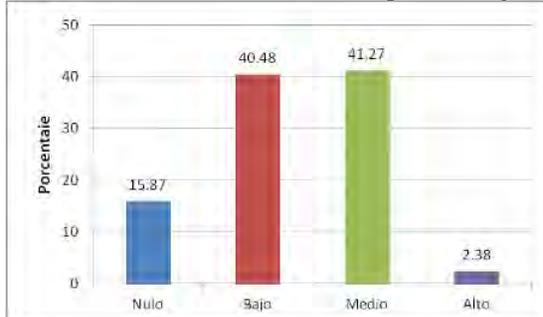


$\chi^2=17.721$ ,  $gl=3$ ,  $sig.= 0.001$

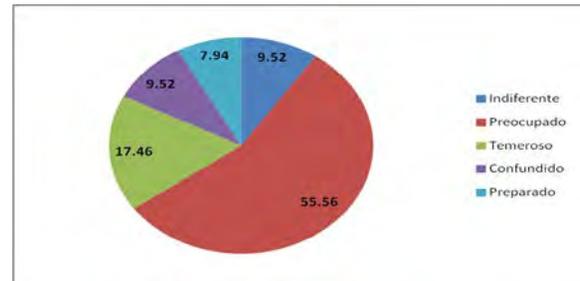
Gráfica 3 Medio por el que obtiene información



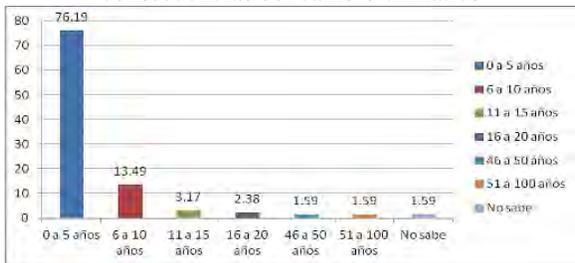
Gráfica 3 Nivel de conocimiento de la población general



Gráfica 5 Con respecto al cambio climático usted se considera...



Gráfica 4. En qué tiempo cree que se verán las consecuencias del cambio climático



Gráfica 6. De quién prefiere recibir información

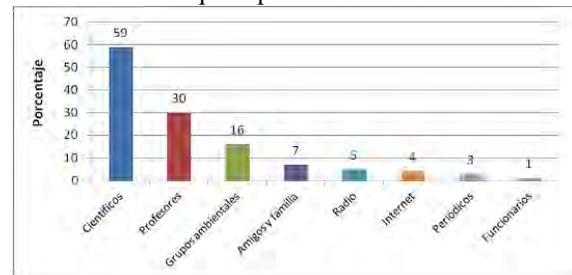


Tabla 2. Aspectos sobre el cambio climático en tres factores

Aspectos sobre cambio climático	Factores		
	1	2	3
1) Se podrá revertir fácilmente (se puede resolver)	<b>0.707771666</b>	0.19232218	-0.195317243
3) Se podrá resolver con el avance de la tecnología	<b>0.662801392</b>	0.037943119	-0.013029853
14) Tendrá efectos negativos y positivos	<b>0.643763447</b>	0.045769648	0.150375288
11) Afecta sólo a plantas y animales	<b>0.569797419</b>	0.461176788	0.064333417
6) Es un fenómeno causado por la propia naturaleza	<b>0.479444981</b>	0.306195773	0.067440463
16) Hará que cambien sus hábitos y estilo de vida	0.470592863	0.250668672	<b>0.452748718</b>
24) Es un fenómeno causado por los movimientos del planeta en su órbita	<b>0.467358563</b>	-0.012231204	0.143365923
12) Es un problema fundamentalmente ambiental	<b>0.45608186</b>	-0.29085669	0.22167322
23) Será resuelto por la propia naturaleza	<b>0.452117471</b>	0.380271888	0.268843798
13) Es un problema que queda en manos de Dios	<b>0.422708434</b>	0.4186324	0.146584005
10) Es una amenaza sólo para algunos países pero no para otros	0.084762865	<b>0.64334069</b>	0.264363837
7) Es un problema fundamentalmente económico	0.221851765	<b>0.58701056</b>	0.02100248
2) Es un fenómeno cuya gravedad se ha exagerado	0.046855559	<b>0.554228363</b>	0.215751679
5) Es un problema fundamentalmente social	-0.024855716	<b>0.551292935</b>	-0.009833852
8) Es favorable para algunas zonas de México	0.425862224	<b>0.455598716</b>	0.017492495
25) Afectará su calidad de vida	0.135396625	0.218045026	<b>0.721222146</b>
20) Las acciones de una persona hacen la diferencia en el cambio climático	0.011861202	-0.198666487	<b>0.650618694</b>
18) Causará muchos desastres	0.224699572	0.200344337	<b>0.59759321</b>
4) Es una amenaza grave	-0.086809247	0.345860623	<b>0.566966238</b>

El factor dos correlacionó negativamente con el reactivo 26 del cuestionario (responsabilidad ante la generación del cambio climático) ( $r=-0.254$ ,  $\text{sig.}=0.001$ ) y con el reactivo 28 (vulnerabilidad ante el cambio climático) ( $r=-0.254$ ,  $\text{sig.}=0.001$ ).

Es decir, mientras más califican el cambio climático como un fenómeno de dimensiones económica y social, menor es su percepción del cambio climático como generado por ellos y como un problema que les provoque daños. El factor tres correlacionó negativamente con los reactivos 26 y 28 ( $r=-0.187$ ,  $\text{sig.}=0.05$ ,  $r=-0.187$ ,  $\text{sig.}=0.05$ ). Es decir, mientras mayor es la percepción de que la persona es generadora del cambio climático, mayor es el riesgo percibido del cambio climático como un daño a la persona.

### Conclusiones

Se obtuvieron los principales puntos sobre la percepción de las personas sobre el cambio climático. La percepción que las personas tienen sobre el cambio climático es incompleta todavía, la información que se pide y la comprensión que se tiene sobre ella muestra muchos elementos faltantes.

En cuanto a las causas, resulta difícil para las personas considerar que su contribución al cambio climático sea igualmente relevante que la que tienen otras personas en diferentes lugares. Se tiene claro que el cambio climático es atribuible a causas humanas. Sin embargo, cuando se proponen cambios de hábitos y adopción de acciones para el apoyo al ambiente, las personas se sienten preocupadas pero requieren de más información al respecto del cambio climático como fenómeno y de los cambios que deben considerar para su vida cotidiana.

En cuanto a la comunicación, en general se puede ver que hay conceptos sobre las causas y consecuencias que las personas no tienen y que las personas quieren conocer, aunque se perciben medianamente informados. Las personas no cuentan con un acervo claro sobre acciones a realizar ante el cambio climático, tanto de las realizadas por el gobierno como acciones que deban hacer ellos mismos que efectivamente repercutan en la mitigación del cambio climático.

El cambio climático es un evento cuya definición y elementos resultan familiares, y más aún, se sabe que ocurre en el presente y que provoca daños, aunque no se tiene una certeza clara de cuáles son esos daños. La población prefiere recibir

información de los científicos y profesores, lo cual representa una gran oportunidad para aquellos que trabajan en este campo y desean apoyar la difusión del cambio climático y las opciones de mitigación. Se hace necesario para esta labor de difusión, considerar que la televisión es uno de los medios más importantes para la obtención de información por parte de la población. La mayor parte de las personas están dispuestas a recibir información y muestran una intención favorable para apoyar acciones que mitiguen el cambio climático.

### Fuentes de consulta

Bostrom, An. Y Lashof, D. (2006). Weather or climate change? En: S. Moser y L. Dilling. *Creating a Climate for Change*. New York: Cambridge University Press.

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (2007). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. México: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007b). *Summary for Policymakers*. En: *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, 7-22.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2007). *Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries*. Germany.

# **Anexo**





Instituto Politécnico Nacional  
Centro Interdisciplinario de Investigación para  
Desarrollo Integral Regional-SINALOA

## DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y CLOROFILA *a* MEDIANTE PERCEPCIÓN REMOTA EN UNA ZONA DE ALIMENTACIÓN DE TORTUGAS MARINAS DEL NORTE DE SINALOA

Samuel Valencia Martínez<sup>1</sup>, T. Leticia Espinosa Carreón<sup>1</sup>, Alan Alfredo Zavala Norzagaray<sup>1</sup>,  
Dalia Guadalupe López Alcántar<sup>1</sup>, Irene Vázquez Martínez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>. Departamento de Medio Ambiente del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes #250, Guasave, Sinaloa. <sup>\*</sup>jama\_di@yahoo.com.mx

### INTRODUCCIÓN

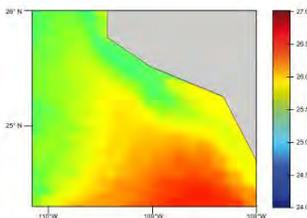
El Sistema Lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule y su zona marino costera se sitúa en la región Sur del Golfo de California en la costa del Estado de Sinaloa al Noroeste de México. El sistema circunda a un conjunto de islas e islotes inscritos en el decreto y el acuerdo de Área Natural Protegida *Islas del Golfo de California* (CONANP, 2010). El área marino-costera del sistema, se localiza en una zona de alta productividad fitoplanctónica (Espinosa Carreón y Valdez Holguín, 2007), se presentan temperaturas más bajas en relación con las encontradas dentro del Sistema Lagunar, debido a las aguas de plataforma que son más frías por interacciones atmósfera-oceano y por procesos oceanográficos particulares como las surgencias costeras de agua subsuperficial fría y rica en nutrientes que se presentan en la región (Bakun y Nelson, 1975) las cuales ocurren con mayor intensidad en invierno y primavera en costas de Sonora y Sinaloa (Roden, 1958). Debido a esto las tortugas marinas encuentran a esta área como una zona de alimentación importante.

En el área de estudio no existen trabajos previos de caracterización en cuanto a variables ambientales de la zona de alimentación de tortugas marinas a pesar de ser un área importante para el desarrollo de especies protegidas y en algún estatus de peligro según la NOM-059-SEMARNAT-2010 entre las que se encuentran las tortugas marinas. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la zona marino-costera del sistema lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule a partir de imágenes de satélite de clorofila *a* como estimador de la biomasa fitoplanctónica y de temperatura superficial del mar y su relación con avistamientos de tortugas marinas.



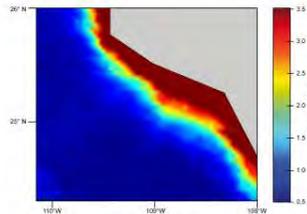
### METODOLOGÍA

Se emplearon composiciones globales semanales con resolución espacial de 4x4 km por píxel del periodo mayo de 2008 a junio de 2011 de Clorofila *a* y de Temperatura Superficial del Mar del sensor ModisAqua obtenidas de los sitios web <http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODISA/Mapped8Day4km/chlor/> y <http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODISA/Mapped8Day4km/SSIT/>. El corte del área de estudio, la obtención de imágenes promedio así como la representación gráfica del ciclo estacional se realizaron mediante el paquete computacional MatLab.

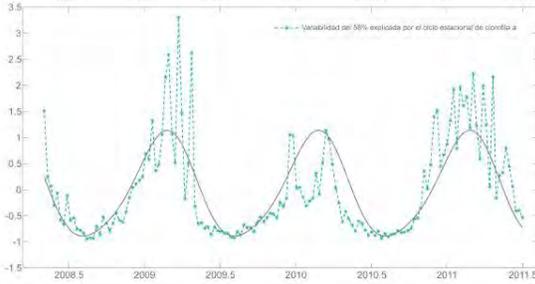
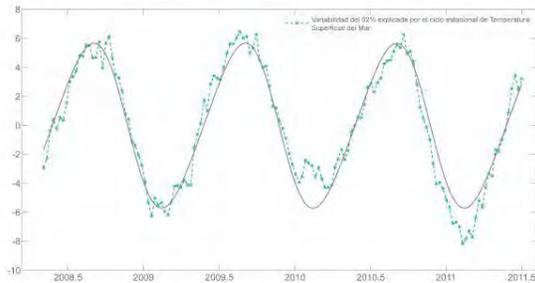


### RESULTADOS

El área de estudio presentó temperaturas superficiales del mar (TSM) variables a lo largo del periodo de análisis, el promedio espacial fue de 25.8°C, registrándose cierta variabilidad espacial, con las temperaturas más bajas frente al Sistema Lagunar San Ignacio-Navachiste-Macapule, que coincide con el límite de la plataforma continental (figura 2). Las concentraciones de clorofila *a* presentan variabilidad espacial asociadas a los cambios en las temperaturas, el promedio general es de 1.2 mg m<sup>-3</sup>, con las mayores concentraciones cerca de la costa de hasta 3.5 mg m<sup>-3</sup> y menores hacia mar abierto (figura 3).



En el caso de la temperatura superficial del mar la variabilidad se determinó en un 92% por el ciclo estacional; durante el primer trimestre de 2011 se registraron los mínimos valores de temperatura que refleja una variación en el ciclo de clorofila *a* que se extiende hasta mitad de año (figura 4). El ciclo estacional determinó el 58% de variabilidad de clorofila *a*, las anomalías mayores positivas se registraron durante marzo de 2009 que corresponden con anomalías negativas en la temperatura de hasta 6°C por debajo del promedio.



Se observó una variación inusual más baja en las concentraciones de clorofila *a* que no se relaciona con el ciclo estacional en el primer trimestre de 2010 que corresponde con un aumento en las temperaturas. El coeficiente de correlación entre ambas variables fue de -0.81 lo que indica que existe una alta co-variación entre ambos parámetros influyendo, también otros factores y procesos oceanográficos como las surgencias costeras.

### CONCLUSIONES

Existe amplia relación entre las concentraciones de clorofila *a* y Temperatura Superficial del Mar que obedecen a un patrón estacional, no obstante puede haber influencia de otros factores ambientales y procesos oceanográficos y eventos climáticos.

Al presentarse las condiciones aptas para el desarrollo de productores primarios, la sucesión de especies permite la presencia de alimento dentro de la red trófica por lo que las tortugas marinas encuentran en el área abundante alimento para su desarrollo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bakun, A., y Nelson, C. 1975. Climatology of the upwelling related processes off Baja California. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep. 19:128-137.
- Espinosa-Carreón T. L. y Valdez-Holguín J. E. 2007. Variabilidad interanual de clorofila en el Golfo de California. *Ecología aplicada*, 26(4):561-583.
- Roden, G. I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pac. Sci.*, 12:21-45.
- Zavala A., Briseño R., Ramos M. y Aguirre A. 2007. First record of juvenile olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) in Northern Sinaloa Gulf of California, México. 27<sup>th</sup> Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Myrtle Beach, South Carolina. 22-28 February 2007.





# IMPACTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN LOS REGADÍOS DE ANDALUCÍA (SUR DE ESPAÑA)

J. Estévez <sup>(1)</sup> and P. Gavilán <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Córdoba, Área Proyectos de Ingeniería, Dpto. Ingeniería Rural, Campus Rabanales, Córdoba, España [jestevez@uco.es](mailto:jestevez@uco.es)  
<sup>(2)</sup> IFAPA "Alameda del Obispo", Junta de Andalucía, Córdoba, España [pedro.gavilan@juntadeandalucia.es](mailto:pedro.gavilan@juntadeandalucia.es)



Figura 1. Red de Información Agrometeorológica de Andalucía

## 1. INTRODUCCIÓN

La cuantificación precisa de la evapotranspiración en la agricultura de regadío es fundamental para la optimización de la producción de cultivos, planificación y gestión de infraestructuras de riego y recursos hídricos y para su empleo eficiente. El procedimiento más común para estimar la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) es multiplicar los valores de evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) por un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>). K<sub>c</sub> representa el efecto integrado de cambios en el área foliar, altura de planta, método de riego, la tasa de desarrollo del cultivo, resistencia a la cubierta, la fecha de plantación de los cultivos, el área foliar, el albedo, el suelo y las condiciones climáticas y las prácticas de manejo (Doorenbos y Pruitt, 1977).

ET<sub>0</sub> es una medida de la demanda evaporativa de la atmósfera independiente del tipo de cultivo, su desarrollo y prácticas de manejo. En consecuencia, ET<sub>0</sub> es un parámetro climático estimado y puede ser calculado a partir de datos meteorológicos (Allen et al., 1998). La estandarización de cálculo de ET<sub>0</sub> está descrita en ASCE-EWRI (2005). Los análisis de sensibilidad son muy importantes en la comprensión de la importancia relativa de la información climática en la variación de ET<sub>0</sub> (Irmak et al., 2006). La sensibilidad de la ecuación de la ET<sub>0</sub> ASCE estandarizada (Penman-Monteith FAO-56) de las variables meteorológicas en España aún no ha sido estudiada. Andalucía está situada en el sur de España. El clima de esta región es semiárido, típicamente mediterráneo, con veranos muy calurosos y secos y una alta variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones. En Andalucía casi un millón de hectáreas son de regadío bajo condiciones muy diferentes.

La Red de Información Agrometeorológica de Andalucía (RIAA) fue implantada para dar cobertura a la mayoría de las zonas de regadío de la región y para mejorar la gestión del agua de riego (Estévez et al., 2010; Gavilán et al., 2008). Su explotación, mantenimiento y validación de los datos meteorológicos (Estévez y Gavilán, 2006) se llevan a cabo por el IFAPA (Instituto de Investigación Agrícola de la Junta de Andalucía). Esta red ofrece en la actualidad las estimaciones diarias de ET<sub>0</sub> usando información meteorológica recogida por 99 estaciones meteorológicas automáticas (figura 1). El objetivo de este estudio es cuantificar la sensibilidad de la diaria estandarizada ET<sub>0</sub> ecuación de variables climáticas en la región de Andalucía y de deducir los coeficientes de sensibilidad para cada variable. Estas variables son: la velocidad del viento a la altura de 2 m, temperatura, humedad relativa y radiación solar.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Datos

Los datos utilizados en el presente estudio fueron obtenidos de la base de datos diaria de la RIAA y comprenden desde 2001 a 2010. El análisis de sensibilidad fue realizado para todas las estaciones con un periodo de tiempo superior a tres años, ya que las estaciones recientemente implantadas no fueron utilizadas.

### 2.2. Ecuación estandarizada de la ET<sub>0</sub> (ASCE-EWRI, PM-FAO56)

$$ET_0 = \frac{0.408(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d U_2)}$$

ET<sub>0</sub> = evapotranspiración de referencia estándar "grasa" (mm d<sup>-1</sup>), Δ = pendiente de la presión de vapor de saturación frente a la curva de temperatura del aire (kPa °C<sup>-1</sup>), R<sub>n</sub> = radiación neta calculada en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), calculada como la diferencia entre la red de radiación de onda corta (R<sub>sc</sub>), con el albedo = 0.23, y la red de salida radiación de onda larga (R<sub>nl</sub>), G = flujo de calor en el suelo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), T = temperatura media diaria del aire a 1.5 m de altura (°C), U<sub>2</sub> = velocidad media diaria del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>), e<sub>s</sub> = presión de saturación de vapor (kPa), calculado como el promedio presión de vapor de saturación a la temperatura del aire máxima y mínima, e<sub>a</sub> = presión de vapor real media (kPa), calculado a partir de la humedad relativa y la temperatura del aire correspondientes, γ = constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>), C<sub>n</sub> = 900 y C<sub>d</sub> = 0.34 para "grasa".

### 2.3. Introducción de errores. Simulación.

Los errores aleatorios (RE) y sistemáticos (SE), inherentes a las mediciones meteorológicas, afectan a los valores de las variables climáticas para estimar la ET<sub>0</sub>. Se ha estudiado el efecto de la magnitud de éstos en las estimaciones diarias de ET<sub>0</sub> sobre el curso anual. Las perturbaciones de los datos meteorológicos diarios han consistido en añadir errores aleatorios y sistemáticos a los datos originales. Los errores aleatorios y sistemáticos fueron analizados por separado introduciéndolos en cada variable de entrada. El error sistemático es un tipo de sesgo constante positivo o negativo que pudiera derivarse de la incorrecta calibración del sensor. Los errores aleatorios son desviaciones positivas y negativas de un valor que se producen por casualidad. Mediante el método de Monte Carlo se han introducido errores aleatorios. Un conjunto de simulaciones fue realizado para cada variable para determinar cómo la estimación de ET<sub>0</sub> se vio afectada. Los ratios de error se definen como la cantidad de errores (sistem o random) dividido por la desviación estándar de una variable climática medidos durante un periodo específico de tiempo (Meyer et al., 1989). Estos se utilizaron para determinar la sensibilidad del modelo a los errores de los datos climáticos y para permitir la comparación directa de los efectos de los errores. Ratios de error sistemático de ± 1.0, ± 0.8, ± 0.6, ± 0.4 ± 0.2 fueron evaluados. Debido a la simetría en los resultados positivos sólo ratios de error aleatorio de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 se estudiaron. Los estadísticos utilizados para evaluar el efecto de los dos tipos de errores fueron:

### BIAS (Systematic Error)

$$BIAS = \frac{ET_{0,est} - ET_{0,real}}{N}$$

### Standard Error of Estimate (Random Error)

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (ET_{0,est} - ET_{0,real})^2}{N - 2}}$$

## 3. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las figuras 2 a 5 ilustran los posibles errores en ET<sub>0</sub> cuando los SE y RE se añaden a cada variable climática para periodos trimestrales. "JFM" corresponde a enero, febrero y marzo (Figura 2), "AMJ" abril, mayo y junio (Figura 3), "JAS" julio, agosto y septiembre (Figura 4) y "OND" octubre, noviembre y diciembre (Figura 5). Los puntos representados son la media de los errores en la ET<sub>0</sub> (BIAS o SEE) expresados como un porcentaje de la media diaria ET<sub>0</sub> para el periodo de tiempo dado en toda la RIAA y para cada ratio de error. Las líneas que conectan los puntos nos ayudan al análisis visual y no implica ningún tipo de relación de regresión, a pesar de que las tendencias lineales son evidentes en la mayoría de los casos. En todos los periodos de tiempo analizados, SE positivos en temperatura, radiación solar y velocidad del viento provocaron ET<sub>0</sub> BIAS positivos (sobrestimación), mientras que SE positivos en la humedad relativa provocaron ET<sub>0</sub> BIAS negativo (subestimación). SE y RE añadidos a temperatura contribuyeron aproximadamente al mismo error en la ET<sub>0</sub> en todos los periodos. La ecuación es más sensible a los ratios de error sistemático en temperatura de enero a septiembre, y más sensible a los ratios de error sistemático en radiación solar desde octubre a diciembre. Este tipo de errores añadidos a la humedad relativa tuvieron el mismo efecto de octubre a marzo (aproximadamente ±12% BIAS error para ratios de error ± 1,0) y menos desde abril a septiembre (entre ±4-5% BIAS error para ± 1,0 ratio de error). Los errores aleatorios añadidos a velocidad del viento provocaron un mayor error en la ET<sub>0</sub> de octubre a diciembre (un 32% SEE para 1,0 ratio de error). El modelo es menos sensible a la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento para errores aleatorios de enero a septiembre. Los coeficientes de sensibilidad se han estimado según McCuen (1973), asumiendo una relación lineal en las figuras 2 a 5. Estos coeficientes se resumen en la tabla 1.

Figura 6. Coeficientes de sensibilidad para T<sub>0</sub> AMJ time period

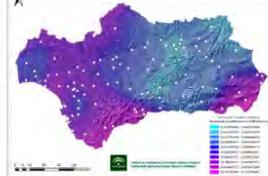


Tabla 1. Coeficientes de sensibilidad estimados para la ET<sub>0</sub> en diferentes periodos de tiempo

Error Type	JFM	AMJ	JAS	OND	
Temp.	Syst.	0.58	1.05	1.31	0.79
	Rand.	0.66	1.13	1.40	0.68
Solar Rad.	Syst.	0.37	0.54	0.51	0.27
	Rand.	0.53	0.62	0.58	0.48
Wind Speed	Syst.	0.32	0.19	0.25	0.41
	Rand.	0.41	0.22	0.28	0.56
RH	Syst.	-0.71	-0.25	-0.18	-0.85
	Rand.	0.81	0.27	0.22	1.01

## 4. REFERENCIAS

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1988. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56, Rome.

ASCE-EWRI, 2005. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Environmental and Water Resources Institute (EWRI) of ASCE. Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee. Final Report. <http://www.fao.org/docrep/010/01020e.htm#2005>

Doorenbos, J. and Pruitt, W.G., 1977. Guidelines for prediction of crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper No. 24, 2nd Ed., FAO, Rome.

Estévez, J. and Gavilán, P., 2006. Quality control procedures in the Agrometeorological Information of Andalucía. 4th International Conference on Experiences with Automated Weather Stations, Lisboa, 24, 25 & 26 May 2006.

Estévez, J., Gavilán, P., Gálvez, J.V., 2010. Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations. J. Hydrol., 402, 144-154.

Gavilán, P., Estévez, J., Benjumea, J., 2008. Comparison of Standardized Reference Evapotranspiration Equations in Southern Spain. J. Irrig. Drain. Eng., 134(1), 1-12.

Irmak, S., Payero, J.O., Martin, D.L., Irmak, A., Howell, T.A., 2006. Sensitivity Analyses and Sensitivity Coefficients of Standardized Daily ASCE-Penman-Monteith Equation. J. Irrig. Drain. Eng., 132(6), 564-573.

McCuen, R.H., 1973. The role of sensitivity analysis in hydrologic modeling. J. of Hydrol., 13, 37-53.

Meyer, S.J., Hubbard, K.G., Willis, D.A., 1989. Estimating potential evapotranspiration: The effect of random and systematic errors. Agric. and Forest Meteorol., 46, 255-296.

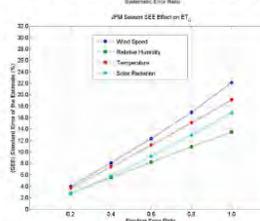
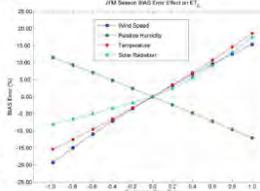


Figura 2. Sensitivity of ASCE-Penman-Monteith ET<sub>0</sub> equation to (a) systematic errors (BIAS), and (b) random errors in climatic variables for January, February and March (JFM) time period

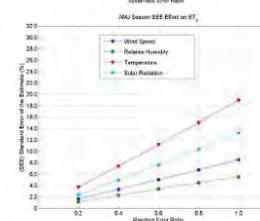
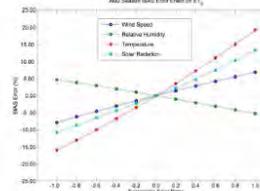


Figura 3. Sensitivity of ASCE-Penman-Monteith ET<sub>0</sub> equation to (a) systematic errors (BIAS), and (b) random errors in climatic variables for April, May and June (AMJ) time period

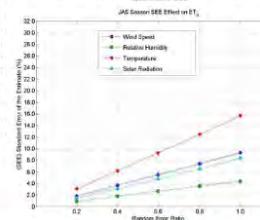
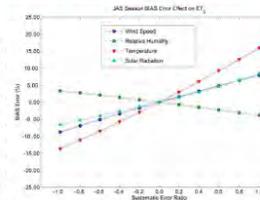


Figura 4. Sensitivity of ASCE-Penman-Monteith ET<sub>0</sub> equation to (a) systematic errors (BIAS), and (b) random errors in climatic variables for July, August and September (JAS) time period

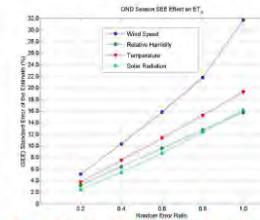
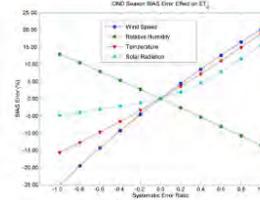


Figura 5. Sensitivity of ASCE-Penman-Monteith ET<sub>0</sub> equation to (a) systematic errors (BIAS), and (b) random errors in climatic variables for October, November and December (OND) time period

Estos coeficientes pueden ser utilizados para cuantificar la importancia de cada variable en la ecuación ASCE PM-FAO56. Las variables más relevantes desde Abril a Junio y velocidad de viento desde Julio a Septiembre. Desde Octubre a Marzo las variables más importantes son humedad relativa y temperatura, seguidas por velocidad de viento desde Octubre a Diciembre y por radiación solar desde Enero a Marzo.

Los resultados presentados en las figuras 2 a 5 pueden ser empleados para estimar los valores de ET<sub>0</sub> en diferentes regadíos de Andalucía según las previsiones de cambio de las variables climáticas o errores en sus mediciones. Por tanto este estudio se muestra útil para optimizar no solo la calibración de sensores y rutinas de mantenimiento durante el año sino para predecir la ET<sub>0</sub> en función de las tendencias climáticas.

Los coeficientes recogidos en la tabla 1 fueron estimados para toda la RIAA. En la figura 6 se representa la variabilidad de estos coeficientes (desde Abril a Junio para temperatura) para cada localización en toda la región de Andalucía. La distribución espacial de estos coeficientes fueron estimados empleando técnicas de krigado ordinario para su análisis visual. En general, este mapa muestra que la ecuación analizada en este estudio es menos sensible a la temperatura durante este periodo, en estaciones interiores, con la excepción de la costa de Granada. Estaciones situadas en Almería, Cádiz y Málaga (Mar Mediterráneo) tienen mayores coeficientes de sensibilidad que las estaciones de Córdoba, Jaén o Granada. Estos mapas pueden generarse para cada variable climática y periodo de tiempo. Estos resultados son importantes para establecer prioridades en las calibraciones de sensores y rutinas de mantenimiento para los técnicos de campo en los diferentes regadíos de Andalucía.

“Las azoteas verdes y su papel en el mejoramiento del ambiente urbano”

Monroy-Colin Alejandro<sup>1</sup>, Reyes-Santiago Jerónimo<sup>2</sup> y Collazo-Ortega Margarita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Desarrollo en Plantas, Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias; <sup>2</sup>Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México

Las Naciones Unidas señalan que la Ciudad de México y zona conurbada (ZMVM) es una de las regiones con mayor contaminación aérea de todas las grandes ciudades del mundo, emitiéndose diariamente alrededor de 15,000 ton de contaminantes (Rudolf y Rudolf 1994). De acuerdo con los datos de la Tercera Comunicación Nacional presentada por México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y el inventario Nacional de Emisiones 1990-2002, México contribuye con alrededor del 1.5% de las emisiones mundiales de gases con efecto invernadero, poco más de 643 millones de ton equivalentes de CO<sub>2</sub>, ubicándose en el duodécimo lugar de los países con mayores emisiones a escala mundial. Se calcula la ZMVM aporta el 6.7% de las emisiones nacionales (43.4 millones de ton de CO<sub>2</sub>; GDF, 2006), producidos por las actividades propias de una población urbana de más de 20 millones de habitantes, donde se concentran 25% de las industrias de todo el país.

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Industrias	10,345,252	223	29
Comercial-Servicios	972,601	19	2
Residencial-habitacional	4,233,924	102	7
Transporte	21,139,856	3,760	1,315
Otras*	1,069,149	246,796	66

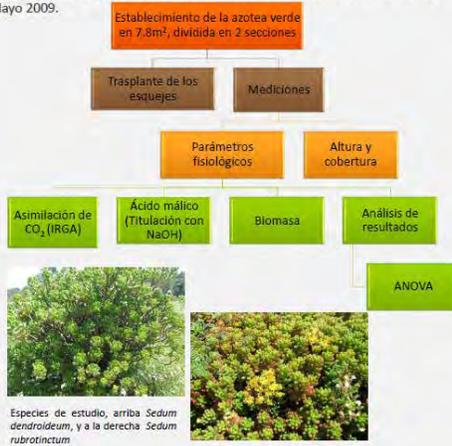
Emisiones totales de gases con efecto invernadero para la ZMVM-2006, (ton/año) (GDF,2006)

Por ello, se requiere implementar medidas para mitigar los efectos perjudiciales y recuperar la calidad del aire. Una medida es a través de la construcción de azoteas verdes, especialmente las extensivas (AVE). Se conoce ampliamente que las AVE producen beneficios ecosistémicos, pero lamentablemente se cuenta con poca información sobre la fisiología de las plantas utilizadas en las AVE y de cuáles, y cómo, es que se dan dichos beneficios sobre los efectos negativos del ambiente en áreas con poca o nula vegetación, como lo es en gran cantidad las zonas que constituyen la ZMVM.

Es por ello que este trabajo tuvo como objetivo estudiar la supervivencia, crecimiento y capacidad de captura de carbono en *Sedum dendroideum* y *Sedum rubrotinctum*, especies de la familia *Crasulaceae*, usadas comúnmente en las AVE, con el objetivo de conocer cual tiene mejor respuesta al medio y puede ser sugerida por prestar mayores beneficios ecosistémicos.

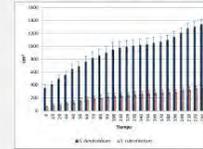
Método

Se instaló una AVE en el edificio de colecciones del Jardín botánico de la UNAM. Las mediciones de crecimiento en altura y cobertura se realizaron cada 10 días y el resto de los parámetros cada 45 días, de Octubre 2008 a Mayo 2009.

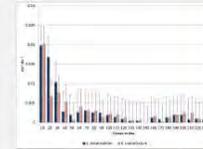


Resultados

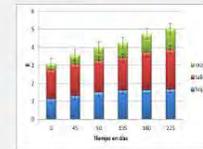
Se obtuvo una supervivencia de 86.6% para *S. dendroideum* y 93.3% para *S. rubrotinctum*. En todos los parámetros medidos *S. dendroideum* presentó mayores valores. Sin embargo la tasa relativa de crecimiento en altura (TRCa) fue similar entre ambas especies. Excepto en la concentración de ácido málico y la TRCa, en los demás parámetros se obtuvieron diferencias significativas entre especies.



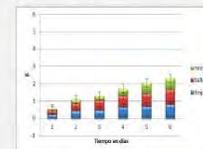
Crecimiento en cobertura de ambas especies de Sedum



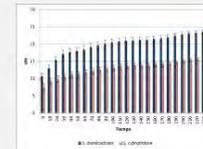
Tasa relativa de crecimiento de altura de ambas especies de Sedum



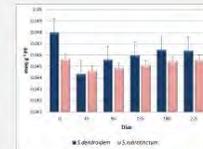
Acumulación de biomasa de *S. dendroideum*



Acumulación de biomasa de *S. rubrotinctum*



Crecimiento en altura de ambas especies de Sedum



Concentración de ácido málico para ambas especies de Sedum

Conclusiones

Las mediciones de captura de carbono se realizaron entre las 16 y 19 h, momento en el cual las plantas tenían cerrados los estomas, esto concuerda con el comportamiento típico de las plantas CAM. En el trabajo de Sour et al. (2010), en el que se midió la captura de carbono durante 24 h por periodos de 4 h, se registró un comportamiento similar.

La concentración de ácido málico, que es la forma en que el carbono se almacena para después ser descarboxilado para el ciclo de Calvin-Benson, indica que *S. rubrotinctum* tiene una menor absorción.

El mayor crecimiento en altura y cobertura de *S. dendroideum*, junto con una mayor acumulación de ácido málico, presume ser una mejor especie, de las dos estudiadas, para ser plantada en las AVE. Así mismo, en menor tiempo cubre una mayor superficie, lo que brinda beneficios ecosistémicos al retener más agua, y por tanto aumentar la humedad relativa ambiental, y posiblemente disminuir la temperatura (efecto "isla de calor urbano"). Su mayor capacidad de captura de carbono, asociada al ácido málico almacenado, muestra otro beneficio al disminuir la concentración de este gas en la atmósfera.

Las AVE tienen un alto valor ecosistémico al mitigar los factores que afectan la calidad del aire y del microclima, por lo que se recomienda su instalación en la ZMVM tomando en cuenta las especies estudiadas.

\* GDF. 2006. Inventario de emisiones, Gases de Efecto Invernadero. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México, D.F.  
 \* Rudolf F. y W. Rudolf. 1994. Necesidad de naturalización de grandes áreas edificadas. Revista agropecuaria. Año No. 63 No. 749. Pp. 1035-1038.

CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO 2011.

Incorporación de las anomalías climáticas (INE, 2011) y grados de marginación (CONAPO, 2005) en el Ordenamiento Territorial.



Dr. Benjamín Ortiz Espejel  
Mtro. Marco A. Espinoza-Guzmán  
Universidad Iberoamericana -Puebla



**Introducción:**

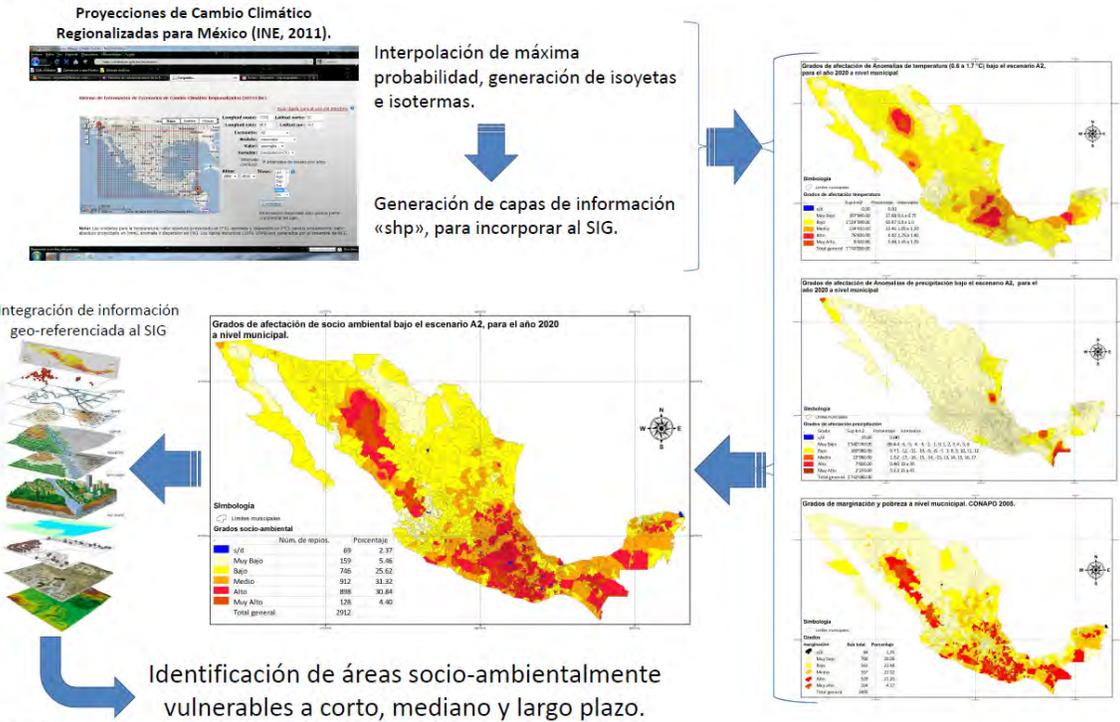
La realidad que vive la especie humana, sin parangón en la historia, en un mundo globalizado, complejo e incierto que cada día se vuelve de mayor riesgo, ha enviado una nueva advertencia frente a un drama de nuevo cuño, desde la perspectiva de la investigación y la divulgación de la crisis socioecológica a escala global se dispone cada día de más argumentos que demuestran la existencia de cuatro o cinco fenómenos, que son los primeros efectos del cambio climático provocado por la contaminación industrial. Uno de ellos, es el incremento en número e intensidad de los huracanes. No se trata de "fenómenos o desastres naturales", sino de procesos híbridos, cuyo origen es una mezcla de factores naturales y sociales. En éste sentido, no se puede pensar el cambio climático ni el ordenamiento territorial por separado debido a que constituyen procesos que se están dando en los territorios, y que al abordarlos de manera conjunta nos ayuda a comprender cuáles son las fuerzas que lo moldean. Por otra parte sí bien es cierto, el territorio lo determinan en cierta medida el patrón de asentamiento de la población y sus consiguientes implicaciones de uso del suelo (agrícola, el turismo, desarrollo inmobiliario, conservación de la biodiversidad y del patrimonio cultural, infraestructura, etc.), también lo configuran las características climáticas, edáficas, geológicas, etc, y que todo ello aunado representan retos para el ordenamiento territorial que se ven afectados de alguna manera por el cambio climático. En el caso de las actividades agrícolas, los problemas de sequía y escasez de agua derivados de éstas anomalías pueden afectar en rendimientos, desencadenando otro tipo de fenómenos no menos importante como son la migración y con sus consecuentes impactos en las zonas carentes de servicios y muchas veces asentados en áreas de alto riesgo.

**Metodología:**

Se hizo uso de las proyecciones de cambio climático regionalizadas para México proporcionadas por INE (2011) de la página web: <http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/>, los cuales son producto de la reducción de escala de los resultados de los Modelos de Circulación General (MCG) utilizados en el Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC). Obteniendo proyecciones de resolución temporal mensual y espacial de 50km x 50km para el periodo 2000-2099 de los escenarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) A2, A1B, B1 y COMMITED.

Una vez obtenida la base de datos con la información referente a las anomalías de precipitación y temperatura a nivel nacional, se generaron isoclinas con el algoritmo de máxima probabilidad mediante el programa SURFER v.8 y exportados a formato «shp», para su incorporación como capa de información georeferenciada a un Sistema de Información Geográfico, y con él realizar los análisis correspondientes a vulnerabilidad socio-ambiental.

Cabe señalar que las unidades para la anomalía de temperatura media anual están dadas en grados centígrados (°C), mientras que para anomalía de precipitación está en porcentaje (%) con respecto al total anual.



Referencias:  
INE. (2011). Proyecciones de cambio climático regionalizadas para México proporcionadas. En: <http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/>  
CONAPO (2005). Indices de marginación y pobreza 2005. En: <http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/IndicesMargLoc2005.pdf>  
Toledo V. M. y B. Ortiz-Espejel. (2005). Katrina y la otra guerra mundial. En: <http://irigoa.usc.es/drupal/node/19969>



# Implementar Alternativas Biotecnológicas para la producción de biogas de residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios



ORDAZ, L.A (1), FLORES, E.J.(2), VALVERDE, E. (2).

luis.ordaz@unipoliddgo.edu.mx; maes.mexico@gmail.com

(1)Universidad Politécnica de Durango, (2) MAES de México, S.A. de C.V.

## Introducción

La generación de residuos alimenticios es el principal residuo que se genera en el hogar. El presente trabajo se fundamenta en el crecimiento y desarrollo de las sociedades con el aumento en la producción de residuos. Dicha sociedad reclama soluciones científicas y tecnológicas, una ellas fue la utilización de rellenos sanitarios que promueven la sinergia entre los residuos y comunidades microbianas, pero la diversidad de residuos evitaría su buen funcionamiento, por lo cual se propone este prototipo (diseño propio) para lograr la obtención de biogas a partir de mezclas de materias orgánicas para utilizarse como medio de calentamiento de alimentos en comunidades.



## Justificación

Las grandes concentraciones de basuras (residuos de comida) producidas en los hogares, generan grandes cantidades de metano que participan el efecto invernadero. Es por ello, que el planteamiento de este prototipo surge como una gran ayuda.

## Objetivo

Construir y evaluar el prototipo creado para la generación de biogas a partir de residuos sólidos presentes en los rellenos sanitarios

## Metodología

Primero se inició con la recolección de la materia orgánica, la cual llegaría al relleno sanitario (chóles, repollo, rábanos, tomate, orégano, etc.) como aditivo detonante, excremento de asno. Posteriormente se inició con la construcción del prototipo basados en un Tinaco tipo Rotoplas, con un volumen de 450 L., tubos, pegamento, etc. Para las mediciones del gas metano, se colocaron valvulas adaptadas al medidor. Se graficaron y compararon los resultados, hay que hacer hincapié que se realzo en época de calor, faltaría complementar con la etapa de frío

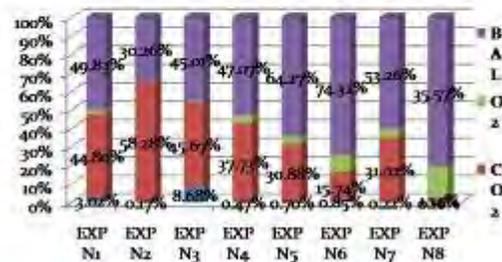


Medidor landtec gem2000



## Resultado

EXP	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
49.21%	30.20%	45.00%	47.17%	64.17%	74.14%	53.20%	35.57%	
44.50%	58.24%	1.67%	37.18%	30.81%	15.44%	31.02%	43.64%	
3.02%	0.17%	8.68%	0.47%	0.70%	0.83%	0.21%	0.36%	



## Conclusiones

El primer experimento nos genero hasta un 45% de gas metano, con la composición de residuos de comida y lodos orgánicos, además de un acelerado. Al inicio del tiempo de frío se dieron variaciones altas, por lo que se considera la adición de una celda solar de calentamiento para mantener la temperatura de 27°C.



## VULNERABILIDAD AGRÍCOLA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE NAYARIT: CASOS DE ESTUDIO MAÍZ Y FRIJOL



Juárez López Portillo<sup>1</sup>; Bugarió Montoya Robles<sup>2</sup>; Bajajquez-Serrano José Irán<sup>1</sup>; Álvarez-Bravo, Arturo<sup>2</sup>; Carr-López Emmanuel de Jesús<sup>1</sup>. portilloj@ yahoo.com. Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo" s/n. Tepic, Nayarit, México, CP. 63190. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Santiago Escuintla Apdo. Postal 100 Santiago Escuintla, Nayarit 63300, México

### INTRODUCCIÓN

México se sitúa entre los países con mayor vulnerabilidad ya que 15% de su territorio, 68.2% de su población y 71% de su Producto Interno Bruto (PIB) se concentran altamente expuestos al riesgo de impactos adversos directos del cambio climático. La pérdida económica en la producción agrícola podría ser de 16 a 22 mil millones de pesos si se toma en cuenta que el valor de la producción de cultivos importantes como caña de azúcar, frijol, maíz, café, trigo y napa, es de 39 mil millones de pesos y que la pérdida en la producción debido al cambio climático se estima entre 42 y 57%. Durante los últimos años, la agricultura mexicana de temporal en el ciclo primavera-verano ha sido de alrededor de 80%. Tal condición vuelve a la agricultura mexicana muy vulnerable a las fluctuaciones en el clima. Los cultivos con irrigación no se ven tan afectados como los de temporal, a menos que la disponibilidad de agua en zonas se vea reducida substancialmente. Tanto los cultivos de temporal como los de irrigación están sin embargo sujetos de la misma manera a cambios en la temperatura. Los cambios en la producción agrícola se verán reflejados en precios, lo cual afectará al resto de la sociedad (Cardenas, 2009).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se originaron escenarios climáticos A1B y A2 para los años 2020, 2050 y 2080 para el Estado de Nayarit mediante modelos climáticos, el año base fue 2005. Con el programa Arc View 3.2 mediante algoritmos de mapas se acoplaron los escenarios climáticos con los requerimientos de temperatura máxima y de altura óptimos para el cultivo de maíz y de frijol con el fin de obtener las regiones óptimas para este cultivo para dimensionar las áreas que se afectarían de acuerdo los escenarios climáticos futuros. Los valores óptimos de cultivo que se consideraron fueron: altitud 0 - 1,600 m, precipitación 500 - 1,000 mm y temperatura de 24 a 29.5 °C para el cultivo de maíz y de altitud 0 - 1,000 m y temperatura de 21 a 28 °C. Para frijol no se consideró la precipitación como factor limitante porque se cultiva en ciclo otoño invierno con humedad residual o riego. Para el cultivo de maíz se analizó el ciclo de primavera verano (temporal). Los valores óptimos se consideraron los recomendados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Ruiz-Corral *et al.*, 2009).

### RESULTADOS

Para el cultivo de maíz, al considerar el escenario A1B, la superficie óptima estimada en el año base es de 194,379.6 hectáreas (ha), para el año 2020 y 2050 se presenta un incremento en la superficie (313,360.3 y 209,670.5 ha, respectivamente), sin embargo, para 2080 se prevé una disminución drástica en la superficie óptima (86,189.5 ha). Por otro lado, para el escenario A2, para 2020 y 2050 se obtuvo la misma superficie óptima de cultivo (228,720.1 ha) pero para 2080 no se prevé alguna zona óptima para el cultivo de maíz en el Estado de Nayarit.

En cuanto al cultivo de frijol para el escenario A1B, para el año base se tiene una superficie óptima de 905,250.1 ha y en los años 2020, 2050 y 2080 se presentan disminuciones en la superficie óptima de cultivo 458, 244.0, 90,738.6 y 52,549.5 ha, respectivamente. Para el escenario A2 en 2020 y 2050 se tiene la misma superficie óptima (97,841.3) y en 2080 se prevé una reducción hasta 22,563.4 ha.

### CONCLUSIONES

Como algunas medidas de adaptación se sugiere: realizar mejoramiento genético para enfrentar condiciones más variables de crecimiento, selección de cultivos para identificar mecanismos y fuentes de tolerancia a estrés abióticos tales como altas temperaturas y sequía desarrollo de nuevos cultivos para aprovechar más condiciones favorables de crecimiento, invertir en la tecnificación del campo con sistemas de riego por goteo que hacen más eficiente el uso del agua, incrementar la superficie con agricultura protegida donde se controlan en gran medida algunos factores climáticos, tales como temperatura y humedad relativa y mayor eficiencia en el uso de agua y de los fertilizantes, empleo de predicciones meteorológicas emitidas por instituciones como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Forestales y Pecuarias (INIAP) e impulsar los contratos de seguros agrícolas principalmente para sequía e inundaciones.

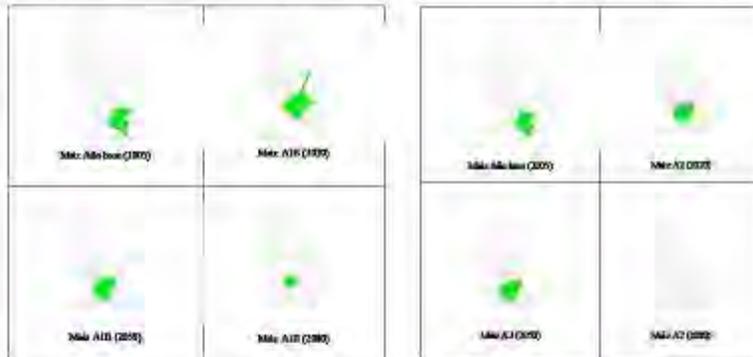


Figura 1. Escenario A1B para 2020, 2050 y 2080 de la superficie óptima para el cultivo de maíz en el Estado de Nayarit. Fuente: Proyecto Impacto y Estrategias de mitigación del cambio climático en el Estado de Nayarit. UNINER-AP.

Figura 2. Escenario A2 para 2020, 2050 y 2080 de la superficie óptima para el cultivo de maíz en el Estado de Nayarit. Fuente: INIFAP Nayarit, 2011. Fuente: Proyecto Impacto y Estrategias de mitigación del cambio climático en el Estado de Nayarit. UNINER-AP.



Figura 3. Escenario A1B para 2020, 2050 y 2080 de la superficie óptima para el cultivo de frijol en el Estado de Nayarit. Fuente: Proyecto Impacto y Estrategias de mitigación del cambio climático en el Estado de Nayarit. UNINER-AP.

Figura 4. Escenario A2 para 2020, 2050 y 2080 de la superficie óptima para el cultivo de frijol en el Estado de Nayarit. Fuente: INIFAP Nayarit, 2011. Fuente: Proyecto Impacto y Estrategias de mitigación del cambio climático en el Estado de Nayarit. UNINER-AP.

### LITERATURA CITADA

Cardenas, M.J. 2009. México ante el cambio climático: Evolución, impactos, vulnerabilidad y adaptación. Greenpeace México 69 p.  
Ruiz-Corral J.A., Medina-García G., González-Acaño L.J., Ortiz-Arce C., Flores-López H.E., Martínez-Parrá R.A., Bivort-Muñoz K.F. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. SAGAR. INIFAP. CIRDC. Libro Técnico No. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.







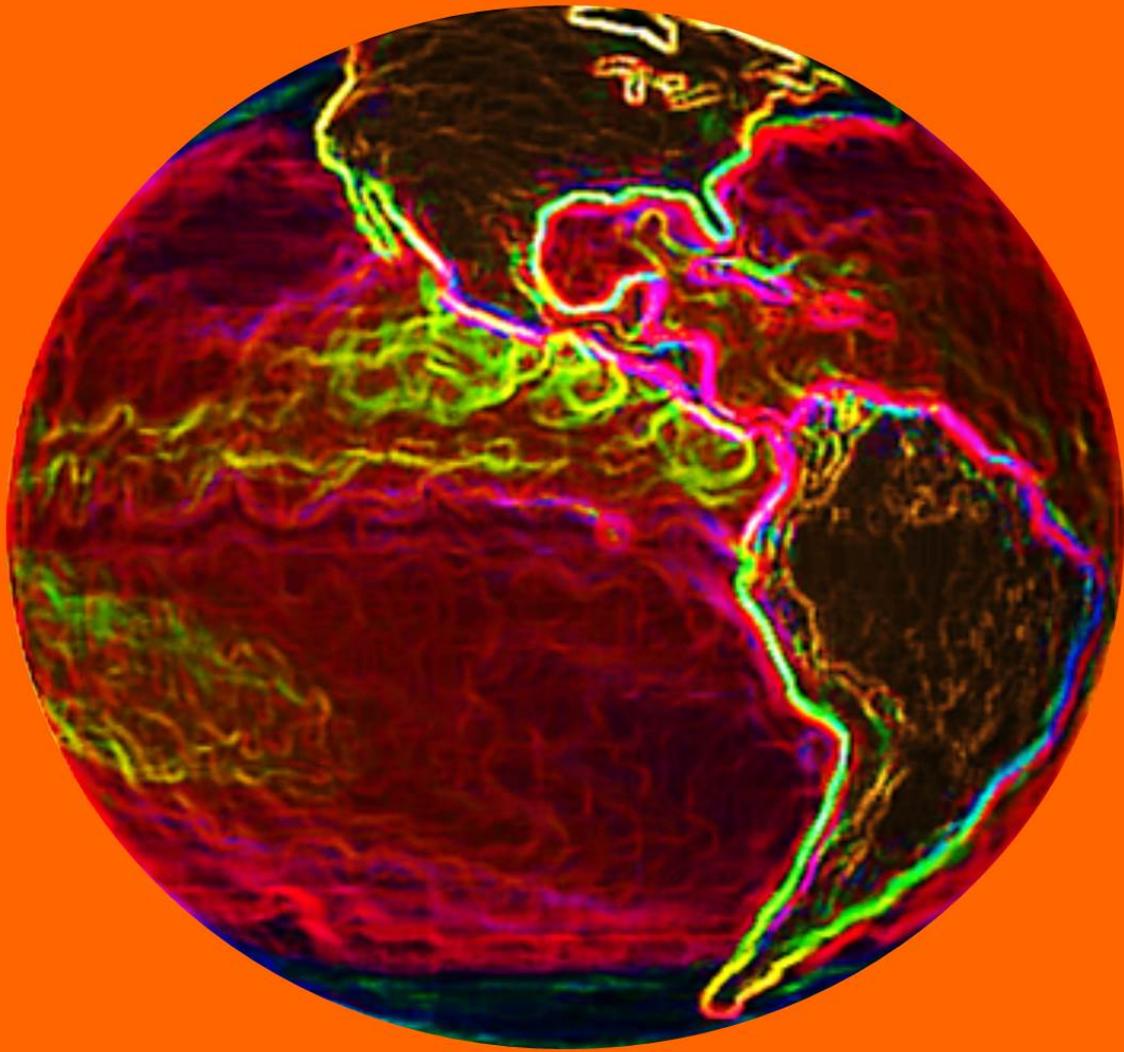
HECHO EN MEXICO

DERECHOS PATRIMONIALES:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE INVESTIGACION EN CAMBIO CLIMÁTICO

ISBN



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

**MEMORIAS**