Coordinadores del Proyecto:
Carlos Gay y García / José Clemente Rueda Abad

# Grupo II Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

Coordinación del grupo de trabajo II: Benjamín Ortiz Espejel / Norma Patricia Muñoz Sevilla / Maxime Le Bail

Editores:
Carlos Gay y García / Angelina Cos Gutiérrez / C. Tatiana Peña Ledón

REPORTE MEXICANO DE CAMBIO CLIMÁTICO
Grupo II Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación

# REPORTE MEXICANO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación Grupo II

Libros: 1. 2. 3.

# REPORTE MEXICANO de Cambio Climático

## GRUPO II

## IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

**Reporte Mexicano de Cambio Climático**
**GRUPO II Impactos, vulnerabilidad y adaptación**
ISBN Obra Completa: 978-607-02-7369-8
ISBN Volumen: 978-607-02-7370-4

Universidad Nacional Autónoma De México/
Programa de Investigación en Cambio Climático

Impreso en México, D.F. el 20 de noviembre de 2015
Tiraje: 1000 libros

**Coordinación General:**
Carlos Gay y García/José Clemente Rueda Abad

**Coordinación del volumen:**
Benjamín Ortiz Espejel/Norma Patricia Muñoz Sevilla/Maxime Le Bail

**Edición:**
Carlos Gay y García/Angelina Cos Gutiérrez/ Claudia Tatiana Peña Ledón

**Diseño editorial y portada:**
Alebrije Diseño: María Elena Vázquez Ávalos/Lydia Ruiz Alanis

**Fotografía de portada y foto 2 de contraportada:**
Johan Harders
Foto 1 de contraportada: Liga de internet: http://www.masivaecologica.com/articulo-17-de-junio-dia-mundial-de-lucha-contra-la-desertificacion-y-la-sequia., consultado en octubre de 2015.

**Impresión:**
Impresos Vacha, S.A. de C.V.

# Índice

INTRODUCCIÓN PÁG 15 **INTRODUCCIÓN**
Carlos Gay y García[1, 3], José Clemente Rueda Abad[1], Benjamín Ortiz Espejel[4], Luis Ricardo Fernández Carril[1], Liliana López Morales[1], Maxime Le Bail[12] y Claudia Tatiana Peña Ledón[6].

CAPÍTULO 1: PÁG 29 **BASES PARA LA TOMA DE DECISIONES**
**Autor líder:**
Fernando Aragón-Durand[68].
**Autoras colaboradoras:**
María Eugenia Ibarrarán Viniegra[4] y Ana Rosa Moreno Sánchez[8].

CAPÍTULO 2: PÁG 41 **AGUAS CONTINENTALES**
**Autor Líder:**
Javier Alcocer Durand[9].
**Autores colaboradores:**
Gloria Vilaclara Fatjo[9], Oscar A. Escolero Fuentes[10], Luisa I. Falcón[11], Patricia M. Valdespino[11] y Marisa Mazari Hiriart[11].

CAPÍTULO 3: PÁG 59 **SISTEMAS OCEÁNICOS**
**Autor líder:**
Elva Escobar Briones[14].
**Autores colaboradores:**
Christian Salvadeo[15,16] Mario A. Pardo[17], Fernando Ricardo Elorriaga Verplancken[18], Hiram Rosales Nanduca[15] ,Luis Medrano González[19], Gisela Heckel Dziendzielewski[17], Yolanda Schramm Urrutia[20], Enrique Alejandro Gómez-Gallardo Unzueta[15] y Jorge Urbán Ramírez[17].

CAPÍTULO 4: PÁG 73 **SISTEMAS COSTEROS Y ZONAS INUNDABLES**
**Autores líderes:**
Norma Patricia Muñoz Sevilla[12] y Maxime Le Bail[12].
**Autores colaboradores:**
Porfirio Álvarez Torres[21], Diana Cecilia Escobedo Urias[22], Apolinar Santamaría-Miranda[22], Juan Pablo Apún Molina[22], Aida Martínez López[18], Claudia Judith Hernández Guerrero[18], Francisco Arreguín Sánchez[18], Alberto Sánchez González[18], Sergio Aguiñiga García[18], Enrique Nava-Sánchez[18], Roberto Eduardo Mendoza Alfaro[23], Alberto Pereira Corona[24], Oscar Frausto Martínez[24], Omar Cervantes Rosas[25] y Aramis Olivos Ortiz[26].

CAPÍTULO 5 PÁG 97
**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**
**Autores líderes:**
Alejandro Ismael Monterroso Rivas[32], Jesús David Gómez Díaz[32].
**Autores colaboradores:**
Cuauhtémoc Sáenz Romero[30], Salvador Emilio Lluch Cota[16], Rosario Pérez Espejo[31], Cristian Javier Salvadeo[16], Daniel Bernardo Lluch Cota[16], Romeo Edén Saldívar Lucio[16], Germán Ponce Díaz[16], Citlalin Martínez Córdova[31], Guillermo Ramírez-García[70], Julio Baca del Moral[69].

CAPÍTULO 6: PÁG 121
**ECOSISTEMAS DE MÉXICO**
**Autor líder:**
Sandro Cervantes Núñez[3].
**Autores colaboradores:**
Antony Challenger[64], Cesar Hernández Hernández[65], Carlos Gay y García[1, 3], María de Jesús Ordóñez Díaz[27], José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz[19,67], Martha Gual Díaz[66] y María Teresa Rodríguez Zúñiga[66].

CAPÍTULO 7 PÁG 149
**ÁREAS URBANAS**
**Autor líder:**
Juan Raymundo Mayorga Cervantes[33].
**Autores colaboradores:**
Fernando Aragón Durand[68], Liliana Eneida Sánchez Platas[35], Miguel Ángel Chargoy Rodríguez[33] y José Antonio Soto Ruíz[33].

CAPÍTULO 8 PÁG 165
**SALUD HUMANA**
**Autores líderes:**
Ana Rosa Moreno Sánchez[8], María de Carmen Calderón Ezquerro[3], Horacio Riojas Rodríguez[36], Marisol Anglés Hernández[37] y Janine Ramsey[56].
**Autores colaboradores:**
Grea Litai Moreno Banda[56], Silvia Edith Chuc Aburto[56], David Alejandro Moo Llanes[56] y José Francisco Pinto Castillo[51].

CAPÍTULO 9 PÁG 183
**SEGURIDAD HUMANA**
**Autora:**
Úrsula Oswald Spring[38].

Índice

CAPÍTULO 10 PÁG 211
**BIENES DE SUSTENTO Y POBREZA**
**Autora líder:**
María del Pilar Longar Blanco[49]
**Autores colaboradores:**
Rolando V. Jiménez Domínguez[49], Miguel Ángel Vite Pérez[49, 55], Víctor Hugo Bustamante García[48] y Miguel Ángel Corona Jiménez[4].

CAPÍTULO 11 PÁG 227
**SECTORES ECONÓMICOS CLAVE Y SERVICIOS**
**Autores líderes:**
Gerardo Ángeles Castro[48], Ana Lilia Coria Páez[62] y María Concepción Martínez Rodríguez[12].
**Autores colaboradores:**
Emma Frida Galicia Haro[47], Georgina Isunza Vizuet[49], Donny Víctor Ponce Marbán[50], Dolores Juárez Díaz[47], Alán Gerardo Jardón Medina[12] y Martín Vera Martínez[20].

CAPÍTULO 12 PÁG 241
**OPCIONES Y FINANCIAMIENTO PARA LA ADAPTACIÓN**
**Autores líderes:**
María Eugenia Ibarrarán[4], Simone Lucatello[2] y Ana Mendívil[53].
**Autores colaboradores:**
Fernando Aragón Durand[68], Gabriela Niño[53], Juan Carlos Mendoza[54], Gabriela Muñoz y Lourdes Villers[3].

CAPÍTULO 13 PÁG 257
**VULNERABILIDAD Y RIESGO**
**Autor líder:**
Daniel Rodríguez Velázquez[39].
**Autores colaboradores:**
Simone Lucatello[2], Fernando Briones[40], Deysi Ofelmina Jerez Ramírez[41], Lorena E. Vera Martínez[2] y Carolina Pinilla[42].

CAPÍTULO 14 PAG 281
**PERCEPCIÓN DE LA CIUDADANÍA MEXICANA SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DE SU INSTITUCIONALIZACIÓN**
**Autor líder:**
Pedro Joaquín Gutiérrez-Yurrita[12].
**Autores colaboradores:**
Brenda Bravo Díaz[35], María Guadalupe Peláez Gálvez[12] y Minerva Rebollar Plata[12].

CAPÍTULO 15 PÁG 299 **DERECHOS HUMANOS Y CAMBIO CLIMÁTICO**
**Autoras:**
María del Carmen Aurora Carmona Lara[37]
y Ana Laura Acuña Hernández[37].
**Autores colaboradores:**
Marisol Anglés Hernández[37], Rosalía Ibarra Sarlat[37]
y Víctor Amaury Simental Franco[51].

CAPÍTULO 16 PÁG 313 **GÉNERO Y CAMBIO CLIMÁTICO. ESTADO DEL ARTE Y AGENDA DE INVESTIGACIÓN EN MÉXICO**
**Autora líder:**
Verónica Vázquez García[29].
**Autoras colaboradoras:**
Itzá Castañeda Camey[45], Dolores Molina Rosales[44],
Dulce María Sosa Capistrán[29], Elia Margarita del Socorro Chablé Can[44]
y Lucía del Rivero Castañeda[46].

PÁG 330 **SEMBLANZAS DE AUTORES**

PÁG 365 **REVISORES DEL VOLUMEN II**



**INSTITUCIONES PARTICIPANTES**

1. UNAM PINCC Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.
2. Instituto Mora Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas.
3. UNAM CCA Centro de Ciencias de la Atmósfera.
4. I³MA Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente "Xabier Gorostiaga, S.J.", Universidad Iberoamericana de Puebla.
5. IPN Instituto Politécnico Nacional.
6. UACM Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
7. IAI Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global.
8. UNAM Facultad de Medicina Departamento de Salud Pública.
9. UNAM FES Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
10. UNAM IGL Instituto de Geología Departamento de Geología Regional.
11. UNAM Instituto de Ecología.
12. IPN CIIEMAD Centro Interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
13. UAT Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Tamaulipas.
14. UNAM Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.
15. UABCS Universidad Autónoma de Baja California Sur.
16. CIBNOR Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
17. CICESE Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
18. IPN CICIMAR Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
19. UNAM Facultad de Ciencias.
20. UABC Universidad Autónoma de Baja California.
21. CIIMAR GOMC Consorcio de Instituciones de Investigación Marina del Golfo de México y Mar Caribe.
22. IPN CIIDER Sinaloa Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa.
23. UANL FCB Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.
24. UQROO Universidad de Quintana Roo.
25. UCOL FCM Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima.
26. UCOL CEUNIVO Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas.
27. UNAM CRIM Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Campus Morelos.
28. UACH Universidad Autónoma de Chihuahua.
29. COLPOS Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
30. UMSNH Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
31. UNAM IIE Instituto de Investigaciones Económicas.
32. UACh Universidad Autónoma de Chapingo.
33. IPN ESIA Tecamachalco Sección de Estudios de Posgrado e Investigación.
34. Consultor.
35. IPN Instituto de Diseño.

36. Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública.
37. UNAM Instituto de Investigaciones Jurídicas.
38. UNAM CRIM Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
39. UNAM Escuela Nacional de Trabajo Social.
40. CIESAS Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
41. UNAM Posgrado de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
42. UNAM CIGA Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Campus Morelia.
43. UNAM Colegio de Geografía Facultad de Filosofía.
44. ECOSUR Colegio de la Frontera Sur, Campus Campeche.
45. UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
46. ENAH Escuela Nacional de Antropología e Historia.
47. IPN SEPI ESCA Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Santo Tomás.
48. IPN SEPI ESE Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Economía.
49. IPN CIECAS Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales.
50. Bajío Tecnología Industrial, S.A. de C.V.
51. UNICACH Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
52. UNAM Universidad Nacional Autónoma de México.
53. CEMDA Centro Mexicano de Derecho Ambiental.
54. GIZ MGG Managing Global Governance, Instituto Alemán para el Desarrollo y el Ministerio Alemán para la Cooperación Económica y el Desarrollo.
55. UA Universidad de Alicante, España.
56. INSP CRISP Centro Regional de Investigación en Salud Pública del Instituto, Nacional de Salud Pública.
57. UPC Universidad Politécnica de Catalunya.
58. IPN Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad.
59. CETYS Centro de Enseñanza Técnica y Superior, Campus Ensenada.
60. Amigos de Sian Ka'an A.C.
61. SMAAS Campeche, Secretaria de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable del Gobierno del Estado de Campeche.
62. IPN ESCA Tepepan Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Tepepan.
63. UNAM CIICH Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
64. UNAM IIES - Morelia Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Campus Morelia.
65. CONAMP Comisión Nacional de Áreas Protegidas, SEMARNAT.
66. CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
67. S.A.C.C. Servicios Ambientales y Cambio Climático, A.C.
68. COLMEX El Colegio de México A.C
69. UACh CRUPY Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán.
70. UACh CRUNO Centro Regional Universitario del Noroeste.

## Prologo

Los trabajos sobre el Reporte Mexicano de Cambio Climático iniciaron, de manera formal, en octubre de 2013 cuando se hizo pública la intención de llevarlo a cabo. Como elemento de inspiración se consideró la existencia del Quinto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), de éste se analizaron sus contenidos temáticos para gestar el diseño general del reporte mexicano. Otro elemento retomado del IPCC fue la inclusión de académicos de múltiples instituciones y disciplinas. En el plano operativo este proyecto realizó sesiones de trabajo en diversos puntos de la geografía nacional para dar a conocer su existencia y sus grados de avance.

Como sucede con los reportes del IPCC, el grupo de trabajo dos del Reporte Mexicano de Cambio Climático está dedicado a documentar los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación en México.

Se determinó que fuese el primero en presentarse porque desde el Primer Estudio País México ante el cambio climático, México se asumió como un país vulnerable a los impactos del cambio climático y, en esa misma lógica, se busca dar a conocer los avances que han ocurrido desde entonces sobre estos temas.

Estamos conscientes que en el ámbito académico nacional, no se había emprendido un esfuerzo que tuviese como objetivo el poder documentar la mayor cantidad de información disponible sobre lo que se ha escrito por mexicanos o extranjeros dentro y fuera de territorio nacional que verse sobre México en un contexto de cambio climático. En ese sentido, al sentar las bases donde se desprenderán las actualizaciones subsecuentes, esta obra pionera deja lecciones para el futuro inmediato y de largo plazo.

### Entre las primeras lecciones que vale destacar se encuentran entre otras, las siguientes:

En la realización de este esfuerzo académico, sólo en este volumen, participan más de un centenar y medio de académicos adscritos a más de 60 instituciones locales y nacionales, lo cual habla de la capacidad de convocatoria que generó el proyecto y en el que, indudablemente, la labor de los autores coordinadores de cada uno de los capítulos fue fundamental.

Al cotejar el contenido temático de este Grupo de Trabajo II del Reporte Mexicano de Cambio Climático con su homólogo del IPCC, resalta la diferencia en cuanto a la cantidad de temas. De ello se desprende el hecho de que en México no se está produciendo literatura, tanto indexada como gris, sobre todos y cada uno de los temas que son objeto de mucha atención del IPCC. En ese sentido, la ausencia de temas, significa de manera directa una agenda de investigación que los académicos mexicanos pueden comenzar a explorar.

Como se destaca del mismo índice de este grupo de trabajo del reporte mexicano, se hace un reconocimiento a temas, que pueden ser considerados "emergentes", por ejemplo, Percepción ciudadana del cambio climático, Derechos humanos y cambio climático, así como Género y cambio climático que permiten explorar opciones temáticas distintas a los temas objeto del IPCC. En ese sentido, estos capítulos plantean un reconocimiento a elementos académicos y de investigación que pueden consolidarse como áreas de investigación en el futuro próximo.

Otro hecho a destacar, es que no todos los sectores académicos en México se han involucrado en la temática y ello genera que la redacción de informes basados en la metodología del IPCC -revisión de literatura indexada y gris, uso de lenguaje calibrado y análisis de metadatos- sea, incluso, una aventura académica. Como consecuencia de lo antes dicho, y buscando privilegiar la integridad de la obra, en este volumen se encuentran sólo los capítulos que más se acercan a los criterios antes mencionados.

Por lo que corresponde a los mecanismos de revisión de los capítulos; estos fueron sometidos a una evaluación externa realizada por académicos de la Universidad de Colima y, en paralelo, una lectura entre autores del mismo grupo (esto del 2 al 6 de Marzo del 2015). En el mes de abril, se realizó una segunda revisión interna a capítulos críticos en las instalaciones del Instituto Mora. Posterior a ello, todos y cada uno de los capítulos fueron enviados a arbitraje externo. Incluso una vez habiendo concluido dicha fase se dio una tercera y última revisión sobre capítulos considerados críticos.





Al final de esta experiencia, sólo nos resta agradecer el apoyo que diversas personas e instituciones nos brindaron. En primera instancia, la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM que nos respaldó en todo momento para la cristalización de este proyecto. Al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que facilitaron los recursos para la realización de algunas reuniones foráneas para la elaboración de este reporte. A las autoridades, académicos, personal de apoyo y trabajadores del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, la Universidad Iberoamericana Puebla, el trabajo de coordinación del Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Veracruzana y la Universidad de Colima, porque sin su colaboración no se habrían podido desarrollar las reuniones de este grupo de trabajo.

Un reconocimiento especial en este volumen, debe ser dado a Benjamín Ortiz Espejel, Norma Patricia Muñoz Sevilla y Maxime Le Bail que apoyaron a la coordinación operativa del Grupo de Trabajo II desde el inicio del proyecto hasta su conclusión. Además, se debe reconocer el trabajo desempeñado por el personal del Programa de Investigación y Cambio Climático, a sus becarios y prestadores de servicio social porque todos, en diversos momentos y circunstancias, fueron involucrados en la realización del Reporte Mexicano de Cambio Climático. En lo particular, también a las personas que han intervenido en la edición y formación del volumen.

Finalmente, destacar que esta obra ha sido financiada con una aportación específica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Aunque este volumen cuenta con una coordinación general y una coordinación operativa, la responsabilidad final del contenido de cada uno de los capítulos es exclusiva de los autores involucrados en su elaboración.

**Universidad Nacional Autónoma de México**
**Ciudad Universitaria, noviembre de 2015**

**Carlos Gay García** **José Clemente Rueda Abad**

# Introducción

Carlos Gay García[1, 3], José Clemente Rueda Abad[1], Benjamín Ortiz Espejel[4],
Luis Ricardo Fernández Carril[1], Liliana López Morales[1], Maxime Le Bail[12]
y Claudia Tatiana Peña Ledón[6].

[1]UNAM PINCC Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México,
[3]UNAM CCA Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Iberoamericana de Puebla,
[4]I[3]MA Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente "Xabier Gorostiaga, S.J.",
[6]UACM Universidad Autónoma de la Ciudad de México,
[12]IPN CIIEMAD Centro interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo,
Instituto Politécnico Nacional.

## Resumen

Desde que México inició la sistematización de información y análisis de datos en el contexto de cambio climático se ha auto asumido como vulnerable a éste. Los documentos del primer estudio sistematizado sobre cambio climático en México señala, entre otras cosas, que: la sequía meteorológica aumentará sus niveles de severidad en algunas regiones; los ecosistemas forestales sufrirían cambios en un 50 % de la superficie; zonas bajas del Golfo de México se verían afectadas por el ascenso del nivel medio del mar; la agricultura de temporal se podría ver seriamente reducida; las industrias y actividades productivas que dependen de variables climáticas se verían significativamente modificadas; los impactos en la población afectarían la calidad de la salud; intensificación de los flujos migratorios; reducción en el acceso de servicios de agua y aumento de la concentración de población en centros urbanos (Gay, 1995; Gay, 2000).

Estos tópicos forman parte del discurso político nacional desde la Primer Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (SEMARNAP, 1997) y han estado presentes en las administraciones federales subsecuentes hasta la más reciente (Gobierno Federal, 2013), incluso, han sido referenciados por organismos multilaterales (Banco Mundial, 2013).

### Impactos, vulnerabilidad y adaptación en los reportes de evaluación del IPCC: el contexto.

El tratamiento y conceptualización de la adaptación y la vulnerabilidad han ido modificándose a lo largo de los cinco reportes de evaluación del IPCC. En esta parte, se reseña la evolución del concepto y la forma en que se abordan los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad a lo largo de los mencionados reportes.

En el Primer Reporte de Evaluación del IPCC (FAR, por sus siglas en inglés), en la parte del Grupo de Trabajo II se muestran los impactos del cambio climático a través de escenarios derivados de Modelos de Circulación General (GCM, por sus siglas en inglés) que dan cuenta de la necesidad de adaptación y/o mitigación para reducir cualquier vulnerabilidad resultante ante el riesgo climático. Desde esta aproximación, la vulnerabilidad es entendida como el resultado final del análisis; como un residuo resultante de los impactos del cambio climático menos la adaptación (Beck, 2007, p.297). En el FAR, se contempla la influencia humana como un factor más que influye en el cambio climático. La investigación del Grupo de Trabajo II se orienta fundamentalmente a los impactos del cambio climático. El reporte, se organizó en seis sectores: la agricultura y la silvicultura; los ecosistemas terrestres; los recursos hídricos; los asentamientos humanos; océanos y las zonas costeras; y la nieve, el hielo y el permafrost.

Es en el Segundo Reporte de Evaluación (SAR, por sus siglas en inglés) que se llega a un consenso en dos aspectos fundamentales: 1) que el calentamiento global "probablemente está ocurriendo" y 2) que la actividad humana es "más probable que no" sea una causa significativa del fenómeno. En la investigación del Grupo de Trabajo II del Segundo Reporte de Evaluación, el enfoque a la adaptación cambia. El nombre del grupo de trabajo cambió de "Impactos", utilizado en el primer reporte a "Impactos, Adaptación y Mitigación", éste incluye 18 capítulos sobre impactos y adaptación (por ejemplo, los bosques, los pastizales, los desiertos, los asentamientos humanos, agricultura, pesca, servicios financieros, salud humana), y siete capítulos sobre la mitigación sectorial (por ejemplo, la energía, la industria, los bosques) pero el análisis se deja para el Grupo de Trabajo III.

En el SAR, se describe una respuesta adaptativa más matizada e indica algunos cambios en la forma de abordar el tema de la adaptación en los distintos sectores. De esta manera, el SAR menciona brevemente la idea de la capacidad de adaptación como una relación entre la vulnerabilidad y las variables socioeconómicas e infraestructura institucional. En ese entendido, la adaptación se conceptualiza como el grado en el que son posibles ajustes en las prácticas, procesos y estructuras sistémicas en respuesta a los cambios climáticos reales o proyectados. La vulnerabilidad resume el impacto neto del fenómeno climático y es representado ya sea de forma cuantitativa como costos económicos, mortalidad humana, daños a los ecosistemas, o de forma cualitativa como la descripción del cambio relativo o comparativo. De acuerdo a esta lógica, el problema de la adaptación existe solamente en función de que la mitigación falle. Por ello, la adaptación se considera como un costo marginal de una política fallida de mitigación (Pielke, 2005; Beck, 2007).





En el Tercer Reporte de Evaluación (TAR, por sus siglas en inglés), se da un cambio fundamental en la definición de adaptación. El Grupo de Trabajo II modifica su enfoque de "Impactos, adaptación y mitigación" a "Impactos, adaptación y vulnerabilidad", como permanece hasta el Quinto Reporte de Evaluación (AR5, por sus siglas en inglés). Incluye cinco capítulos sectoriales (recursos hídricos, los ecosistemas, costera y marina, los asentamientos humanos y energía y los servicios financieros), ocho capítulos regionales, además de capítulos sobre 1) la adaptación, el desarrollo sostenible y la equidad, y 2) la vulnerabilidad, uno de motivos de preocupación. También se introduce el concepto de variabilidad climática (pasado o presente). Así, la adaptación se puede dar como una respuesta al cambio climático, al cambio y la variabilidad o sólo al clima; Este puede utilizarse en respuesta a efectos adversos o vulnerabilidades, en condiciones actuales, o de proyecciones, cambios o consecuencias anticipadas (Smith et ál., 1999, p. 203).

En el TAR, se introduce el término de "capacidad adaptativa" para incluir el concepto de desarrollo en el de adaptación. De esta manera, la adaptación utiliza el discurso del desarrollo para articular aplicaciones de la adaptación más amplias, que puedan incluir acciones para el desarrollo que no se deban exclusivamente al cambio climático. En comparación con evaluaciones previas, este Reporte presta una mayor atención a la adaptación al cambio climático con respecto a múltiples presiones sobre los sistemas como aspectos demográficos, económicos y recursos disponibles para la adaptación además de vincular el cambio climático con el desarrollo sustentable, la equidad; y la caracterización del estado de conocimiento científico con respecto a los niveles de confianza asociados con las conclusiones más importantes de la evaluación.

Resulta relevante destacar que hasta el TAR, el enfoque estaba en los cambios a nivel global. El tercer reporte y posteriormente el Cuarto Reporte de Evaluación (AR4, por sus siglas en inglés) destacan particularmente la dispareja distribución regional tanto de emisiones como de los impactos del cambio climático. Esto tiene profundas repercusiones para la política pública a nivel regional. Los tomadores de decisiones tuvieron entonces mayor información regional para dictar políticas de adaptación.

El Cuarto Reporte de Evaluación conservó la estructura básica del TAR utilizando capítulos sobre sectores y regiones. El primer capítulo del AR4, haciendo uso de la literatura expandida, proporciona una "Evaluación de Cambios observados en Sistemas Naturales y Humanos". El AR4 incorporó varios temas transversales de capítulos con estudios de casos (como los impactos en los deltas) como un constructo unificador. (IPCC, 2014, p.176)

Para la contribución del Grupo de Trabajo II del AR4, se hizo énfasis en diversificar los rangos de aproximación, los métodos de evaluación y también la caracterización de condiciones futuras con la finalidad de mejorar el análisis de toma de decisiones. Así, el AR4 incluye cuatro aproximaciones convencionales, con respecto a la evaluación de impactos, vulnerabilidad, adaptación y métodos integrados más una quinta aproximación concerniente a la gestión de riesgos. (IPCC, 2007). Dichas mejoras y diversificaciones tenían como objetivo:

- Evaluación de las vulnerabilidades y experiencia reales de adaptación
- Participación de los interesados en el tratamiento de los fenómenos extremos,
- Las necesidades de creación de capacidad para la futura vulnerabilidad y evaluaciones de la adaptación,
- Posibles medidas de adaptación
- Priorización y cálculo de costos de las medidas de adaptación,
- Interrelaciones entre las evaluaciones de vulnerabilidad y la adaptación,
- Priorización y acciones para integrar opciones de adaptación a los planes nacionales de desarrollo existentes o futuros. (IPCC, 2007, p. 136)

La definición de vulnerabilidad también se amplió para incluir la vulnerabilidad social y así incorporar la gestión de riesgos. De esta manera, ya para el AR4, el concepto de vulnerabilidad incluye vulnerabilidad al clima actual, la vulnerabilidad al cambio climático, en ausencia de medidas de adaptación y mitigación, y por último, vulnerabilidad residual, cuando las capacidades de adaptación y de mitigación se han agotado (IPCC, 2007, p. 138). La evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación se basan en el Reporte especial de Escenarios de Emisiones (SRES, por sus siglas en inglés). Cabe mencionar que en dicho reporte, los escenarios no contemplan políticas de mitigación pero sí representa mejoras con respecto al primer reporte de emisiones,

conocido como escenarios IS92 (utilizado para el primer y el segundo reporte de evaluación), que incluyen la mejora de las líneas de base de las emisiones y la información más reciente sobre la reestructuración económica en todo el mundo; examinan diferentes tasas y tendencias del cambio tecnológico y amplía la gama de diferentes vías de desarrollo económico, incluyendo disminución de la brecha de ingresos entre los países desarrollados y aquellos en desarrollo (SRES, 2000).

En el capítulo regional de Latinoamérica, el AR4 reporta la siguiente información:

- La variabilidad climática y los eventos extremos han afectado gravemente a la región de América Latina en los últimos años (confianza alta).
- Durante las últimas décadas importantes cambios en las precipitaciones y el aumento de temperatura se han observado (confianza alta).
- Uso de la tierra cambios han intensificado el uso de los recursos naturales y ha exacerbado muchos de los procesos de degradación de la tierra (confianza alta).
- El calentamiento medio proyectado para América Latina a finales de siglo, de acuerdo con diferentes modelos climáticos, oscila de 1 a 4 °C para el escenario de emisiones SRES B2 y de 2 a 6 °C para el escenario A2 (confianza media).
- Reducciones generalizadas en la producción de arroz de la década de 2020, así como el aumento de los rendimientos de soya, son posibles cuando los efectos del CO2 se consideran (confianza media).
- Los aumentos previstos en la elevación del nivel del mar, el clima y la variabilidad climática y los extremos son muy propensos a afectar a zonas costeras (confianza alta).
- Los planes futuros de desarrollo sostenible deben incluir estrategias de adaptación para mejorar la integración del cambio climático en las políticas de desarrollo (confianza alta). (IPCC, 2007).

El Quinto reporte de Evaluación (AR5 por sus siglas en inglés) continúa y amplía las partes sectoriales y regionales. Este reporte considera una amplia y compleja gama de múltiples tensiones que influyen en la sostenibilidad de los sistemas humanos y ecológicos. El AR5 aporta además una sección de impactos multisectoriales, riesgos, vulnerabilidades y oportunidades. El punto de partida con respecto a los reportes anteriores, alude a la disponibilidad de nueva información relativa a las interacciones entre el cambio climático y otros factores biofísicos y sociales. Los factores de presión social, o estrés, incluyen la pobreza y la desigualdad, los bajos niveles de desarrollo humano y psicológico, institucional y los factores culturales. El enfoque en el cambio climático y los factores de estrés relacionados, y la consiguiente vulnerabilidad y riesgo, continúa a lo largo de dicho informe, e incluye una sección denominada "motivos de preocupación" para ampliar los contenidos. Cabe destacar que a diferencia de los anteriores reportes, el AR5 se enfoca en el concepto de riesgo. De esta manera, todos los capítulos del Grupo de Trabajo II se enfocan en el cambio climático, el estrés relacionado, vulnerabilidades resultantes y riesgos asociados (IPCC, 2014, p. 183). Otro aspecto importante que se contempla en el AR5 es el diagnóstico correspondiente a la correlación entre el cambio climático y la posibilidad de conflictos violentos. Pese a que el vínculo permanece débil entre ambos.

Por otra parte, el AR5 utiliza escenarios basados en las Rutas o Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés) para complementar aquellos escenarios basados en el SRES, además de las Rutas socioeconómicas compartidas.

En el AR5, México se contempla dentro del capítulo dedicado a Norteamérica. Algunos de los puntos más importantes del capítulo con respecto al caso mexicano son:

- El clima de América del Norte ha cambiado y algunos cambios socialmente relevantes se han atribuido a causas antropogénicas (confianza muy alta). Los cambios climáticos recientes y eventos extremos individuales demuestran tanto los impactos de las tensiones y vulnerabilidades de los sistemas expuestos relacionados con el clima (confianza muy alta).
- Muchas presiones sobre el clima que llevan riesgo particularmente aquellos relacionados con el calor intenso, fuertes precipitaciones, y la disminución de la capa de nieve aumentarán su frecuencia y/o severidad en América del Norte en las próximas décadas (confianza muy alta).
- Los recursos hídricos ya están estresados en muchas partes de América del Norte, como consecuencia de causas no relacionadas con el cambio climático antropogénico, y se espera que se estresen aún más debido al cambio climático (confianza alta).





- Se han observado efectos de la modificación de la temperatura y la variabilidad climática en los rendimientos de los principales cultivos (confianza alta). Proyecciones de aumentos en la temperatura, las reducciones en las precipitaciones en algunas regiones, y una mayor frecuencia de eventos extremos se traduciría en la disminución de la productividad neta de los principales cultivos en Norteamérica a finales del siglo XXI sin adaptación, aunque la tasa de disminución varía según el modelo y escenario, y en algunas regiones, especialmente en el norte, se pueden beneficiar (confianza muy alta).
- Se han observado efectos sobre la salud humana a causa de los fenómenos climáticos extremos, aunque las tendencias relativas al cambio climático y la atribución no se han confirmado hasta la fecha.
- Los impactos observados en los medios de vida, las actividades económicas, la infraestructura y el acceso a los servicios en los asentamientos urbanos y rurales de América del Norte se han atribuido al aumento del nivel del mar, cambios en la temperatura y las precipitaciones, y las ocurrencias de eventos extremos como olas de calor, sequías y tormentas (confianza alta ).
- Gran parte de la infraestructura de América del Norte es actualmente vulnerable a los eventos climáticos extremos y, si no se hacen inversiones para fortalecerlos, serán aún más vulnerables al cambio climático (confianza media).
- La mayoría de los sectores de la economía de América del Norte se han visto afectados por y han respondido a las condiciones meteorológicas extremas, incluyendo huracanes, inundaciones y lluvias intensas (confianza alta). (IPCC, 2014, pp. 1443-1445)

## Impactos, vulnerabilidad y adaptación en México: entre la ciencia y la política

Uno de los tópicos recurrentes en el análisis de los impactos y la vulnerabilidad asociada al cambio climático ha sido el de los impactos de la elevación del nivel medio del mar en la zona del Golfo de México (CICC, 2007; SEMARNAP, 1997). Sin embargo, la imagen original, usada por ambas publicaciones del gobierno federal, ha sido tomada de "El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país" (Gay, 2000) el cual es un subproducto del taller sobre el Estudio País que fue financiado por el US Country Studies Program en el año de 1994 (Gay, 1995). Este diagnóstico sobre la vulnerabilidad de las zonas costeras se ha mantenido vigente desde el primer año de la administración de Ernesto Zedillo 1994.

En este mismo ámbito de lo académico han sido realizadas nuevas evaluaciones sobre impactos en la biodiversidad (Trejo et ál., 2011; Gómez et ál., 2011) estrés térmico en poblaciones humanas (Tejeda et al., 2011) productividad agrícola (Monterroso et ál., 2011a; 2011b) pesquerías (Martínez et al., 2011) estudios de confort y disconfort de acuerdo a índices de temperatura-humedad (Hernández et ál., 2011) y los recursos hídricos (Sánchez et ál., 2011)

El cambio climático en el ámbito gubernamental, tiene matices que sirven para visualizar cómo es percibido por las administraciones federales de México en el presente y en el pasado reciente. Por ejemplo, la administración del presidente Calderón resignificó el cambio climático como un problema que estaba directamente relacionado con la seguridad de las naciones y los ciudadanos, y lo consideró como un problema de seguridad estratégica. (CICC, 2007). En la actual administración se dio a conocer la Estrategia Nacional de Cambio Climático y su posicionamiento principal en la materia se cristalizó en el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 [PECC] (CICC, 2009). Dicho programa se centró en la observación de cuatro ejes: la mitigación, la adaptación, una visión de carácter transversal y una de larga plazo.

En el tema de adaptación, la administración de Felipe Calderón estableció que la reducción de la vulnerabilidad sólo se lograría a través de la implementación de estrategias de adaptación. Desde el PECC 2009-2012, se buscó fortalecer las capacidades que permitieran garantizar la seguridad de los actores sociales, así como su bienestar.

El PECC 2009-2012 ubicó siete áreas de interés, las cuales fueron catalogadas como susceptibles de sufrir impactos adversos del cambio climático: recursos hídricos; agro-ecosistemas; ecosistemas naturales; infraestructuras de energía, industria y servicios; infraestructuras de transportes y comunicaciones; ordenamiento territorial y desarrollo urbano; y salud pública.

Dichas áreas de interés son consistentes con el contenido de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, 2007 (CICC, 2007) presentada por el Gobierno Federal. En ese diagnóstico sectorial se encuentra en el documento denominado *Hacia una Estrategia Nacional de Cambio Climático*, que fue presentado desde el año 2006 (CICC, 2006) por la administración de Vicente Fox Quezada.

El diagnóstico por sectores en el contexto de cambio climático es retomado en la Primer Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (INE/SEMARNAP, 1997) ya que menciona dichos escenarios de impacto y vulnerabilidad. Estos escenarios reportados a Naciones Unidas fueron fruto del *US Country Studies Program* realizados a mediados de la década de los noventa. (Gay, 1995; Gay, 1996 y Gay, 2000).

Ante el diagnóstico sectorial que ya se tenía sobre el cambio climático en México, el PECC 2009-2012 propuso seguir diagnosticando la vulnerabilidad, con la intención de reducirla (la primer etapa propuesta por el PECC) para el año 2012. Entre las tareas que se propuso realizar estaban:

- Un primer inventario de costos de adaptación para los principales sectores económicos.
- Una propuesta correctiva a los instrumentos de política pública para evitar que propicien la vulnerabilidad.
- Un primer Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático.
- Una propuesta de fortalecimiento y desarrollo del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), alrededor de un eje de gestión integral de riesgo.
- Una propuesta de adecuación del sistema nacional de planeación, que incluya previsiones de ordenamiento territorial.

En materia de adaptación se plantearon además, dos metas a largo plazo, que fueron:

- Del 2013 al 2030 lograr el fortalecimiento de capacidades estratégicas de adaptación por sectores y regiones, a fin de que la restauración ecológica compense la degradación de ecosistemas. Asimismo, adoptar sistemas sustentables de producción agropecuaria, y aplicar programas de protección y reubicación de asentamientos humanos e infraestructuras expuestos a riesgo.
- Del año 2013 al 2050, dice el PECC se deberá apostar por la consolidación de las capacidades construidas para lograr un balance positivo entre reforestación y deforestación, elegir opciones de desarrollo con criterios de sustentabilidad, y disponer de un sistema nacional de planeación que minimice la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Por su parte, la *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40* considera que el cambio climático representa una gran oportunidad para conservar y usar sustentablemente el capital natural, aprovechar el amplio potencial para desarrollar energías limpias, corregir ineficiencias en el uso de la energía, generar empleos con una economía verde, promover el desarrollo territorial sustentable, incrementar la competitividad, y mejorar la salud pública y la calidad de vida de la población. (SEMARNAT, 2013, p. 9)

En el mencionado documento se señala que los costos de la variabilidad climática natural, asociada a fenómenos hidrometeorológicos extremos, "han pasado de un promedio anual de 730 millones de pesos en el periodo de 1980 a 1999 a 21,950 millones de pesos para el periodo 2000-2012. Este incremento, además de estar asociado a la mayor ocurrencia de eventos, obedece a un aumento en la exposición, por ejemplo, la creciente urbanización" (SEMARNAT, 2013, p. 34).

Lo anterior significa que el incremente en el número de eventos ha evidenciado la vulnerabilidad social de las comunidades que se encuentran expuestas a este tipo de situaciones. Lo que está en el fondo en la afirmación del gobierno federal es que el cambio climático es un hecho que ya se está manifestando en territorio mexicano y éste ha dado pruebas de impactos adversos sobre los que ya se había advertido. Por ello, la adaptación debe realizarse a nivel local y por ello se definieron como municipios de alto riesgo de desastre los que tienen alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de eventos climáticos. Los resultados muestran que de los 2,456 municipios del país, existen 1,385 en dicha categoría y estos concentran 27 millones de habitantes (SEMARNAT, 2013, p. 35).

La dimensión a escala municipal no es solo un aporte novedoso del gobierno federal; ya que en el mismo año se presentó el "Atlas de vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México" y en él se presentan los resultados para todos los municipios del país en el grado de exposición climática, grado de sensibilidad climática, grado de capacidad adaptativa y el grado de vulnerabilidad al cambio climático por municipio (Monterroso et al., 2013) y "Las dimensiones sociales del cambio climático" en el cual se presentan escenarios de vulnerabilidad social en el horizonte 2045, tomando como referencia el año 2005 (Banco Mundial, 2013).





Este mismo diagnóstico a escala municipal se encuentra en el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, en él, nuevamente se identificaron 1,385 municipios vulnerables a distintos eventos climáticos: inundaciones; deslaves; sequías agrícolas; disminución de rendimiento por precipitación y temperatura; ondas de calor y transmisión de enfermedades. (Gobierno de la Republica, 2014).

De acuerdo al PECC 2014-2018, los impactos asociados al cambio climático, se esperan en el sector agrícola, hídrico, costero, más tormentas y un clima severo, ecosistemas y biodiversidad, así como afectaciones a infraestructura estratégica por lo cual se plantean sólo dos objetivos: "reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica" y, "conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la adaptación y mitigación al cambio climático" (Gobierno Federal, 2014).

Como se mencionaba líneas atrás, el tema de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático ha estado presente en las Comunicaciones Nacionales que México ha entregado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de la ONU (SEMARNAP, 1997; SEMARNAT/INE, 2001; SEMARNAT, 2006; SEMARNAT/INE, 2009; SEMARNAT/INECC, 2012) y es parte de los contenidos obligatorios de los Programas Estatales de Cambio Climático, que son de dominio público. (SMAGDF, 2008; Gobierno del Estado de Veracruz, 2009; Secretaría de Desarrollo Sustentable Nuevo León, 2010; Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2011; Gobierno del Estado de Chiapas, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2011; Gobierno del Estado de Hidalgo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011 y Gobierno del Estado de Puebla, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010).

El presente volumen da cuenta de diversas temáticas que abordan a lo largo de 16 capítulos, los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación asociada al cambio climático en el territorio mexicano. En un principio, para determinar los temas que formarían parte de este esfuerzo de rastreo de documentos que reseñan el estado del arte del cambio climático en nuestro país, se tomó en consideración la información del Grupo de Trabajo II AR5, posteriormente, se determinaron las coincidencias temáticas para poder dar inicio a la fase de recopilación de información y redacción de los materiales. Los primeros 13 capítulos han sido motivados por el AR5, los últimos tres capítulos son temas, que han sido considerados como, de carácter emergente.

Este volumen abre con el capítulo "*Bases para la toma de decisiones*", en él se considera que el estudio de los procesos de toma de decisiones climáticas puede contribuir a las políticas públicas relacionadas con el cambio climático. Esto implica comprender las maneras en cómo las instituciones, grupos e individuos involucrados deciden en torno a la definición de los problemas, la construcción y uso del conocimiento y el diseño de respuestas. Si bien se da por hecho que a más y mejor conocimiento científico las decisiones climáticas serán las correctas; esto no necesariamente es cierto sobre todo cuando se trata de decisiones orientadas a atender problemas complejos. La sugerencia para la toma de decisiones, es contar no solamente con información sobre los riesgos climáticos a los cuales los sistemas o recursos están expuestos, sino también con información acerca de factores culturales, psicosociales, sociales y de las capacidades de las instituciones para enfrentar los impactos y reducir la vulnerabilidad. Esto último, tiene que ver con la buena gobernanza de la adaptación. Los capítulos de este Reporte Mexicano de Cambio Climático (RMCC) , proporcionan algunos insumos para estudiar la toma de decisiones climáticas de acuerdo a la etapa del ciclo en la que se ubican; ya sea delimitación del alcance de la decisión, análisis de los problemas, implementación de las decisiones o monitoreo y evaluación de la adaptación.

En el capítulo 2, denominado "*Aguas continentales*" se plantea que la generación y el análisis de información acerca de la importancia estratégica para las naciones que constituye el agua dulce, así como el conocimiento a detalle de las aguas continentales (abundancia, distribución, funcionamiento, problemática, vulnerabilidad y capacidad de resiliencia), permiten planear las estrategias de aprovechamiento, manejo y restauración que el país requiere frente al cambio climático. Enfatiza la importancia de monitorear sistemáticamente los sistemas acuáticos continentales para reconocer los efectos del cambio climático sobre este recurso, ya que estos sistemas responden rápidamente al cambio ambiental y son importantes fuentes y sumideros de carbono; también para planear estrategias de mitigación de efectos y para el diseño del uso sustentable de los recursos hídricos.

El siguiente capítulo, se intitula "*Sistemas Oceánicos*" en el que se documenta la importancia de estos para el caso nacional, porque aborda los efectos de las variaciones climáticas por un lado sobre los ecosistemas de las zonas costeras, por ejemplo manglares y humedales, los cuales fungen como interfase multifuncional entre las cuencas y los océanos; por el otro, sobre los ecosistemas marinos, desde el mar profundo. Ambos ecosistemas importantes en el funcionamiento del planeta, y como proveedores del sustento a la especie humana. En todo ello, se referencian el papel que juegan las condiciones químicas de los océanos y el intercambio de material orgánico entre ellos y la atmósfera, que entre otras cosas, modifican los patrones de lluvia.

Dicen los autores del capítulo 4, "*Sistemas Costeros y zonas inundables*" que la zona costera mexicana que concentra aproximadamente el 15 % de la población total de México, permite la realización de diversas actividades económicas que aportan las mayores fuentes de ingreso del país, entre ellos la extracción de hidrocarburos y minerales, el turismo, la pesca, la acuicultura, y la transportación marítima. Añaden, que la riqueza en biodiversidad de esta zona, brinda un sin número de beneficios ambientales como la alimentación y recursos económicos para las poblaciones locales; además de protección a las costas, en los eventos meteorológicos extremos y ante la elevación del nivel medio del mar. Sin embargo, la destrucción de sus ecosistemas y la poca planeación territorial han generado una amplia vulnerabilidad de las costas mexicanas ante los diversos efectos del cambio climático (huracanes y tormentas tropicales, aumento del nivel del mar e inundaciones, cambios de salinidad e hipoxia, acidificación del océano, entre otros). Y en consecuencia, se hace necesario y urgente planear estrategias de adaptación al cambio climático para esas zonas.

En el capítulo 5, "*Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria*" se presenta la situación del sector agropecuario y de cómo es que se ha visto afectado por el cambio climático dando como resultado que el reto de la seguridad alimentaria sea aún mayor. La presencia de las sequias y la falta de precipitación hace evidente la disminución de superficies aptas para el cultivo de productos como el maíz, trigo y café. Lo anterior quiere decir, que habrá impactos ambientales, pero también económicos y sociales, y por esa razón, se deben implementar acciones de adaptación para cada uno de los sectores amenazados.

En "Ecosistemas de México" se presenta la revisión de la situación de los ecosistemas de México ante el cambio climático antrópico, brinda un marco histórico y una actualización sobre los impactos negativos reportados, que el cambio climático y las actividades humanas han ejercido y seguirán ejerciendo sobre la biodiversidad y la provisión de bienes y servicios que poseen, generan y nos brindan los abundantes ecosistemas de nuestro país, también explica los impactos que estas relaciones conllevan y las soluciones nacionales que se han sugerido ante los mismos.

En la actualidad, las "*Áreas urbanas*" (título de la siguiente aportación) representan la parte más amplia de la población. Una gran tarea es el diseño de estrategias que mejoren su calidad de vida, permitiendo que vivan en hábitats sustentables acordes a los escenarios climáticos que se vienen planteando con el cambio de climas. Para esto, se han tomado medidas en la construcción de infraestructura de servicios y edificaciones, de manera que sean más sostenibles; además, de tomar en cuenta la planeación y el diseño de infraestructura costera. De esta manera, las zonas urbanas podrían reducir su vulnerabilidad al adaptarse mejor a las condiciones climáticas actuales y los escenarios de cambio climático. Se sugiere que estas medidas de adaptación se enfoquen a corto y largo plazo e incluyan aspectos de manejo ambiental, manejo de desastres y planeación.

El capítulo 8 de "*Salud Humana*", documenta las condiciones que hacen vulnerable a una población, entre las que se encuentran el estado de salud, los ingresos, la educación y la capacidad de respuesta del gobierno, siendo el mejor indicador de vulnerabilidad al cambio climático la tasa existente de enfermedades asociadas con el clima. Los principales temas que se discuten de esta relación son: la disponibilidad y calidad del agua, así como la contaminación y calidad biológica del aire, ambos, impactando la producción de alimentos y los cambios en la distribución de vectores. Además, se hace referencia a cómo la investigación está apoyando en el conocimiento para la toma de decisiones y a algunas herramientas institucionales con las que cuenta el país. Sin dejar de mencionar las necesidades que se tienen de investigación y de instrumentación de políticas públicas, en cuestión de adaptación y mitigación.





El capítulo 9 sobre "*Seguridad humana*", sostiene que la inseguridad humana, de origen multicausal, se agrava en la medida que el cambio climático se agudiza. Este impacta no sólo los bienes materiales de las poblaciones, sino también a los valores culturales que son cruciales para la comunidad y el bienestar individual y comunitario. Entre esos valores que constituyen la cultura, se encuentran las percepciones sobre la seguridad que ofrece el territorio que se habita en cuestión de acceso a bienes de sustento naturales y otros, de sostenimiento de creencias y prácticas tradicionales, de protección ante los riesgos que incluso devienen de la violencia humana. Lo anterior desafía la capacidad del Estado, para ofrecer las condiciones necesarias en cuestión de todo aquello que constituye la seguridad humana.

El capítulo 10, "*Bienes de Sustento y Pobreza*" evidencia algunos argumentos académicos acerca de la amenaza que constituyen aquellos eventos hidrometeorológicos asociados al cambio climático, para la preservación de los bienes de sustento como el agua y la tierra de cultivo. En ese sentido, se señalan las situaciones en que las políticas económicas y sociales, en combinación con estos eventos, agravan la vulnerabilidad de las poblaciones del país clasificadas como pobres; ahí, se entretejen temas como la migración, el género y la degradación ambiental que hacen parte de una compleja relación, que no se reduce a los impactos del clima y sus variaciones en los bienes de sustento para la población.

En el capítulo 11, denominado "*Sectores Económicos Clave y Servicios*", se abordan aspectos económicos y proporciona información de utilidad para el diseño de políticas públicas que coadyuven a la reducción de los impactos económicos derivados del cambio climático, considera los efectos transversales de este fenómeno en los diferentes sectores de la economía, para ello, se revisaron revistas y libros de editoriales internacionales, así como reportes de organismos gubernamentales o multilaterales de temas relacionados con las implicaciones del cambio climático en sectores y servicios clave para el desarrollo en México.

El capítulo 12, "*Opciones y financiamiento para la adaptación*" considera que el financiamiento para la adaptación al cambio climático es un instrumento de política pública imprescindible para el desarrollo efectivo de las acciones y programas en materia de adaptación, en nuestro país. Describe en principio algunas medidas de adaptación a nivel federal, estatal y en menor medida municipal, contenidas principalmente en documentos gubernamentales. Más adelante, alude a algunas propuestas de adaptación mediante la articulación de acciones de distintos ámbitos, enfocadas a sectores como el agrícola, forestal, turístico; igual en salud y energía. Finalmente, plantea formas de financiamiento para la adaptación, tanto a nivel nacional como internacional, incluyendo el financiamiento frente al riesgo de desastres.

El capítulo 13, "*Vulnerabilidad y Riesgo*" expone las interrelaciones entre la adaptación y la reducción de desastres con énfasis en el ámbito preventivo, y, a grandes rasgos, presenta el panorama nacional en materia de riesgos y vulnerabilidad frente al cambio climático. Además, expone argumentos que documentan la discusión respecto a las dificultades que entraña la disociación entre la producción científica y las políticas gubernamentales.

Este primer esfuerzo de compilación sobre los materiales producidos en México sobre el tema de cambio climático, que documente el estado del arte en la materia, también se ha permitido gestar el lugar para la innovación temática. Por ello, en este esfuerzo de nuevos y potenciales temas que tiene ya una trayectoria recorrida se ha generado tres capítulos que diferencian este volumen del volumen del Grupo de Trabajo II del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU.

El primero de los capítulos emergentes se denomina "*Percepción de la Ciudadanía Mexicana sobre Cambio Climático y de su Institucionalización*" en el cual se parte de la idea de que no es posible encasillar la percepción de la ciudadanía y de los gobiernos sobre el cambio climático en un solo precepto, pues es visto como una amenaza de manera distinta. También señala que dicha percepción, en los diversos sectores de la población, es diferente de acuerdo a los lugares a los que pertenecen y al tipo de información al que pueden acceder, dado que a partir de ello, las personas generan su propio criterio sobre este problema ambiental. En cuanto a la percepción de la ciudadanía sobre política institucional y la seriedad con la que se mira al cambio climático actual, va de acuerdo al nivel de gobierno (federal, estatal o municipal), y en función, de las acciones que éstos estén llevando a cabo para enfrentarlo.

Uno de los problemas en el tipo de percepción de la población, tiene que ver con que el hecho de que la información que le llega, en su mayoría, solo es del sector gubernamental, razón entre otras, para que tenga más peso la información del ámbito científico. No obstante, para convertir en oportunidad este aspecto y para hacer eficaz una participación ciudadana más proactiva que reactiva en los problemas que representa el cambio climático, se requiere construir información veraz para la población, ello es imprescindible para que el ciudadano tenga conciencia sobre el tipo de vulnerabilidad en la que se encuentra expuesto.

Posteriormente se encuentra el capítulo 15 intitulado "*Derechos Humanos y Cambio Climático*" que es una vertiente de trabajo no solo de carácter académico, sino que se encuentra presente en los criterios de política pública (desde el ámbito constitucional). La premisa de este capítulo es que los efectos relacionados con el cambio climático tienen consecuencias directas en los derechos humanos, pues afectan de manera contundente la vida del ser humano. Podemos resaltar que los derechos directamente afectados son el derecho a la salud, el derecho al medio ambiente, el derecho al libre tránsito, el derecho a una alimentación adecuada y el derecho al acceso al agua potable. Esta preocupación llevó al Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas a aprobar las resoluciones 7/23 y 10/4 sobre "Derechos humanos y cambio climático". La segunda de ellas, pone de relieve que las obligaciones y los compromisos en materia de derechos humanos pueden y deben informar, guiar y reforzar la respuesta ante el cambio climático. El reto es para el Estado Mexicano quien está obligado a cumplir este compromiso y la protección de todos los Derechos Humanos consagrados en la legislación nacional y en los tratados internacionales de los que es parte.

Finalmente, cierra el volumen, el capítulo 16, "*Género y cambio climático. Estado del arte y agenda de investigación en México*". Este capítulo, reporta que en los estudios revisados se identifican diferencias de género en condiciones de vulnerabilidad; mismas que están presentes en las estrategias de adaptación, en las respuestas ante desastres, en la capacidad institucional para atenderlos, en los procesos de transferencia tecnológica, e incluso, en el acceso a los recursos provenientes de programas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus impactos. El material analizado, se trata en gran medida de estudios de caso, que permiten detectar el predominio del tema con relación a la adaptación y su focalización hacia ámbitos rurales, particularmente del sureste del país, de modo que al faltar información acerca del centro y norte del país, no se logra completar un diagnóstico nacional. De ahí que se considere necesario, realizar investigación, que además de ampliar este aspecto, incorpore al análisis el estudio de otros temas como: las masculinidades, diferencias de edad, etnias, discapacidades y nivel socioeconómico entre hombres y mujeres, entre otros, ello con el fin de mejorar la eficacia de la política pública diseñada para atenuar los impactos del fenómeno atmosférico, considerando las diversas características y condiciones de la población.





## Referencias


**Banco Mundial**. (2013). Las dimensiones sociales del cambio climático, Washington, Banco Mundial.

**Burkett**, V., Suarez, A., Bindi, M. et ál. (2014). Point of departure. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E.

**Bilir**, M. Chatterjee, K., Ebi, Y., Estrada, R., Genova, B. Girma, E., Kissel, A., Levy, S., MacCracken, P., Mastrandrea, and White, L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 169-194.

**Carter**, T., Jones, R., Lu, X. et ál. (2007). New Assessment Methods and the Characterisation of Future Conditions. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability.Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E.

**Hanson**, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 133-171.

**CICC** (2006). Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT, México.

**CICC**. (2007). Estrategia Nacional de Cambio Climático, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, SEMARNAT, México, 2007.

**CICC**. (2009). Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 DOF 28/08/2009. México: Poder Ejecutivo Federal/CICC.

**Gay**, C. Comp. (2000). México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país, coordinados por el INE con el apoyo del U.S. Country Studies Program, México Instituto Nacional de Ecología/ Universidad Nacional Autónoma de México/ U.S. Country Studies Program, 220 pp.

**Gay**, C. et ál., Editores. (1995). Primer Taller de Estudio de País: México. México ante el cambio climático. Memorias, Cuernavaca, Mor. 18 al 22 de abril de 1994, México; Instituto Nacional de Ecología, US Country Studies Program. Suppor for Climate Change Studies, Coordinación de la Investigación Científica, Centro de Ciencias de la Atmósfera.

**Gay**, C. (1996). Segundo Taller de Estudio de País: México. México ante el cambio climático. Memorias, Cuernavaca, Mor. 8 al 11 de mayo de 1995, México; Instituto Nacional de Ecología, US Country Studies Program. Suppor for Climate Change Studies, UNAM.

**Gobierno de la República**. (2014). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC): Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/09/PECC-2014-2018.pdf

**Gobierno del Estado de Chiapas**, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. (2011). Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas. 137 pp.

**Gobierno del Estado de Hidalgo**, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2011). Programa Estatal de acción ante el Cambio Climático del Estado de Hidalgo, versión para consulta pública. 358 pp.

**Gobierno del Estado de Puebla**, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático. 358 pp.

**Gobierno del Estado de Veracruz**. (2009). Programa veracruzano ante el cambio climático. Veracruz, México: Universidad Veracruzana/INE-SEMARNAT/Embajada Británica.

**Gómez**, J., Monterroso, A., Tinoco, J., Toledo, M., Conde, C. & Gay, C. Assessing current and potential patterns of 16 forest species driven by climate change scenarios in México, Atmósfera 24(1), pp. 31-52 (2011).

**Hernández**, A., Domínguez, B., Cervantes, P., Muñoz, S., Salazar, S. & Tejeda, A. Temperature-humidity index (THI) 1917-2008 and future scenarios of livestock comfort in Veracruz, México, Atmósfera 24(1), 89-102 (2011).

**Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato** (2011) Programa Estatal de Cambio Climático de Guanajuato. León, Guanajuato, México: Gobierno del Estado de Guanajuato.

**Martínez**, A., Manzanilla, S. & Zavala, J., Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in México, Atmósfera 24(1), pp. 103-123 (2011).

**McCarthy**, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D. & White, K. Climate Change. (2001). Impacts, Adaptation, and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK

**Monterroso**, A., Conde, C., Rosales, G., Gómez, J. & Gay, C. (2011a). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México, Atmósfera 24(1), pp. 53-67 (2011).

**Monterroso**, A., Gómez, J., Toledo, M., Tinoco J., Conde, C., Gay, C. (2011b). Simulated dynamics of net primary productivity (NPP) for outdoor livestock feeding coefficients driven by climate change scenarios in México, Atmósfera 24(1), pp. 69-88 (2011).

**Monterroso**, A., Eguiarte, A., Trejo, R., Conde, C., Escandón, J., Villers, L. (2013). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México, Universidad Autónoma de Chapingo, Centro de Ciencias de la Atmósfera/ Instituto de Geografía/Programa de Investigación en Cambio Climático-UNAM disponible en http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/

**Romero**, P., Smith, J., Davidson, D., Differnbaugh, N., Kinney, P., Kirshen, P., Kovacs, P. & Villers, L. (2014). North America. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R.

**Mastrandrea**, and White, L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1439-1498. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap26_FINAL.pdf

**Sánchez, G**., Ospina, J., Gay, C., Conde, C. (2011). Vulnerability of water resources to climate change scenarios. Impacts on the irrigation districts in the Guayalejo-Tamesí river basin, Tamaulipas, México, Atmósfera 24(1), pp- 141-155 (2011)

**Secretaria de Desarrollo Sustentable Nuevo León**. (2010). Programa de Acción ante el cambio climático. Nuevo León 2010-2015. Nuevo León, México: Secretaria de Desarrollo Sustentable Nuevo León/ SEMARNAT/INE/ITESM/Embajada Británica en México.

**SEMARNAP**. (1997). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. México: Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

**SEMARNAT**. (2006). Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. México: Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales.

**SEMARNAT**. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40, México, SEMARNAT

**SEMARNAT/INE**. (2001). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, México, SEMARNAT/INE.

**SEMARNAT/INE**. (2009). Cuarta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. México: SEMARNAT.

**SEMARNAT/INECC**. (2012). Quinta Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. México: SEMARNAT.

**SMAGDF**. (2008). Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012. Plan Verde de la Ciudad de México, México, D.F., Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

**Tegard**, Sheldon, Griffitths. (1990). The IPCC Impacts Assessment. Contribution of Working Group II to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK

**Tejeda**, A., Luyando, E. & Jáuregui, E. (2011). Average conditions of thermal stress in Mexican cities with more than one million inhabitants in the face of climatic change, Atmósfera 24(1), pp. 15-30 (2011).

**Trejo**, I., Martínez-, E., Calixto, E. et ál. (2011). Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México, Atmósfera 24(1), pp. 1-14.

**Watson**, R., Zynyowera, M., Moss, R., Dokken, H. (1995). Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change:Scientific and Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK.

# Capítulo 1

## BASES PARA LA TOMA DE DECISIONES

**Autor líder:**

Fernando Aragón-Durand[68]

**Autoras colaboradoras:**

María Eugenia Ibarrarán Viniegra[4] y Ana Rosa Moreno Sánchez[8]

[4]I[3]MA Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente "Xabier Gorostiaga, S.J.",
Universidad Iberoamericana de Puebla,
[8]UNAM Facultad de Medicina Departamento de Salud Pública,
[68]COLMEX El Colegio de México A.C.

**Palabras clave:** toma de decisiones, sistemas de apoyo, transferencia de conocimiento, interfase ciencia-política pública.

## Resumen

El estudio de los procesos de toma de decisiones climáticas puede contribuir a las políticas públicas relacionadas con el cambio climático. Esto implica comprender las maneras en cómo las instituciones, grupos e individuos involucrados deciden en torno a la definición de los problemas, la construcción y uso del conocimiento y el diseño de respuestas. Este trabajo no encontró literatura que estudie ex profeso el proceso de toma de decisiones climáticas en México, sin embargo, sí encontró literatura que puede servir a identificar el progreso de las decisiones climáticas y las condiciones en que se dan. En este capítulo se afirma que tampoco existe literatura que analice los procesos sociales de transferencia de conocimiento entre la esfera de la ciencia y la de la toma de decisiones climáticas. Al respecto, se da por hecho que a más y mejor conocimiento científico las decisiones climáticas serán las correctas; esto no necesariamente es cierto sobre todo cuando se trata de decisiones orientadas a atender problemas complejos.

En este sentido, aquí se sugiere contar no solamente con información sobre los riesgos climáticos a los cuales los sistemas o recursos están expuestos sino también con información acerca factores culturales, psicosociales, sociales y de las capacidades de las instituciones para enfrentar los impactos y reducir la vulnerabilidad. Esto último tiene que ver con la buena gobernanza de la adaptación. En la literatura revisada para este capítulo se encontró que las decisiones climáticas se enfocan primordialmente en los diagnósticos de los recursos o sistemas y en el impacto que tiene o puede tener el cambio climático en su estructura y dinámica; es decir, el análisis de los problemas asociados al cambio climático predomina sobre la evaluación e implementación de sus soluciones. Finalmente, los capítulos del Reporte Mexicano de Cambio Climático (RPCC) proporcionaron algunos insumos para estudiar la toma de decisiones climáticas de acuerdo a la etapa del ciclo en la que se ubica; ya sea delimitación del alcance de la decisión, análisis de los problemas, implementación de las decisiones o monitoreo y evaluación de la adaptación.





## Introducción

Este capítulo evalúa la literatura de los procesos de toma de decisión relacionados con la vulnerabilidad, impactos y adaptación al cambio climático en México. En particular, examina los factores de apoyo a las decisiones, el tipo y transferencia de conocimiento y su uso por las instituciones, así como la naturaleza propia de la toma de decisiones. Para tal efecto, se revisó el conocimiento que se ha producido tanto en artículos científicos como en reportes y programas de política pública en México. Se hizo un análisis de la interfase entre el conocimiento científico y el de política pública poniendo especial atención en cómo se definen los problemas asociados al cambio climático y cómo estos determinan las respuestas y decisiones institucionales. La revisión se enfoca en documentos de política pública sin dejar a un lado contribuciones de organizaciones de frontera como pueden ser think-tanks.

El capítulo 2 *Foundations for Decision Making* del Grupo de Trabajo II *Impacts, Adaptation and Vulnerability* del 5.º Reporte de Evaluación del IPCC (2014), establece que el conocimiento científico es esencial mas no suficiente para una buena toma de decisiones y que esta última no debería basarse solamente en información técnica sobre procesos lineales causa-efecto (por ejemplo: información del incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) → impacto en el calentamiento global →adaptación), sino que también debería tomar en cuenta los diversos contextos en los cuales las decisiones climáticas se llevan a cabo, así como los factores culturales, éticos y del comportamiento que las moldean y transforman (Jones et ál., 2014). En este sentido, el conocimiento local y de política pública *policy knowldege* es igualmente relevante tanto para la definición de los riesgos climáticos como para las respuestas orientadas a su reducción. Las decisiones climáticas no se conforman en respuesta directa a los peligros o amenazas; se construyen socialmente en función de las capacidades y relaciones institucionales, los significados que los peligros climáticos adquieren en la definición del problema de política pública, la importancia que pueden tener los riesgos climáticos en el repertorio de peligros construidos por los distintos grupos sociales, entre otros.

El punto de partida de este capítulo, son las conclusiones que los autores del referido capítulo 2 que elaboraron en el 5.º Reporte de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Esto se hace con la intención de identificar la literatura y explorar el estado que guardan las bases para la toma de decisiones en México, y así poder estimar su avance, los obstáculos a vencer y los principales desafíos.

- La base para las decisiones relacionadas con los impactos, adaptación y vulnerabilidad se está ampliando de los métodos científicos lineales hacia una vasta gama de conocimientos de numerosas disciplinas. Esto se encontró para diversos contextos aunque no necesariamente los métodos son accesibles a los tomadores de decisión.
- La gestión de riesgo es un marco de referencia útil para las decisiones relacionadas con el cambio climático. Los contextos de toma de decisión compleja son sensibles a los diversos significados del riesgo, su percepción y evaluación de resultados futuros así como acciones de gestión alternativas.
- El apoyo a las decisiones se define como el conjunto de procesos destinados a crear las condiciones para la producción y uso de información relevante para las resoluciones. Las organizaciones de frontera, incluyendo los servicios climáticos juegan un papel importante en la transferencia de conocimiento y comunicación. El apoyo a las decisiones se sitúa en la intersección de los datos, conocimiento experto y toma de decisiones en diferentes escalas desde el individuo hasta las organizaciones e instituciones.
- Los escenarios son una herramienta básica para hacer frente a la incertidumbre y pueden ser de dos tipos: aquellos que exploran la manera en cómo los futuros pueden desarrollarse (exploración del problema) y aquellos que prueban el impacto de las intervenciones (exploración de la solución). Los nuevos escenarios de Trayectorias de Concentración Representativas RCP por sus siglas en inglés] (IPCC, 2014) incorporan los dos tipos como no se había hecho antes.
- Los servicios climáticos proporcionan conocimiento para una amplia gama de tomadores de decisión. Comprenden el suministro de información, diversas fuentes de conocimiento y la demanda del usuario. La transferencia de conocimiento es un proceso de negociación que incorpora una variedad de valores culturales, orientaciones y formas de conocimiento.

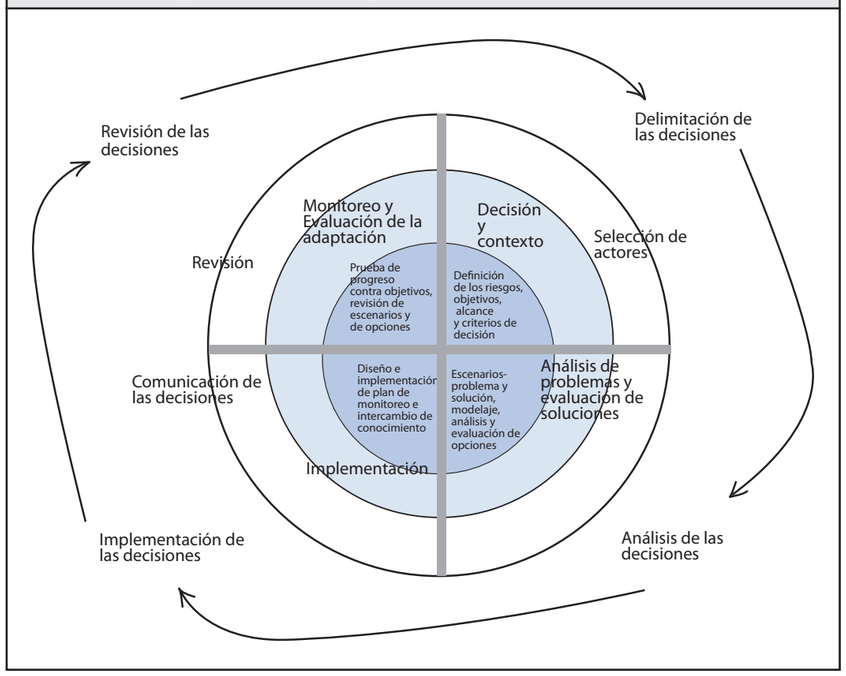
(Jones et ál., 2014, p. 198)

Además de esta introducción, el capítulo se compone de cuatro apartados más y las conclusiones. El primer apartado revisa la literatura producida en México con referencia en el proceso de toma de decisiones y busca identificar los elementos que predominan para explicar el estado actual de las decisiones climáticas. El segundo, trata los factores que influyen en la toma de decisión mientras que el tercero abarca la literatura sobre evaluación y monitoreo de la adaptación en México. El cuarto apartado establece algunas sinergias entre mitigación y adaptación en el plano de las políticas públicas y finalmente las conclusiones establecen la necesidad de producir más conocimiento en torno al propio proceso de toma de decisión como un ámbito que debe conocerse más para mejorar las políticas públicas y en particular la política climática en México.

## 1. El proceso de toma de decisiones

Con la finalidad de entender el carácter de las decisiones y las etapas en las que se encuentran en México, se retoma el esquema de Cuatro Etapas de la Toma de Decisiones elaborado por Jones et ál. (2014) para el 5.º Reporte de Evaluación del IPCC. Como se verá más adelante en este capítulo y en general en todos los capítulos de este reporte, la gran mayoría de las decisiones concernientes a los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación en México se ubican en el ámbito del diagnóstico, de la delimitación del alcance de las acciones y en mucho menor medida en el análisis de las decisiones; poco se ha hecho hasta ahora con referencia en el monitoreo y evaluación de la implementación de la adaptación.

**Figura 1. Modelo de proceso de toma de decisiones**




**Fuente: Jones et ál., 2014 adaptado por Aragón-Durand, 2015**

A continuación se ubican los temas de este Reporte Mexicano de Cambio Climático (2015) en las etapas del modelo, lo que nos permitirá identificar en cuál se ubica la resolución en todo proceso de toma de decisiones; la información empleada es la proporcionada por los autores de los capítulos y puede estar sujeta a modificaciones y ajustes. La interpretación de ésta para efectos de la elaboración de este apartado, es del propio autor de este capítulo.





### Etapa 1. Determinación del alcance de las decisiones y del contexto

Esta etapa se caracteriza por el predominio de instituciones nacionales y en menor medida estatales, en la delimitación del alcance de las decisiones y caracterización del contexto en el cual las decisiones climáticas deberán implementarse y operar.

### Etapa 2. Análisis de problemas y evaluación de soluciones

Esta etapa combina la pericia técnica con la administración y las políticas. Es en la cual las instituciones y organizaciones especializadas (que socialmente están legitimadas para actuar) definen los problemas y proponen soluciones y en el mejor de los casos sugieren opciones de adaptación. Los diagnósticos de los efectos del cambio climático predominan sobre todo en aquellos tópicos o capítulos donde la intervención humana es menor.

Con referencia al capítulo de Aguas continentales del Reporte Mexicano de Cambio Climático (RMCC), se afirma que el conocimiento a detalle de su vulnerabilidad y resiliencia frente al cambio climático es esencial para planear estrategias. Para ello, el monitoreo de los efectos del cambio climático (como el aumento de la temperatura en los sistemas acuáticos continentales) es una herramienta indispensable para su manejo (Alcocer et ál., 2014). Por su parte el capítulo de Sistemas oceánicos, da cuenta de diversos ejemplos de cómo el cambio climático ha tenido consecuencias en la biología marina en México al reducir poblaciones de plancton y la variación del nivel del mar. Se advierten, asimismo, las limitaciones del conocimiento en asuntos como la adaptación de las poblaciones naturales y el riesgo de extinción de especies en California y Baja California (Escobar, 2015). El capítulo de los Sistemas costeros y zonas inundables se enfoca en describir las vulnerabilidades ante el cambio climático y sus consecuencias, en particular los impactos fisico-químicos en las costas mexicanas, la vulnerabilidad de los ecosistemas costeros en términos de biodiversidad litoral, praderas de pastos marinos, arrecifes coralinos, playas, sistemas dunales y manglares y se explican algunos impactos en las actividades socioeconómica como turismo, pesca y acuacultura. (Muñoz y Le Bail, 2015).

Las áreas rurales en México son particularmente vulnerables debido a la dependencia climática de los recursos naturales y a sus limitaciones en el acceso a la información, toma de decisiones, financiamiento y servicios. Esto define las estrategias de adaptación que deberán implementarse considerando las condiciones de marginación y pobreza imperante en varias regiones del país. A diferencia de los anteriores capítulos, en el de Producción de alimentos y seguridad alimentaria, Monterroso y Gómez (2015) establecen algunas predicciones que los impactos del cambio climático ocasionarán en los sectores agrícola, pesquero y forestal. La literatura que documenta estos tópicos -en particular el sector agrícola y forestal- es rica en su diagnóstico y estimación de las vulnerabilidades. La referente a la producción agrícola se ha centrado en la ocurrencia de sequías y los impactos del Niño (ENSO por sus siglas en inglés) en la reducción de la producción de maíz y frijol (40 % en el sur y 30 % en el norte, respectivamente). Los autores documentan que las masas arboladas declinarán en gran medida debido al estrés hídrico asociado a eventos de sequía y por el ataque de plagas, enfermedades y estado de debilitamiento de los árboles

Es muy escasa la literatura sobre los impactos y la vulnerabilidad de las áreas urbanas al cambio climático en México y América Latina (Revi et ál., 2014). Con referencia a unos impactos del cambio climático en ciudades mexicanas, se han documentado microclimas e isla de calor en lugares como la Ciudad de México. Existen algunas propuestas para que los sistemas y servicios hidráulicos urbanos se adapten al cambio climático y sus extremos como lluvias intensas. Escolero et ál. (2009) estudiaron la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua en la Ciudad de México al cambio climático y observaron una disminución gradual de las fuentes de abastecimiento que se relacionan con infraestructura y degradación de áreas de captación. El sistema de abastecimiento más vulnerable corresponde al Sistema Cutzamala, mientras que el menos vulnerable son los pozos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX). El estudio de Sánchez (2012) analiza el impacto del cambio climático en los niveles de pobreza de las familias en el Distrito Federal, en particular, cuantifican los impactos del cambio climático en indicadores de pobreza y ofrecen algunas respuestas de política pública para aminorar los efectos.

En términos de respuestas institucionales, de acuerdo a Aragón-Durand (2011, 2010) la gestión de riesgo de desastres se ha propuesto como un medio para fomentar la adaptación al cambio climático en las ciudades mexicanas (Mayorga, 2015). El ca-

pítulo de Sectores económicos se enfoca a documentar los efectos del cambio climático; esta vez con énfasis en sectores clave de la economía como el sector energético, servicios de agua, transporte, turismo y recreación, seguros y servicios financieros y construcción así como en actividades primarias como la agricultura y pesca (Ángeles, Coria, Martínez, 2015). El capítulo del RMCC sobre Salud Humana centra su descripción en los factores que intervienen en la generación de poblaciones vulnerables al cambio climático y a cómo los cambios en la temperatura y precipitación pueden contribuir a un cambio en la distribución y carga de enfermedades transmitidas por vectores (ETV), como el dengue y el paludismo (Moreno, 2015).

### Etapa 3. Diseño e implementación de un plan de monitoreo e intercambio de conocimiento

Los autores del capítulo de Sistemas costeros y zonas inundables del RMCC, señalan algunas herramientas que pudieran apoyar las decisiones de adaptación. Entre ellas, especifican el ordenamiento ecológico a nivel estatal y municipal y el monitoreo del estado que guardan los recursos naturales, así como la operación de sistemas de información y evaluación de la situación ambiental de océanos y costas. No incluyen información sobre la implementación (Muñoz, Norma y Le Bail, 2015). Con referencia a la salud humana, Moreno et ál. (2015) hacen referencia a la Estrategia Nacional de Cambio Climático para llamar la atención acerca de la necesidad de controlar los contaminantes climáticos de vida corta. Además, es interesante ver que la vulnerabilidad de la salud humana al cambio climático es multifactorial y que es necesario fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica para identificar los cambios en la distribución de las enfermedades relacionadas con el clima. También resultan importantes los instrumentos de Medición, Reporte y Verificación (MRV), además de los sistemas de Monitoreo y Evaluación (M&E), como son herramientas para el diseño de indicadores de salud asociados con el cambio climático. Una de las acciones de la Comisión para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) ha sido establecer la "Red Mexicana sobre Cambio Climático y Salud" en la que se pretende que los usuarios puedan difundir e intercambiar información y experiencias y crear sinergias para la generación de conocimiento (Moreno et ál., 2015).

### Etapa 4. Avance y revisión de opciones de adaptación

Con relación a la escasez de agua en el futuro, se encontró un estudio que esboza algunas recomendaciones para reducir la vulnerabilidad de los recursos hídricos de la gente pobre en la Ciudad de México. Se sugiere que se implementen políticas que permitan recolectar el agua de lluvia con ayuda de esquemas de financiamiento (Sánchez, 2012), entre otras cosas. Los esquemas de aseguramiento para fomentar la adaptación al cambio climático cada vez cobran más importancia en todo el mundo y en México no es la excepción. El estudio de Aragón-Durand (2012) *Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México*, propone un esquema integral compuesto por tres componentes: sistema de gestión de riesgo de desastres; el de financiamiento y aseguramiento contra riesgos hidrometeorológicos y el de adaptación al cambio climático. Se sugiere usar a este esquema como marco para la integración de políticas públicas para la gobernanza de la adaptación y su relación con el sector público y privado de seguro y reaseguro en México.

Por otro lado, Ibarrarán y Lucatello (2015) describen en el RMCC, las opciones y financiamiento para la adaptación en el ámbito gubernamental, tanto en el nivel nacional como estatal expresadas en el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC) y Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) y algunas de alcance local como el Plan de Acción Climática Municipal (PACMUN). También describen opciones de adaptación en sectores como el hídrico, agrícola, pecuario, forestal, turismo, energía y salud. Los autores hacen énfasis en los esquemas de financiamiento de gestión de riesgo de desastres como un medio para contribuir a la adaptación como puede ser el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN). Se resalta la necesidad de llevar a cabo un mecanismo sólido de M&E de los Fondos de Desastres Naturales de México (FONDEN) y del FOPREDEN para analizar la eficacia de los esquemas de aseguramiento contra riesgos hidrometeorológicos, sobre todo en poblaciones de escasos recursos económicos. Ibarrarán y Lucatello resaltan las limitaciones existentes en México para implementar opciones de adaptación y recomiendan sistematizar experiencias por región y sector e identificar condiciones necesarias para la implementación de la adaptación, entre otros. Con relación al vínculo entre gestión de riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en México, se encontró el estudio de Aragón (2008) *Estrategias de protección civil y gestión de riesgo hidrometeorológico ante el cambio climático* realizado para el Instituto Nacional de Ecología





en donde se establecen medidas concretas y acciones sinérgicas entre la agenda de adaptación y gestión de riesgos hidrometeorológicos con el caso de Veracruz para ilustrar las oportunidades y obstáculos para el fomento de la adaptación.

## 2. Factores que influyen en la toma de decisiones

Como se mencionó antes, el proceso de toma de decisiones no necesariamente representa la aplicación "objetiva" y directa del conocimiento científico para detonar respuestas de las instituciones e individuos. Un conjunto de factores de índole social, cultural, ético y político se entremezclan dándole un sentido y significado al conocimiento en concretos contextos sociales y territoriales. A diferencia de como está ocurriendo a nivel internacional, la producción de literatura en México sobre las decisiones climáticas proveniente de las ciencias sociales y humanas es muy escasa. Esto puede explicarse en parte al predominio de las ciencias naturales en la definición del cambio climático como problema ambiental global y nacional.

### 2.1 Factores psicosociales del cambio climático

A pesar del reconocimiento en México de la necesidad de abordar el cambio climático desde diferentes perspectivas más allá de las ciencias físicas, se puede decir que las ciencias sociales y humanas aún están rezagadas en el ciclo de toma de decisiones climáticas. Urbina (2006) reflexiona sobre la contribución potencial de la dimensión psico-sociológica a la comprensión del cambio ambiental global. Su texto habla de la evolución del pensamiento psicológico con referencia al cambio climático y alerta acerca de los desafíos para la percepción y comunicación del riesgo. Destaca las necesidades de investigación de la dimensión psicológica para México en asuntos de percepción y actitudinales frente al cambio climático; esto es una tarea pendiente tanto en la academia como para la toma de decisiones. La comunicación del riesgo es también un campo poco explorado en México cuando se trata de decisiones de índole climática a pesar de lo importante que resulta el considerar las creencias individuales y colectivas en la percepción del riesgo asociado a los problemas de salud pública. Moreno et ál. (2010) hacen referencia a la epidemia del virus A (H1N1) en México como un ejemplo reciente de evaluación de comunicación del riesgo y las respuestas gubernamentales y colectivas puestas en marcha. Este texto podría contribuir a la comunicación de riesgos climáticos en México.

Como conclusión preliminar, se puede decir que el proceso de toma de decisiones climáticas en México está dominado por las descripciones y diagnósticos de los impactos pasados y futuros, y en menor medida por análisis de vulnerabilidad sectorial. Destaca la ausencia de conocimiento acerca de las instituciones y cómo estas pueden ser clave en la construcción de capacidades adaptativas; también resalta la ausencia de literatura de corte sociológico, relativa a la transferencia de conocimiento y construcción de significados del cambio climático. Este tipo de textos puede ser muy útil para comprender mejor las decisiones climáticas y por ende, resolver problemas socio-institucionales inherentes a su implementación, monitoreo y evaluación.

## 3. Evaluación de los impactos y vulnerabilidad y monitoreo de la adaptación

La literatura sobre cambio climático en México se ha enfocado a dar cuenta de los impactos que tiene en diferentes sectores y en menor medida en estimar la vulnerabilidad. Muy pocos estudios existen acerca de las capacidades adaptativas y cómo estas pueden convertirse en verdaderos procesos de adaptación tanto a impactos actuales como futuros. Para identificar y conocer procesos de adaptación se recurre a sistemas de medición y evaluación, al respecto, existe un estudio realizado por Aragón-Durand (2013) en el que se proponen los primeros pasos para la creación de un sistema M&E para México que sirva para las acciones, proyectos, programas y políticas de adaptación en curso y medidas futuras. En ese estudio se afirma que en México no se realizan actividades sistemáticas de M&E de medidas, acciones y proyectos de adaptación que se hayan implementado en el territorio. El sistema de monitoreo y evaluación llevado a cabo hasta ahora ha sido sobre el desempeño institucional federal como lo demuestra la evaluación del Sistema de Información de la Agenda de Transversalidad del Cambio Climático (SIAT-PECC) realizada en 2013.

### 4. Decisiones sinérgicas entre adaptación y mitigación

Los dos pilares de la Estrategia Nacional de Cambio Climático son la mitigación y la adaptación (SEMARNAT, 2013, p. 13). De hecho se han propuesto medidas concretas -sobre todo en el Programa Especial de Cambio Climático- de mitigación que también pueden contribuir a la adaptación. Establece como objetivo reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica (SEMARNAT, 2014, p. 29). Asimismo, busca conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas para garantizar servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático (SEMARNAT, 2014, p. 34). Para el cumplimiento de sus objetivos, establece estrategias y líneas de acción. (SEMARNAT, 2014, pp. 29-36). Por último, muchas de las medidas de mitigación propuestas en las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas pueden ser a su vez de adaptación.

Por otra parte, los Programas de Acción ante el Cambio Climático a nivel estatal (PEACC) incorporan medidas de mitigación y de adaptación en sectores como agricultura, asentamientos urbanos, turismo, energía, industria y de sistemas como los recursos hídricos, biodiversidad y costas (Tejeda y Conde, 2008). Estas medidas a nivel local son importantes porque la implementación de acciones de mitigación, y también las de adaptación requieren un esfuerzo de "abajo hacia arriba" para su diseño e implementación (Martínez et ál., 2014).

Por último, a nivel sectorial hay medidas de adaptación a nivel hídrico, agrícola, pecuario, forestal, turismo y del sector energía. Algunas de éstas contribuyen también a la mitigación. En concreto, en el sector energía se proponen respuestas tecnológicas como uso de agua reciclada o procesos "secos" y uso de materiales resilientes, programas de educación para cambiar patrones de consumo energético y el uso de incentivos económicos para reducir el consumo de energía Atomic Energy International Agency [AEIA] y & United Nations Department of Economic and Social Affairs [UNDESA], 2001). Estos mecanismos implican una reducción del uso energía y por tanto menores emisiones. En el sector forestal se aplica la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal (REDD+ por sus siglas en inglés), que es un conjunto de líneas estratégicas que promueven de manera simultánea acciones de mitigación y adaptación, a través de un manejo integral del territorio que promueve el desarrollo rural sustentable bajo en carbono y por tanto, apunta a una convergencia de la agenda ambiental y la de desarrollo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2014).

## Conclusiones

Los estudios de corte diagnóstico de los sistemas sensibles al cambio climático y aquellos referidos a los efectos del cambio climático predominan en la literatura relativa a las bases para la toma de decisiones en México. Sin embargo, al reconocer también al cambio climático como una problemática social y política, se han elaborado algunos estudios que dan cuenta de factores que regulan las decisiones climáticas como es la percepción del riesgo, la construcción de significados y sus implicaciones en las respuestas de política pública. Al respecto, se espera que en los próximos años las disciplinas sociales contribuyan en mayor medida a las resoluciones climáticas para que éstas tengan sentido y pertinencia práctica en su implementación y evaluación. Los esquemas de gestión de riesgo de desastres han sido propuestos como base para reconocer que existen información, experiencias y herramientas de gestión en México que pueden ser el punto de partida para las decisiones climáticas, no solo de corte analítico, sino inclusive en términos de implementación y monitoreo de la adaptación al cambio climático. Las decisiones climáticas deberán ser sensibles a los distintos conocimientos y contextos regionales y locales, e idealmente deberán considerar los procesos de transferencia y uso del conocimiento entre la ciencia, la política pública y los grupos locales.





## Referencias


**Alcocer**, J., Vilaclara, G., Escolero, O., Falcón, L., Valdespino, P. y Mazari, M. (2015). Aguas continentales. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Ángeles**, G., Coria, A. y Martínez M. (2015). Sectores económicos clave y servicios. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Aragón**-Durand, F. (2008). *Estrategias de protección civil y gestión del riesgo hidro-meteorológico ante el cambio climático*. México: Instituto Nacional de Ecología [INE] y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT].

**Aragón**-Durand, F. (2010). La adaptación al cambio climático en ciudades a través de la reducción del riesgo: hacia un esquema integrador. En G.C. Delgado, C. Gay, M. Imaz, y Martínez, M. (Coords). *México frente al Cambio Climático. Retos y Oportunidades* (pp. 240-279). México: UNAM: CCA-CEIICH-PINCC-PUMA.

**Aragón**-Durand, F. (2011). Adaptación al cambio climático y gestión del riesgo a desastres en México: obstáculos y posibilidades de articulación. En *Cambio climático: Amenazas Naturales y Salud* (pp.131-158). México: Programa LEAD y El Colegio de México.

**Aragón**-Durand, F. (2012). *Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México.* México: PNUD, INE y SEMARNAT.

**Aragón**-Durand, F. (2013). *Diagnóstico sobre el monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático en México.* México: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

**Atomic Energy International Agency** [AIEA] & United Nations Department of Economic and Social Affairs [UNDESA], (2001). Energy Indicators for Sustainable Development: Country Studies on Brazil, Cuba, Lithuania Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand. Autor.

**Botello**, A. V., Villanueva, S., Gutiérrez, J. y Rojas, G. (Eds.) (2010) *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. México. Gobierno del Estado de Tabasco-Universidad Autónoma de Campeche-SEMARNAT, INE, UNAM e ICMyL. 514 pp.

**Escobar**, B. E. (2015). Sistemas Oceánicos. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Escolero**, O., Martínez, S., Kralisch, S. y Perevochtchikova, M. (2009). *Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto del cambio climático. Informe final*. México: Instituto de Geología, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM e Instituto de Ciencia y Tecnología del DF.

**Ibarrarán**, M. E. y Lucatello, S. (2015). Opciones y financiamiento para la adaptación. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Jones**, R. N., Patwardhan, A., Cohen, S. J., Dessai, S., Lammel, A., Lempert, R.J. (…) Storch, H. (2014). Foundations for decision making. In C.B Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, et ál. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp.195-228). United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

**Lucatello**, S. y Rodríguez, V. D. (Coords.) (2011). Las dimensiones sociales del cambio climático: un panorama desde México. En *¿Cambio social o crisis ambiental?* México, D.F.: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora.

**Martínez**, P. S., Muñoz, M. G. y Ojeda, R. L. (2014). La coordinación multi-institucional y las fronteras como un reto a las políticas de Cambio Climático. En N. Oddone y H. Rodríguez (Comp.). *Municipios y Cambio Climático: Hacia la construcción de una agenda para la diplomacia ambiental*. Granada, España: Unión Iberoamericana de Municipalistas. [en prensa].

**Mayorga** C. R. (2015). Áreas Urbanas. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Monterroso**, R. A. y Gómez, D. J. (2015). Cap. 7 Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: *Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México*: UNAM-PINCC.

**Moreno**, A.R. y Urbina, J. (2008). *Impactos sociales del cambio climático en México*. México: INE, PNUD. 73 pp

**Moreno**, A.R, Cubillas, A.C., Guerra, E. y Pérez, F. (2010). La comunicación de riesgos en América Latina. En LA, J. Galvão; Finkelman y S. Henao, *Determinantes Ambientales y Sociales de la Salud* (pp.279-300). Washington, USA: PALTEX - OPS.

**Moreno**, A. R.; Riojas, H.; Calderón, M.C., Anglés, M, Ramsey, J. (2015). Salud Humana. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Muñoz**, S.N., Le Bail, M., Álvarez, T.P., Escobedo, U.C., Santamaría, M. A. (…) Apún, M.P., (2015) Sistemas Costeros y zonas inundables. En *Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación*. México: UNAM-PINCC.

**Revi**, A., Satterthwaite, D., Aragón-Durand, F. Corfee-Morlot, J., Kiunsi, R., Pelling, M. (…) Solecki, W. (2014). Urban Areas. In C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, et ál. (Eds.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of the Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

**Sánchez**, A., Estrada, F. y Gay, C. (2012). *El cambio climático y la pobreza en el Distrito Federal*. México: Gobierno del Distrito Federal, Instituto de Ciencia y Tecnología del D.F. y Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** [SEMARNAT], (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*. México: Gobierno de la República.

**SEMARNAT** (2014). *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. Diario Oficial de la Federación (pp. 28-04-2014). México: Secretaría de Gobernación.

**Tejeda**, M. A., Guadarrama, O. M., Ochoa, M. C., Medina, C. A., Equihua, Z. M., Cejudo, B. A. (…) Marín, H.M. (2008). *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*. México: Universidad Veracruzana, Instituto Nacional de Ecología, Embajada Británica México, UNAM-CCA.

**Urbina**, J. (2006). Dimensiones psicológicas del cambio ambiental global. En *Más allá del cambio climático*. México D.F.: SEMARNAT, INE y UNAM.

# Capítulo 2

## AGUAS CONTINENTALES

**Autor Líder**

Javier Alcocer Durand[9]

**Colaboradores**

Gloria Vilaclara Fatjo[9], Oscar A. Escolero Fuentes[10], Luisa I. Falcón[11], Patricia M. Valdespino[11] y Marisa Mazari Hiriart[11]

[9]UNAM FES Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México,
[10]UNAM IGL Instituto de Geología Departamento de Geología Regional, [11]UNAM Instituto de Ecología.

**Palabras claves:** aguas continentales, disponibilidad de agua, carbono, carbono orgánico, carbono orgánico particulado, fuentes de abastecimiento, sumidero de carbono, temperatura, sedimentos.

## Resumen

Las aguas continentales constituyen un recurso de importancia estratégica para las naciones, por lo que resulta esencial conocerlas a detalle: su abundancia, distribución, función, problemáticas, vulnerabilidad y capacidad de recuperación o resiliencia. La generación y el análisis oportuno de esta información permitirán planear las estrategias de aprovechamiento, manejo y restauración que el país requiere frente al cambio climático (CC). El monitoreo sistemático de los sistemas acuáticos continentales ofrece dos posibilidades: 1) reconocer los efectos del CC sobre este preciado recurso, ya que son sistemas que responden rápidamente al cambio ambiental y funcionan como fuentes y sumideros importantes de carbono, y 2) planear estrategias para mitigar los efectos nocivos y diseñar un uso efectivamente sustentable de las aguas continentales. La información científica disponible indica que: a) hay una respuesta de los cuerpos de agua a variaciones cíclicas en el clima, con fases de declive y de recuperación pero con una tendencia sobrepuesta, influenciada también por las actividades antrópicas, hacia la progresiva disminución de las aguas continentales nacionales en buena parte del país; b) la temperatura de los lagos –someros y profundos- no muestra todavía una tendencia clara de aumento como respuesta al calentamiento global; c) los posibles efectos del CC en las características físico-químicas de las aguas continentales se entremezclan con la influencia más inmediata de las actividades antropogénicas y las tendencias a futuro se suman desfavorablemente a otras observadas, entre las que la sobreexplotación del recurso acuático parece actuar de forma sinérgica y negativa; d) Los grandes volúmenes de aguas residuales sin tratamiento en México liberadas en las aguas continentales resultan en emisiones de metano superiores a las estimadas previamente, constituyéndose en fuentes netas de gases de invernadero; e) Los lagos profundos mexicanos acumulan y preservan la mayoría del carbono particulado depositado, lo cual juega un papel relevante en el balance regional de carbono, al funcionar como sumideros de carbono; f) Existe una significativa falta de estudios sobre los efectos del CC sobre procesos como el incremento indeseable de nutrimentos (o eutrofización) en las aguas continentales, con el subsiguiente desarrollo de florecimientos –muchos de ellos tóxicos- de microalgas nocivas (principalmente cianobacterias); el proceso de estratificación de las masas acuáticas, con falta de oxígeno en el fondo de las mismas (por ejemplo, anoxia hipolimnética en lagos), y sobre el papel que juegan los humedales –ecosistemas acuáticos dominantes en el país– como fuentes o sumideros de gases de invernadero, así como el de las aguas subterráneas. Dadas las tendencias actuales de cambios ambientales, es estratégico para México que se lleven a cabo estudios de largo plazo en una mayor diversidad de tipos de cuerpos de agua continentales, para comprender a cabalidad su estructura y función, y cómo responden a los efectos del cambio climático. Lo anterior permitirá el desarrollo de programas de conservación por un lado y de uso sustentable por el otro, del preciado recurso de las aguas continentales, tanto para el mantenimiento de la biodiversidad, como del abastecimiento de agua para usos domésticos, agropecuarios e industriales.






## Introducción

Entre los diversos cuerpos de agua continentales, los lagos se consideran centinelas del cambio climático debido a tres propiedades relevantes: son sensibles a los cambios de la temperatura atmosférica, sus comunidades acuáticas responden rápidamente al cambio ambiental e integran información de sus cuencas hidrográficas (Pham et ál., 2008; Williamson et ál., 2008; Adrian et ál., 2009). Por esto, estudiar y entender los lagos y en general nuestras aguas continentales, debe considerarse una prioridad nacional. Para lograr el éxito en este esfuerzo, es sumamente importante que la academia, la sociedad y el gobierno participen con base en una colaboración estrecha.

México posee aguas continentales relativamente limitadas en extensión y volumen, pues constituyen tan solo el 0.1 % del total de las reservas del mundo (www.agua.org.mx). A grandes rasgos, las aguas continentales se pueden tipificar como: lénticas (por ejemplo, lagos y presas) y lóticas (como ríos y arroyos). A nivel nacional, las aguas lénticas son menos importantes que las lóticas; sin embargo, todas ellos constituyen recursos fundamentales a escala regional y local, en conjunto con las aguas someras denominadas humedales. A las anteriores se suman las aguas subterráneas, que frecuentemente están vinculadas a las aguas superficiales; aun cuando poseen un volumen mucho mayor que las primeras, las tasas de recambio o renovación de las aguas subterráneas son considerablemente menores, lo que las hace fuertemente vulnerables al impacto de las actividades humanas.

Siempre es importante para cualquier país conocer la cantidad, calidad y ubicación de sus aguas continentales, pero dada la heterogénea distribución y relativa escasez de las aguas nacionales, este conocimiento es esencial y prioritario para México: al ser dependientes, a su vez, de las condiciones del entorno donde se ubican, entender cómo responden al mismo es una de las bases imprescindibles para desarrollar planes de manejo sustentable y conservación efectivos. En este sentido, la interacción de las características hidráulicas, climáticas, geográficas y geológicas del país han resultado en un paisaje complejo, tanto en lo relativo a la geografía física como al clima.

La elevada diversidad climática y fisiográfica en México ha dado por resultado una distribución inestable y heterogénea del recurso acuático continental (CNA, 2011). El promedio del principal suministro de aguas continentales en México, la precipitación pluvial, es de 700-770 mm anuales, aunque varía en un amplio intervalo desde menos de 100 mm en el noroeste de la República, hasta más de 1,500 mm en el sureste (CNA, 2011). Más de la mitad del territorio nacional (52.7 %) tiene un balance hídrico negativo (áreas desérticas, áridas y semiáridas como Baja California, el noroeste de México y las cuencas interiores); el restante 47.3 % tiene un balance hídrico positivo (las áreas húmedas a subhúmedas como Tabasco, la mayoría de Veracruz, el sur de Sonora, norte y centro de Sinaloa, la costa de Oaxaca, Nayarit y Chiapas). Esta natural falta de equidad en el país, redunda en que ambas áreas presenten problemas severos asociados con la disponibilidad de las aguas continentales: las sequías son comunes en la primera, las inundaciones en la segunda (CNA, 2011).

## 1. Las aguas continentales de México

### 1.1 Aguas lóticas

Con relación a las aguas lóticas (las que fluyen a favor de la gravedad en una cuenca de drenaje), México se ha dividido en 37 regiones hidrológicas, clasificadas en tres grandes vertientes (CNA, 2012): la del Océano Pacífico (incluyendo la península de Baja California), la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe y, finalmente, las cuencas de drenaje interior o endorreicas (es decir, cuyas aguas superficiales no fluyen al mar).

Existen cerca de 320 cuencas de drenaje en México que cubren un área de 530,310 km$^2$, aproximadamente el 27 % del territorio nacional. Hay cuatro vastas regiones que no presentan drenaje superficial: el desierto o Bolsón de Mapimí, el desierto de El Salado y las penínsulas de Yucatán y Baja California. Fuera de estas zonas, tan solo 34 son consideradas cuencas de drenaje principales, de acuerdo al volumen de agua que transportan. Doce de ellas drenan al Golfo de México y Mar Caribe, trece al Océano Pacífico y nueve son endorreicas (SEDESOL, 1993).

A través del territorio nacional corren numerosos ríos cuyas características son descritas por Bassols (1997):

Con algunas excepciones –por ejemplo el Lerma-Santiago, uno de los principales de México–, la mayoría de los ríos que fluyen hacia la vertiente del Pacífico muestran inmadurez. Esto implica que son cortos, de gran pendiente y, por lo tanto, rápidos, con relativa baja descarga y estación de secas prolongada, dando como resultado un bajo volumen de agua que impide su navegación. Los principales ríos de esta vertiente son: Colorado, Yaqui, Fuerte, Sinaloa, Culiacán, San Lorenzo, Piaxtla, Presidio, Baluarte, Acaponeta, Lerma-Santiago, Armería, Coahuayana, Balsas, Papagayo, Ometepec, Verde, Tehuantepec y Suchiate.

En contraparte, los ríos de la vertiente oriental (Golfo de México y Mar Caribe) son comparativamente maduros. Lo anterior implica una mayor longitud, con flujos de menor velocidad debido a una pendiente más suave, con una estación de secas relativamente breve y, por lo tanto, de mayor volumen, consecuentemente navegables en su parte baja. Entre los principales ríos de esta vertiente se pueden mencionar: Bravo del Norte (Río Grande), Pánuco, Nautla, Tuxpan, Cazones, La Antigua, Cotaxtla, Tecolutla, Jamapa, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta y Candelaria.

Finalmente, los principales ríos de la vertiente interior son: Casas Grandes, Santa María, Carmen, Nazas, Aguanaval y De la Cadena. Aunque el volumen promedio de descarga de los ríos de las cuencas endorreicas es comparativamente bajo, resulta extremadamente importante a nivel local, especialmente porque están ubicados en la región árida a semiárida de la República.

En la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe se descarga el 58.8 % (245 $km^3$) del volumen de los ríos mexicanos. La vertiente del Pacífico drena el 39.2 % (161 $km^3$) y, finalmente, en la vertiente interior se vierte el 0.97 % (~ 4 $km^3$) restante. Resumidamente, solo el 3 % del volumen total de los ríos fluye en la parte norte de México, mientras que 50 % drena a través de los ríos del sureste.

La mencionada disparidad en la disponibilidad de agua en México no solo es latitudinal, también es temporal y altitudinal. Puesto que la lluvia es la fuente de abastecimiento de la mayoría de los ríos en México, hasta el 90 % del flujo total anual se descarga durante la temporada de lluvias, que abarca de 4 a 6 meses, aproximadamente de mayo a octubre. Adicionalmente, durante la temporada fría se presentan breves periodos de lluvias asociadas con los frentes fríos ("nortes") y los ciclones (SEDESOL, 1993; INEGI, 1995), todo lo cual impacta en la estructura y función de los cuerpos de agua continentales. Esta distribución desigual es también conspicua con relación a la altitud, ya que 80 % del agua continental se localiza por debajo de los 500 metros, y tan solo un 5 % por encima de los 2,000 m sobre el nivel del mar. En contraparte, 76 % de los mexicanos y dos terceras partes de la industria de manufactura y tierras agrícolas y ganaderas están localizados en los altiplanos mexicanos (INEGI, 1995).

### 1.2 Aguas lénticas

El primer inventario nacional de lagos mexicanos fue elaborado por Tamayo (1962). Posteriormente, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1995) proporcionó superficies de 2,100 km2 (en volumen, 14 km3) de lagos y 4,810 km2 (en volumen, 107 km3) para reservorios, embalses o presas.

Los grandes cuerpos acuáticos lénticos (es decir, con volúmenes de más de 0.0005 km3) sumaban 92 lagos y 611 presas en el último tercio del siglo pasado (Vidal y colaboradores, 1985). La mayoría de los grandes lagos están en Chihuahua y Tabasco (39 lagos, 42.4 %) mientras que Jalisco, Michoacán y Guanajuato tienen la mayor cantidad de presas (224, con un 36.7 %). No resulta sorprendente que los reservorios sean más numerosos en aquellas zonas donde existe bajo suministro de agua natural (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010).

La distribución geográfica de los lagos naturales en México está asociada con las condiciones climáticas como una expresión de la disponibilidad de agua. Así, los cuerpos naturales de agua son abundantes en las zonas del Golfo de México y el sureste (37-40 %), en contraparte con las zonas norte (24-26 %), centro (19-21 %) y Pacífico (12-13 %). La mayoría de los lagos (85 % de los aproximadamente 12,000 existentes) son pequeños, con áreas superficiales de entre 0.01 y 0.1 $km^2$, y se encuentran ubicados en la región centro occidental del altiplano mexicano (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010).





Existen ocho lagos en la república mexicana cuyas áreas superan los 100 km2: Chapala, en Jalisco; Cuitzeo y Pátzcuaro, en Michoacán; Catazajá en Chiapas; Del Corte, en Campeche, y Bavícora, Bustillos y Encinillas en Chihuahua. Sin embargo, algunos de estos lagos han visto abatidos de manera importante sus niveles o incluso se han presentado casos de desecado debido a sequías recurrentes.

De acuerdo con la CNA (2011) existen alrededor de 4,000 presas en México, de las cuales 667 están clasificadas como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (International Commission on Large Dams, ICOLD). De éstas, 22 poseen una capacidad total de almacenamiento superior a un km3, y representan casi el 60 % de la capacidad de almacenamiento del país. Se trata de las presas de El Novillo, El Oviachic, El Mahone, El Huamaya, El Comedero, Bacurato, Lago Torono, El Palmito, La Amistad, Don Martín, Falcón, El Cuchillo, Las Adjuntas, Aguamilpa, Zimapán, Infiernillo, Temascal, El Caracol, Cerro de Oro, Peñitas, Chicoasén y La Angostura. Se observa que la mayoría de estas grandes presas han sido construidas a lo largo de la costa del Pacífico (por ejemplo, Sonora, Sinaloa, Jalisco, Michoacán), así como en la región centro norte (como Coahuila, Chihuahua, Durango) y, en número menor pero no por ello menos importante, en el resto del país (Alcocer y Bernal-Brooks, 2010).

Para una revisión más detallada de las características geográficas, geológicas, climáticas y de vegetación en función de los cuerpos acuáticos epicontinentales en México, así como de sus características limnológicas, se sugiere al lector consultar a Alcocer y Bernal-Brooks (2010).

### 1.3 Las aguas subterráneas

Con base en la fuerte interacción entre los recursos acuáticos superficiales y los subterráneos, enseguida se hace una breve introducción acerca de estos últimos. Desde el punto de vista de la distribución geográfica del agua subterránea, México se ha dividido en 653 acuíferos, que en conjunto reciben una recarga media anual de 75 $km^3$ y en conjunto se extraen 28 $km^3$ para los diferentes usos del agua, la distribución espacial de la recarga de los acuíferos sigue el mismo comportamiento de la precipitación, siendo muy escasa en la porción central y norte del país y muy abundante en el sur y las zonas costeras. Con la extracción de agua subterránea se suministra agua a casi 90 millones de habitantes, tanto en las zonas urbanas como en las zonas rurales, y se irriga 1/3 parte de la agricultura a nivel nacional; asimismo, más del 70 % de la industria autoabastecida depende del agua subterránea. En las zonas en las que se encuentran cercanas a la superficie también alimentan tanto sistemas lóticos y humedales, como lénticos, por ejemplo, los "axalapazcos" de la Cuenca de Oriental (Alcocer et ál., 1998) y las "ollas" de Guanajuato (Alcocer et ál., 2000).

## 2. Las aguas continentales de México y el cambio climático

El origen y distribución de los distritos lacustres (regiones en las que se han desarrollado diversos lagos con orígenes comunes) mexicanos, particularmente del centro y norte del país, están estrechamente vinculados con eventos tectónicos y el cambio climático acaecido a lo largo del tiempo geológico (Ohngemach y Straka, 1978; Lauer, 1997). Hace miles de años, después de la última glaciación del Pleistoceno, México contenía lagos muy grandes en la porción central y norte -zona que actualmente es desértica/semidesértica- (Tricart, 1985), que eventualmente disminuyeron en tamaño y número, producto del avance de un proceso de desertificación que progresó hacia latitudes más bajas, en combinación con las actividades humanas (Osorio-Tafall, 1946). Los grandes lagos mexicanos han disminuido debido a una menor precipitación pluvial durante los últimos 8,500 años, al inicio del Cuaternario Superior y, más tarde, por impactos humanos (Lauer, 1997).

Para estar en condiciones de dar seguimiento a los posibles efectos del cambio climático, es muy importante realizar monitoreos de largo plazo que pueden evidenciar el impacto del cambio climático sobre los cuerpos acuáticos epicontinentales (Alcocer y Bernal Brooks, 2009; 2012). Al momento, las principales afectaciones que el calentamiento global ha tenido sobre las aguas continentales mexicanas y que han podido ser reconocidas a través de estudios científicos, pueden ser resumidas como a continuación se describen.

## 2.1 Nivel del agua

La escasez de lluvia produce cambios de nivel a la baja en los lagos. En el caso de los lagos ubicados en la parte centro occidente del país, las dependencias de gobierno cuentan con información generada a largo plazo sobre las fluctuaciones de nivel del agua en tres de los lagos más representativos del centro oeste del país: Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro. El nivel del agua en los lagos citados presenta dos componentes. El primero, estacional, depende de la dinámica recurrente de las estaciones de lluvias y secas, que aumenta o disminuye la columna de agua en función de las características morfométricas propias de cada cuenca lacustre. El segundo componente constituye la tendencia de largo plazo sobrepuesta a los movimientos estacionales mencionados anteriormente, que abarca una amplitud de décadas y resulta coincidente, de manera aproximada, en los tres lagos (Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro) (Alcocer y Bernal-Brooks, 2009; Bernal-Brooks et ál,, 2002).

En general de 1935 a 1955, el componente de largo plazo conllevó una disminución en el nivel del agua de los lagos, alternada con una recuperación a finales de la década de los 1960, a manera de cierre de un ciclo. La tendencia se mantuvo estable aproximadamente hasta 1978 y, de ahí en adelante, se volvió a perder progresivamente el nivel hasta el año 2001, cuando adquirió una condición aún más baja, comparada con 1955 (-519 mm en el caso de Pátzcuaro). Posteriormente se hubiera esperado una recuperación del volumen de agua que permitiría concluir con un nuevo ciclo de máximos niveles entre 1998 y 2008, aproximadamente. Sin embargo, nada de esto ocurrió, a excepción de un ligero movimiento al alza que perduró hasta 2005 (Alcocer y Bernal-Brooks, 2009; Bernal-Brooks et ál., 2002). Es importante reconocer este fenómeno como sincrónico en los tres lagos más grandes del centro occidente de México (Bernal-Brooks y MacCrimmon 2000, Bernal-Brooks et ál., 2002, Gómez-Tagle et ál., 2002), pues cada uno de ellos se ubica en una cuenca hidrográfica diferente. Por tal motivo, la influencia del componente climático de largo plazo genera inquietud acerca de por qué en la actualidad no aparecen signos de recuperación de los lagos a niveles superiores. De hecho, hay investigadores (p. ej., Filonov, 2003) que opinan que las variaciones climáticas han tenido un mayor peso para explicar la reducción del nivel de Chapala que la propia influencia antropogénica.

En el componente de largo plazo, los lagos de la parte centro occidente de México alcanzaron una condición excepcional de llenado a finales de los 1930, tal como lo muestran fotografías históricas en relación con la condición actual. Tales evidencias dejan patente la pérdida neta de agua en los citados lagos y un avance progresivo de la desertificación, tal y como lo mencionaron Osorio-Tafall (1946) y Lauer (1997).

Asimismo, Güitrón (2005) proporciona una gráfica de la amplia variación que ha tenido el nivel del lago de Chapala en el periodo aproximadamente de 1930 al 2010. Desafortunadamente, hay un gran número de actividades humanas y acciones diversas que modifican el nivel del lago en forma adicional a la variabilidad natural, lo que puede enmascarar la identificación de los efectos asociados solamente al cambio climático.

Filonov, Tereshchenko y Monzón (1998) encontraron que el lago de Chapala ha sufrido en el siglo pasado dos abatimientos casi catastróficos en el nivel de sus aguas. Iniciando en 1945, el nivel medio descendió 4 m en diez años; en 1955 y en los siguientes 4 años, el nivel se recuperó 5 m. De 1977 a 1998, el nivel volvió a descender en casi 5 m. El primer descenso se atribuye a variaciones seculares en el clima, mientras que el segundo fue mediado, por lo menos en parte, por un aumento en la extracción de agua a través de los acueductos Chapala-Guadalajara y Calderón, así como por el canal de Atequiza. Los mismos autores indican que las oscilaciones climáticas del nivel del lago son procesos complejos con relaciones inversas de diferentes signos, a través de los cuales la naturaleza regula el nivel del lago. Evidentemente, la extracción de agua para la agricultura y otros usos no ha excedido los niveles críticos del lago. De alguna manera, el lago y su cuenca están aún en un modo de compensación de estas pérdidas.

Para el lago de Pátzcuaro, Medina Orozco, García, García Oliva, e Ikkonen (2011) investigaron, mediante percepción remota y SIG's, la desecación del lago de Pátzcuaro en las últimas décadas para reconocer las posibles causas. De forma opuesta a lo mencionado por Bernal-Brooks y MacCrimmon (2000), Bernal-Brooks et ál. (2002) y Gómez-Tagle et ál. (2002) -que asocian al cambio climático la variación sincrónica del nivel del agua de los lagos Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo-, Medina Orozco et ál. (2011) no encuentran una relación positiva entre el régimen de temperaturas y precipitación en las últimas décadas con la desecación del lago. La





explicación que ofrecen Medina Orozco et ál. (2011) a la disminución del nivel del lago de Pátzcuaro es de origen prioritariamente antrópico, derivado de: 1) el cambio del uso del suelo de la cuenca, que disminuye la infiltración, abatiendo el gasto de agua de manantiales e incrementando el escurrimiento superficial cargado de sedimentos, y 2) el aumento en el consumo del agua, que se refleja en la apertura de nuevos pozos para abastecimiento de agua potable en las comunidades de la cuenca de Pátzcuaro.

Rivas Acosta, Güitrón y Ballinas (2010) evaluaron el impacto del cambio climático en los escurrimientos superficiales en tres cuencas importantes representativas de la zona norte –semidesértico- (cuenca del río Conchos), zona centro –templado- (cuenca Lerma-Chapala) y zona sur –húmedo- (cuenca del río Grijalva). Se estimaron los escurrimientos superficiales considerando la variación en la precipitación a causa del cambio climático. A partir de variaciones en los escurrimientos se definió la vulnerabilidad (es decir, el grado en que un sistema es susceptible a padecer efectos adversos) de las regiones ante el cambio climático. El mismo análisis, pero solo de la cuenca Lerma-Chapala, fue presentado por Rivas Acosta y Montero Martínez (2012).

En las cinco subcuencas que conforman la cuenca del río Conchos, se prevé que la precipitación media anual disminuirá a medida en que se avance hacia finales del siglo XXI (2100). Los decrementos proyectados en escurrimiento superficial y las sequías respectivas reducirán la recarga de acuíferos. En el caso de las catorce subcuencas de la cuenca Lerma-Chapala, el pronóstico es similar al del río Conchos, la precipitación media anual disminuirá a medida que se avance hacia finales del siglo XXI. En esta zona se incluyó el análisis de las cuencas de los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y la laguna de Yuriria; en todas éstas, el pronóstico es un descenso en la precipitación pluvial anual. Por último, en las cuatro subcuencas de la cuenca del río Grijalva, el panorama es similar a las anteriores, con una tendencia a la disminución en la precipitación pluvial anual (Rivas Acosta et ál., 2010).

Núñez González (2012) llevó a cabo un estudio de la problemática del agua en la cuenca Lerma-Chapala a través de: a) el análisis de sensibilidad de los principales procesos hidrológicos que influyen en la disponibilidad del agua (evapotranspiración y escurrimiento), y b) el análisis de la vulnerabilidad a partir de la relación existente entre la disponibilidad de agua en la cuenca y la demanda de los distintos usuarios. Los resultados indican que tanto la evapotranspiración como el escurrimiento son sensibles a los efectos derivados del cambio climático, sugiriendo que puede alcanzarse un incremento del 10 % en la evapotranspiración y una disminución del 8 % en el escurrimiento. Los factores que favorecen la vulnerabilidad en la cuenca son tanto naturales como sociales, con los mayores impactos en la cuenca alta y, posteriormente, en la cuenca media. Una concentración poblacional elevada, así como la falta de servicios de agua potable y alcantarillado, son los agentes de mayor relevancia.

De la misma forma, Maderey y Jiménez (2000) realizan el balance hídrico de lo que ellos consideran las tres cuencas hidrológicas más importantes –con base en su extensión y en el número de habitantes– en México: el sistema fluvial Lerma-Chapala-Santiago, la del río Pánuco y la del río Balsas. Se analizan los balances hídricos (calculados de acuerdo al índice de aridez de la clasificación climática de Köppen) actual y el de tres escenarios de cambio climático, correspondientes a la duplicación de la concentración del $CO_2$ atmosférico entre 2025 y 2050. Para las tres cuencas se prevé una disminución en el agua aprovechable, particularmente aguda en la cuenca del sistema fluvial Lerma-Chapala-Santiago.

Con relación a los niveles de agua, se observa una respuesta de los cuerpos de agua a variaciones cíclicas en el clima, con fases de descenso y de recuperación, pero con una tendencia sobrepuesta, influenciada también por las actividades antrópicas, hacia la progresiva disminución del recurso en el país.

Escolero et ál. (2009) evalúan la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable a la zona conurbada de la Ciudad de México, considerando los aspectos ambientales, sociales, jurídicos y de infraestructura hidráulica en conjunto. Como resultado, identificaron que las fuentes de abastecimiento suministradas con agua superficial captada en presas e importada a la Ciudad de México son las más vulnerables. Al analizar diversos escenarios de cambio climático y replantear los balances hídricos en cuencas y acuíferos que sirven de fuentes de abastecimiento de agua a la Ciudad de México, se estimó una reducción de entre 10 y 16 % en la disponibilidad del agua superficial y de entre 12 y 17 % en la disponibilidad de agua subterránea, como resultado de periodos de lluvia más intensas, incremento en los caudales máximos, aumento en la erosión, reducción de la infiltración y disminución del flujo base. El hecho de que el Sistema Cutzamala, como fuente externa de agua superficial, presenta la vulne-

rabilidad más alta, apunta a la necesidad de un cambio de paradigma en la planeación de futuras fuentes. Los mismos procesos climáticos, sociales y ambientales que están disminuyendo la disponibilidad de agua entregada por esta fuente, podrían afectar los demás proyectos de importación y aún a mayor costo.

### 2.2 Temperatura del agua

En forma alternativa al nivel del agua de los lagos, la temperatura del agua, en particular la del fondo de los lagos profundos que presentan un patrón térmico de monomixis cálida (una época de mezcla al año, asociada al invierno), puede ser empleada como centinela del cambio climático (Adrian et ál., 2009). En los lagos monomícticos cálidos, la temperatura del agua nunca llega a ser inferior a los 4 °C, temperatura de máxima densidad del agua; por lo anterior, la temperatura ambiental más fría del año, asociada al invierno, se ve reflejada en las menores temperaturas del agua que, al enfriarse y aumentar su densidad, descienden al fondo del lago, permaneciendo ahí por ser más densas y, por ende, más pesadas. De esta manera, el seguimiento de la medición de las temperaturas del fondo de estos lagos puede reflejar cambios en la temperatura ambiental regional.

Sánchez Rodríguez (2011) analizó el comportamiento de las variables meteorológicas de la Estación Alchichica, Puebla -ubicada a orillas del lago del mismo nombre- y encontró que ni la precipitación ni la evaporación presentaron tendencias definidas de aumento ni de disminución en el periodo 1970 a 2006. Sin embargo, la temperatura ambiental se elevó después de un periodo "frío" (las comillas señalan situaciones relativas a los promedios observados para la región), con valores menores a la media, a un periodo "cálido" en el lapso 1987 a 2006, con observaciones superiores a la media. En ninguno de los dos periodos se encontraron tendencias de la temperatura a disminuir o a aumentar. Tampoco se encontraron correlaciones significativas entre precipitación, evaporación y temperatura ambiental.

En particular, las temperaturas del promedio "cálido" mencionadas por Sánchez Rodríguez (2011) alcanzaron los 14.5-14.6 °C, coincidiendo con las temperaturas promedio de fondo de Alchichica en el periodo 1999-2010, durante el cual González Contreras (2013) registró de 14.43 ± 0.28 °C a 14.75 ± 0.25 °C. Como ya se ha mencionado, lo anterior apunta a que los lagos monomícticos cálidos tropicales son centinelas naturales del cambio climático regional. Estos datos confirman que dentro del periodo "cálido" reciente, detectado por Sánchez Rodríguez (2011) para la temperatura ambiental, durante el cual no hay tendencias de aumento, la temperatura de fondo de Alchichica tampoco mostró una tendencia clara de aumento.

Por otro lado, González Villela et ál. (2012) analizaron temperatura ambiental, precipitación y evaporación medidas en la estación meteorológica Pátzcuaro (070) del Servicio Meteorológico Nacional. Compararon dos periodos: 1969-1989 y 1988-2007, a los que denominan "pre-impacto" y "post-impacto", respectivamente (sin aclarar a qué impacto se refieren). El análisis indicó un cambio estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$) en las temperaturas máxima, mínima y en la evaporación, con valores mayores en el periodo más reciente. A pesar de lo anterior, este incremento en las temperaturas y evaporación no se vio reflejada en la temperatura del agua del lago, pues ésta permaneció estable.

En un intervalo temporal más amplio, Cuna et ál. (2014) tampoco encontraron evidencias de cambios ambientales "modernos" (es decir, de 1910 a la fecha) inducidos por el hombre en su análisis de un núcleo sedimentario procedente de La Luna, un lago tropical de alta montaña ubicado en el cráter del volcán Nevado de Toluca.

### 2.3 Características fisicoquímicas

De la Mora Orozco et ál. (2011) modelan los efectos del cambio climático sobre la concentración de oxígeno disuelto (OD) del lago de Chapala para dos periodos futuros: 2031-2040 y 2051-2060. Para ello consideran como escenario de referencia 1961-2003, así como datos de concentración de OD medidos en el ciclo 1996-1997 para ajustar el modelo. La conclusión del estudio es que habrá una disminución en la concentración de OD en el lago durante el siglo XXI, en particular para la región de la Ciénega de Chapala, producto del calentamiento global. Sin embargo, la predicción indica que, aun cuando la concentración de OD disminuirá paulatinamente durante el siglo XXI, por lo menos hasta la década de 2051-2060 no se presentarán periodos de anoxia.





En Pátzcuaro, González Villela et ál. (2012) dedican buena parte del documento a describir las diferencias en la calidad del agua entre 1969-1989 y 1988-2007; sin embargo, terminan concluyendo que el lago permanece en "equilibrio dinámico" con respecto a las características fisicoquímicas que se analizaron. Es decir, a pesar de que se demostraron diferencias significativas en algunas variables ambientales relevantes (temperaturas máxima y mínima, evaporación), éstas aún no se reflejan en las características fisicoquímicas de Pátzcuaro.

Una evaluación que considera tres cuencas -la del río Bravo en la región norte, la Lerma-Chapala en la región centro y la del río Grijalva en la región sur- (García López et ál., 2010) analiza el impacto del cambio climático sobre la calidad del agua en cuerpos superficiales mediante la proyección de dos indicadores de calidad de agua cuyas tasas aumentan con el incremento de las temperaturas: la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO). Las tendencias del crecimiento poblacional y el desarrollo industrial diferenciales para las distintas zonas geográficas incluso dentro de la misma cuenca, explican la respuestas heterogéneas en éstas.

Con base a la evaluación, la calidad del agua para la cuenca del río Bravo se mantiene como aceptable para el 2020. Sin embargo, para los años 2050 y 2080 se espera que cambie a contaminada y a fuertemente contaminada, respectivamente. Para la cuenca Lerma-Chapala y al 2020, se espera que la calidad del agua, con base en la DBO5, cambie a fuerte contaminación en el norte y se mantenga en aceptable conforme se acerca a Chapala. Sin embargo, para el 2050 y el 2080, la calidad cambiará a aceptable y contaminada, respectivamente. Con base en la DQO, el escenario es similar: Para 2020 la contaminación será alta en la zona del Estado de México e irá disminuyendo conforme se acerca el lago de Chapala, donde la calidad será buena. Para el 2050 y el 2080, la calidad cambiará a contaminada y fuertemente contaminada, respectivamente. Finalmente, para la cuenca del Grijalva y respecto a la DBO5, la calidad será aceptable para el 2020. Para 2050 y 2080, la calidad cambiará a contaminada y fuertemente contaminada. En el 2020 y para DQO, la calidad será entre buena y aceptable. Sin embargo, para los años 2050 y 2080, la calidad cambiará a contaminada.

Con relación a los fenómenos decadales, Alcocer y Lugo (2001, 2003) encontraron que bajo condiciones climáticas asociadas con los fenómenos "El Niño" (p.ej., temperaturas más elevadas y lluvias más reducidas en la zona centro de México), el lago Alchichica presenta características limnológicas diferentes (i.e., por encima o por debajo de la media) a las que presenta en los años "normales". Las modificaciones observadas son las siguientes: un hipolimnion (capa inferior del lago en fase de estratificación) más estrecho y frío, un gradiente térmico mayor y el subsiguiente ensanchamiento en la termoclina (el tope es más superficial y la base más profunda), un epilimnion más cálido, hipoxia/anoxia hipolimnética con inicio tardío, una zona anóxica hipolimnética delgada y un reducido florecimiento primaveral de cianobacterias. El incremento de temperatura esperado con el cambio climático haría que las características limnológicas del lago evolucionaran de manera similar a las descritas bajo condiciones "El Niño". Por el contrario, en el estudio paleolimnológico que Caballero et ál. (2001) realizaran en Alchichica, se indica que no se detectaron evidencias en los sedimentos de fluctuaciones climáticas de período corto de tipo El Niño.

En las características físico-químicas se vuelve a observar que los posibles efectos del cambio climático se entremezclan con la influencia más directa de las actividades antropogénicas, y que las tendencias a futuro suman asimismo desfavorablemente a otras tendencias observadas

## 3. Las aguas continentales: ¿fuentes o sumideros de carbono?

La corteza terrestre y el océano son los grandes reservorios de carbono (Libes, 2009). Las aguas continentales más estudiadas (principalmente lagos, ríos y presas) raramente se han considerado como componentes potencialmente importantes en el ciclo del carbono, tanto a escala regional como global, debido a que cubren una pequeña fracción de la superficie de la Tierra. Cole et ál. (2007), estimaron que del total de carbono (en petagramos, Pg, por año, o sea 1 x 1015 g) que entra a las aguas continentales (1.9 Pg C año$^{-1}$), solamente 0.2 Pg C año$^{-1}$ (10.5 %) es secuestrado en sus sedimentos, mientras que el resto se libera a la atmósfera (0.8 Pg C año$^{-1}$) o se transporta hacia los océanos (0.9 Pg C año$^{-1}$).

Cole et ál. (2007) ponen en evidencia el papel de las aguas continentales como componentes activos del ciclo global de carbono. Su importancia radica en que pueden presentar una productividad primaria comparativamente elevada con la de otros ecosistemas, además de ser el "conducto o vía" para el transporte del carbono terrestre procedente de la cuenca, ya sea hacia los sedimentos, hacia la atmósfera o bien hacia otros sistemas acuáticos.

En los ambientes acuáticos, los productores primarios son los encargados de incorporar el carbono inorgánico de la atmósfera ($CO_2$) y convertirlo en carbono orgánico. Posteriormente, los productores primarios (principalmente fitoplancton fotosintético en la columna de agua) pueden agregarse y hundirse, o ser consumidos por productores secundarios (heterótrofos, transfiriendo así una parte de este carbono al resto de la red trófica. Otra parte es oxidada y retorna eventualmente a la atmósfera. Estudios realizados con trampas de sedimento, tanto en aguas marinas como continentales, revelan que solo entre 1 y 35 % del carbono orgánico que se sintetiza en la zona fótica (iluminada) de la columna de agua llega a los sedimentos del fondo (Bloesch y Uehlinger, 1990; Eadie et ál., 1984).

La exportación del carbono orgánico particulado (COP) hacia los sedimentos depende principalmente del tamaño de la partícula. Cuando la talla dominante es la pequeña (< 2 ó 5 µm, dependiendo del autor), las rutas principales que seguirá el fitoplancton serán su reciclamiento en las capas superficiales y su inclusión en las cadenas alimenticias dentro de las redes tróficas. Cuando la dominante es la talla grande, la ruta que seguirá será el hundimiento de las células no consumidas (Legendre, 1999). En este sentido, los florecimientos de fitoplancton tienen un papel importante en la exportación del carbono orgánico particulado (COP), ya que al ser tanta la biomasa, ésta no puede ser consumida y/o remineralizada en su totalidad, por lo cual se sedimenta en su mayoría hacia el fondo de los cuerpos acuáticos (Pesant et ál., 1998); de esta manera, el COP puede quedar "secuestrado" en los sedimentos por un periodo largo de tiempo (> 100 años), lo cual quiere decir que el carbono, en un principio atmosférico, está siendo retirado y almacenado a través de procesos físicos o biológicos, es decir, eliminado de la atmósfera y del agua para permanecer en los sedimentos.

Cole, Caraco, Kling y. Kratz (1994) mencionan estudios que muestran, por un lado, que los lagos árticos son fuentes de $CO_2$ a la atmósfera como resultado de la gran cantidad de materia orgánica presente en la tundra; pero, por otro lado, se ha encontrado que otros lagos, en este caso boreales y templados, son sumideros netos de carbono. Por lo anterior, los mismos autores analizaron 1,835 lagos boreales, templados y tropicales -estos últimos poco representados por escasez de información-, encontrando que el 87 % de las aguas superficiales estaban sobresaturados de $CO_2$, indicando que los lagos son más bien fuentes y no sumideros de carbono.

Dada esta situación en otras regiones del planeta, a continuación se hace un análisis de la información existente sobre el tema que permita vislumbrar si los cuerpos acuáticos continentales mexicanos se pueden considerar predominantemente como fuentes o sumideros de carbono.

## 4. Las aguas continentales como fuente de carbono

En regiones de elevada actividad geológica, como ocurre en amplias zonas de México, las aguas continentales se ven afectadas por procesos influidos por el tectonismo y fenómenos asociados. Por ejemplo, los lagos volcánicos son fuente de emisiones de dióxido de carbono ($CO_2$), particularmente los de aguas ácidas. Pérez et ál. (2011) resaltan la importancia de revisar el proceso de descarga de $CO_2$ a través del vulcanismo subaéreo. En México, los lagos volcánicos activos son casi inexistentes, por lo que su contribución en $CO_2$ y consecuente efecto en el cambio climático es globalmente reducida. En este mismo estudio, Pérez et ál. (2011) reportan las emisiones de $CO_2$ -en toneladas, t- del lago del volcán El Chichón con valores de 59.0 ± 2.5 a 164.0 ± 9.5 t $CO_2$ día-1 lo que se refleja en de 724.82 a 1,484.54 t $CO_2$ km-$^{2}$ día$^{-1}$. Por su parte, las mediciones realizadas para el mismo lago por Mazot y Taran (2009) indican un promedio de 164 ± 9.5 t $CO_2$ día$^{-1}$ que -para el total de la superficie del lago, que es de 138,000 m2- representa aproximadamente 370 t $CO_2$ día-1, valores comparables a las de otras áreas volcánicas y geotérmicas alrededor del mundo.





Por su efecto invernadero más acusado, de mayor relevancia resulta la emisión de metano ($CH_4$) de los lagos y humedales mexicanos, en particular de aquellos contaminados y de mayor desarrollo trófico (hipereutrófico), caracterizados por acumular materia orgánica. Son pocos los estudios que evalúan las emisiones de $CH_4$ en lagos, estanques y pantanos tropicales y subtropicales y aún menos los realizados en México. Particularmente, González-Valencia et ál. (2014) estimaron que el flujo global de metano de los lagos mexicanos es de aproximadamente (en teragramos, Tg, 1 x 1012 g) 1.3 ± 0.4 Tg $CH^4$ año$^{-1}$, en un intervalo diario de 5 a 5,000 mg $CH_4$ día$^{-1}$. Estas cifras constituyen el 20 % y el 4.4 % del total nacional de emisiones de $CH_4$ y gases de invernadero, respectivamente.

Una cifra que resulta relevante es el factor de emisión procedente de las aguas residuales sin tratamiento que son vertidas a los lagos y que es (en kilogramos de metano por cada kilogramo de demanda bioquímica de oxígeno) de 0.19 kg $CH_4$ kg$^{-1}$ DBO5, el cual es superior al calculado por el IPCC (González-Valencia et ál., 2014). Lo anterior implica que los grandes volúmenes de aguas residuales sin tratamiento que son liberadas en México resultan en emisiones de metano superiores a las estimadas previamente.

Para lagunas costeras de Guerrero, Mendoza Mojica et ál. (2013) calcularon que Chautengo emite (en miligramos de metano por m$^2$ y día) 15.4 mg $CH_4$ m-2 día$^{-1}$ y 2,241.5 mg $CO_2$ m$^{-2}$ día$^{-1}$, mientras que en Tres Palos las emisiones son de 1,483.3 mg $CH_4$ m$^{-2}$ día$^{-1}$ y 95 mg $CO_2$ m$^{-2}$ día-1. La diferencia tan grande parece derivar del mayor grado de eutrofización y contaminación con materia orgánica y nutrientes de Tres Palos.

Por otro lado, en el embalse eutrófico de Valle de Bravo (Valdespino-Castillo et ál., 2014) se estimó la emisión de $CO_2$ hacia la atmósfera en un ciclo anual, basándose en el balance fotosíntesis/respiración del sistema. Los resultados (3.4 mg $CO_2$ m$^{-2}$ día$^{-1}$) son muy similares al promedio de emisión de diferentes lagos del planeta (3.5 mg $CO_2$ m$^{-2}$ día$^{-1}$, St. Louis et ál., 2000). Sin embargo, ambos trabajos resaltan la falta de datos sobre sistemas tropicales. En este estudio, la disminución del nivel del embalse (por manipulación antrópica asociada con periodos de sequía) se relaciona con mayor mezcla, que intensifica la respiración durante el periodo "normalmente" estratificado, dando como resultado un balance heterotrófico neto, o bien, donde domina la respiración y, por ende, la emisión de carbono hacia la atmósfera. Lo anterior contrasta con lo encontrado por Balmer y Downing (2011), quienes mencionan que los lagos ricos en nutrientes, en particular los pequeños y ricos en oxígeno derivado de la producción primaria, pueden funcionar como sumideros netos de $CO_2$.

## 5. Las aguas continentales como sumidero de carbono

El promedio de captura de $CH_4$ y de $CO_2$ en la laguna de Chautengo, en el Pacífico Mexicano, es de 8.7 mg $CH_4$ m$^{-2}$ d$^{-1}$ y 1001.7 mg $CO_2$ m$^{-2}$ d$^{-1}$, respectivamente; por otro lado, en la laguna de Tres Palos, Guerrero, los registros son de 127.7 mg $CH_4$ m$^{-2}$ d$^{-1}$ y 1,475 mg $CO_2$ m$^{-2}$ d$^{-1}$, correspondientemente (Mendoza Mojica et ál., 2013), es decir, presentan un comportamiento variable en cuanto a la emisión o captura de carbono.

Por otro lado, son muy escasos los estudios que se han realizado en lagos mexicanos para medir el flujo de carbono particulado a los sedimentos, esto es, las tasas de exportación y potencial secuestro de carbono en aguas epicontinentales. El lago Alchichica es la excepción y ha permitido evaluar la magnitud de este fenómeno. Oseguera et ál. (2011) midieron flujos de carbono orgánico particulado (COP) en un intervalo de 65 a 451 mg m$^{-2}$ d$^{-1}$ (promedio 203 ± 93 mg m$^{-2}$ d$^{-1}$). Posteriormente, Oseguera et ál. (2013) reportan los flujos de COP a lo largo de tres ciclos anuales. El intervalo de estas mediciones es superior al registrado en el estudio pasado, con 116 a 621 mg m-2 d$^{-1}$ (promedio 260 ± 125 mg m$^{-2}$ d$^{-1}$), lo que permite concluir que existen variaciones interanuales en el proceso de exportación de carbono orgánico particulado (COP) en el lago.

Los valores registrados de los flujos de COP para el lago Alchichica resultan ser superiores a los reportados en otros lagos de condición trófica similar (oligotróficos) e incluso superior (mesotróficos) y lo asocian al predominio de fitoplancton de talla grande (> 35-50 µm). Adicionalmente, ambos trabajos (Oseguera et ál., 2011; Oseguera-Pérez et ál., 2013) mencionan que los flujos de COP varían estacionalmente. Los flujos más intensos se presentaron asociados al florecimiento invernal de diatomeas

planctónicas, en el cual predomina una especie de talla relativamente grande, Cyclotella alchichicana, así como durante la estratificación bien establecida, cuando se forma un máximo profundo de clorofila, el cual es dominado, una vez más, por esta diatomea. En la primavera se presenta otro florecimiento, en este caso de la cianobacteria Nodularia spumigena, el cual se exporta solo parcialmente al fondo, ya que este organismo posee mecanismos eficientes para mantenerse a flote, por lo cual, en lugar de sedimentarse al fondo, es transportado por el viento hacia la orilla.

Sin embargo, no solo se presentan variaciones estacionales e interanuales en los flujos de COP en el lago Alchichica, Pascoe-Orrala et ál. (2013) mostraron que se observan también variaciones en la horizontal (centro a orilla). Los flujos de mayor magnitud se encontraron cerca de la orilla del lago, pero aún se detectaron en aguas profundas (es decir, ≥ 50 m) y las menores se midieron en el centro del lago. El promedio global de los flujos de COP fue de 278 ± 113 mg $m^{-2}$ $d^{-1}$ y la máxima diferencia de flujos se presentó al final de la circulación e inicios de la estratificación, asociado a la sedimentación del florecimiento invernal de diatomeas; los flujos cerca de la orilla (1,261 ± 76 mg m-2 $día^{-1}$ y 1,399 ± 288 mg $m^{-2}$ $día^{-1}$, respectivamente) fueron superiores a los del centro del lago (873 ± 55 mg m-2 $día^{-1}$ y 1,035 ± 126 mg $m^{-2}$ $día^{-1}$, respectivamente).

La cantidad de COP que constituye el almacén del sedimento superficial del lago Alchichica y su dinámica a lo largo de cinco años fue evaluada por Alcocer et ál. (2011 y 2012). La concentración promedio de COP sedimentario (en gramos por $m^2$) fue de 36 ± 18 g $m^{-2}$ y variaron entre 17.1 y 86.5 g $m^{-2}$. Durante el periodo estudiado, la mayor concentración de COP en los sedimentos superficiales se presentó en el periodo de estratificación temprana, producto de la sedimentación del florecimiento invernal de diatomeas. Si bien no se encontraron diferencias significativas interanuales en la concentración promedio del COP, se reconoció la presencia de una ciclicidad bienal, en la cual la concentración del COP depositado en los sedimentos durante la estratificación temprana de los años pares fue mayor que la de los años nones. La cantidad de COP depositada en los sedimentos superficiales es elevada comparada con otros sistemas acuáticos de condición trófica similar o aun mayor que Alchichica, y es producto, como se mencionó anteriormente, de la dominancia de fitoplancton de gran tamaño exportado por debajo de la termoclina y no reciclado en la zona eufótica (iluminada), como sucede en la mayoría de los cuerpos acuáticos oligotróficos en los cuales predomina el fitoplancton pequeño.

Finalmente, Alcocer et ál. (2014) analizan la concentración de COP en los sedimentos recientes y a lo largo de un núcleo sedimentario. Estos autores encontraron que la concentración de COP en los sedimentos superficiales del lago Alchichica varió entre 12 y 60 mg COP $g^{-1}$ (25 ± 12 mg COP $g^{-1}$ de peso seco). Esta concentración es elevada y de origen predominantemente autóctono (fitoplancton). La concentración de COP en el núcleo sedimentario (16.6 a 31.6 mg COP $g^{-1}$ peso seco) fue comparable a la concentración observada en los sedimentos superficiales, lo que permitió inferir la elevada capacidad de preservación de carbono (secuestro) en la columna sedimentaria. Los flujos de COP estimados en el núcleo fechado con 210Pb variaron entre 14.9 y 35.3 g m-1 año-1; la máxima pérdida vía diagénesis (transformación dentro del sedimento) se estimó en < 25 %. Al parecer, los lagos tropicales profundos como Alchichica, acumulan y preservan la mayoría del COP depositado, lo cual juega un papel relevante en el balance regional de carbono, al constituirse como sumidero de carbono.

Al respecto, resulta en una importante omisión la falta de datos al respecto de las importantes extensiones de humedales en el país, pues dada su someridad, con facilidad acumulan materia orgánica tanto autóctona como alóctona, siendo una fuente de liberación tanto de $CO_2$ como de $CH_4$. Los escasos datos recabados de cuencas hidrográficas y/o de lagos, así como la casi nula información de los humedales con relación al cambio climático, ponen de manifiesto la necesidad de enfocar esfuerzos concertados en sus efectos en los cuerpos acuáticos epicontinentales de México.





## Conclusión

La información científica disponible relativa a los efectos del cambio climático (CC) sobre las aguas continentales en México indica que: a) hay una respuesta de los cuerpos de agua a variaciones cíclicas en el clima, con fases de descenso y de recuperación, pero con una tendencia sobrepuesta, influenciada también por las actividades antrópicas, hacia la progresiva disminución del recurso en el país; b) que la temperatura de los lagos –someros y profundos- no muestra una tendencia clara de aumento; c) los posibles efectos del CC en las características físico-químicas de las aguas continentales se entremezclan con la influencia más directa de las actividades antropogénicas y las tendencias a futuro se suman desfavorablemente a otras tendencias observadas; d) los grandes volúmenes de aguas residuales sin tratamiento liberadas en las aguas continentales en México resultan en emisiones de metano superiores a las estimadas previamente, constituyendo fuentes netas de gases de invernadero; e) los lagos profundos mexicanos, de fondos con anoxia (falta de oxígeno) prolongada, acumulan y preservan la mayoría del carbono particulado depositado, lo cual juega un papel relevante en el balance regional de carbono al constituirse como sumideros de carbono; f) existe una clara falta de estudios sobre los efectos del CC sobre el proceso de eutrofización de las aguas continentales, el desarrollo de florecimientos –muchos de ellos tóxicos- de cianobacterias (microalgas primitivas que frecuentemente desarrollan crecimientos masivos nocivos), el proceso de estratificación de las masas acuáticas y el desarrollo de anoxia hipolimnética (agotamiento del oxígeno en la capa profunda de un lago estratificado) y sobre el papel que juegan los humedales –ecosistemas acuáticos dominantes en el país- como fuentes o sumideros de gases de invernadero, así como el de las aguas subterráneas. Dadas las tendencias actuales de cambios ambientales, es estratégico para México que se lleven a cabo estudios de largo plazo en una mayor diversidad de tipos de cuerpos de agua continentales, para comprender a cabalidad su estructura y función, y cómo responden a los efectos del CC. Lo anterior permitirá el desarrollo de programas de conservación por un lado y de uso sustentable por el otro, del preciado recurso de las aguas continentales tanto para el mantenimiento de la biodiversidad, como del abastecimiento de agua con fines domésticos, agropecuarios e industriales.

## Referencias


**Adrian**, R., O'Reilly, C., Zagarese, H., Baines, S., Hessen, D., Keller, W., Livingstone, D., Sommaruga, R., Straile, D. Van Donk, E., Weyhenmeyer G. y Winder, M. (2009). Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography* (vol. 54, pp. 2283–2297).

**Alcocer**, J., Lugo, A., Sánchez, M., Chávez, M. y Escobar, E. (1998). Threats to the saline lakes of the Oriental basin, Mexico, by human activities. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* (vol. 26, pp. 1383-1386).

**Alcocer**, J., Escobar, E. y Lugo, A. (2000). Water use (and abuse) and its effects on the crater-lakes of Valle de Santiago, Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Managemen* ( 5(3), pp. 145-149).

**Alcocer**, J. y Lugo, A. (2001). Efectos del fenómeno El Niño en Alchichica, Puebla, México, un lago tropical profundo. pp. 96-102. En: E. Escobar, M. Bonilla, A. Badán, M. Caballero y A. Winckell (comps.). Los Efectos del fenómeno El Niño en México. 1997-1998. SEP-CONACYT. México. 245pp.

**Alcocer**, J. y A. Lugo, 2003: Effects of El Niño on the dynamics of Lake Alchichica, Central Mexico. *Geofísica Internacional* (42(3), pp. 523-528).

**Alcocer**, J. y F.W. Bernal-Brooks. (2009). Investigación ecológica a largo plazo en cuerpos acuáticos epicontinentales. *Revista Digital Universitaria* [en línea], 10(8).

**Alcocer**, J. y Bernal-Brooks, F. (2010). Limnology in Mexico. *Hydrobiologia* (pp. 644, 15-68).

**Alcocer**, J. y Bernal-Brooks, F. (2012). Desertificación en México. El punto de vista desde la ecología acuática (vol. 9, pp. 34-39), C+TEC (CECYT Michoacán).

**Alcocer**, J., Escobar, E., Oseguera, L. y Ardiles, V. (2011). Dinámica intra e interanual del almacén de carbono orgánico particulado en los sedimentos de un lago oligotrófico (pp. 431-436). En: Memorias del III Simposio del Carbono en México. Cap. 2. Ecosistemas Acuáticos. Centro de Investigación en Química Sustentable, UAEM-UNAM. México. 768 pp.

**Alcocer**, J., Escobar, E., Oseguera, L. y Ardiles, V. (2012). El almacén de carbono orgánico particulado en los sedimentos de un lago oligotrófico tropical (pp. 534-540). En: F. Paz y R. M. Cuevas (eds.). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2011. Programa Mexicano del Carbono, Universidad Autónoma del Estado de México e Instituto Nacional de Ecología. Texcoco, Estado de México, México. 869 pp.

**Alcocer**, J., Ruiz- A., Escobar, E., Pérez, L., Oseguera L. y Ardiles, V.(2014). Deposition, burial and sequestration of carbon in an oligotrophic, tropical lake. *Journal of Limnology* (73(2), pp. 223-235).

**Balmer**, M. y Downing, J. (2011). Carbon dioxide concentrations in eutrophic lakes: undersaturation implies atmospheric uptake. *Inland Waters* (vol. 1, pp. 125-132).

**Bassols**, A. (1997). Recursos Naturales de México: teoría, conocimiento y uso. Editorial Nuestro Tiempo. México.

**Bernal-Brooks**, F. y MacCrimmon, H.R. (2000). Lake Zirahuen (Mexico): A natural reservoir visually insensitive to cultural eutrophication (pp. 77-88). En: Munawar, M., S. Lawrence, I. Munawar y D. Malley (eds.). Aquatic Ecosystems of Mexico: Status & Scope. Ecovision World Monograph Series. Backhuys Publishers, Holanda.

**Bernal-Brooks**, F., Gómez-Tagle Rojas, A. y Alcocer, J. (2002). Lake Patzcuaro (Mexico): a controversy about the ecosystem water regime approached by field references, climatic variables and GIS. *Hydrobiologia* (vol. 163, pp. 187-197).

**Bloesch**, J. y Uehlinger, U. (1990). Epilimnetic carbon flux and turnover of particle size classes in oligo-mesotrophic lake Lucerne, Switzerland. *Archiv für Hydrobiologie* (118, pp. 403-419).

**Caballero**, M., Vilaclara, G., Rodríguez, A., y Juárez, D. (2003). Short-term climatic change in lake sediments from lake Alchichica, Oriental, México. *Geofísica Internacional* (42(003), pp. 529-537).

**CNA.** (Comisión Nacional del Agua). (2011). Estadísticas del agua en México, CNA, SEMARNAT.

**CNA.** (Comisión Nacional del Agua). (2012). Atlas del agua en México. CNA. SEMARNAT.

**Cole**, J., Caraco, N., Kling G., y. Kratz, T. (1994). Carbon dioxide supersaturation in the surface waters of lakes. *Science* (265(5178), pp. 1568-1570).

**Cole**, J., Prairie, Y., Caraco, N., McDowell, W., Tranvik, L., Striegl, R., Duarte, C., Kortelainen, P., Downing, J., Middelburg, J. y Melack, J. (2007). Plumbing the global carbon cycle: Integrating inland waters into the terrestrial carbon Budget. *Ecosystems*( *vol. 10*, pp. 171-184).

**Cuna**, E., Zawisza, E., Caballero, M., Ruiz-Fernández, A., Lozano-García, M. y Alcocer, J. (2014). Environmental impact of the Little Ice Age cooling in central Mexico: the record from a tropical alpine lake. Journal of Paleolimnology (51, pp. 1-14).

**De la Mora Orozco**, C., Flores López, H., Durán Chávez, A. y Ruiz Corral, J. (2011). Cambio climático y el impacto en la concentración de oxígeno disuelto en el lago de Chapala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (vol 2, pp. 381-394).

**Eadie**, B., Chambers, R., Gardner, W. y Bell, G. (1984). Sediment trap studies in Lake Michigan: resuspension and chemical fluxes in the southern basin. *Journal of Great Lakes Research* (10: pp. 307–321).







**Escolero**, O., Martínez, S., Kralisch, S., Perevochtchikova, M. y Delgado-Campo, J. (2009). Vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de México en el contexto de cambio Climático. Reporte Técnico. Centro Virtual de Cambio Climático. Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM (p. 169 ).

**Filonov**, A., Tereshchenko, I. y Monzón, C. (1998). Oscillations of the hydrometeorological characteristics in the región of Lake Chapala for intervals of days to decades. *Geofísica Internacional* ( 37(4), pp. 293-307).

**Filonov**, A. (2003). Chapala no desaparecerá por influencia del hombre. *Gaceta Universitaria* 16 de junio de 2003. Universidad de Guadalajara.

**García López**, A., Ramírez, N., Vázquez, C. y Moeller Chávez, G.E. (2010). Capítulo 6. Calidad del agua (pp. 143-162). En: P.F. Martínez Austria y C. Patiño Gómez (eds.). Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Volumen III. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, SEMARNAT. México. 162 pp.

**Gómez-Tagle**, A., Bernal-Brooks, F. y Alcocer, J. (2002). Sensitivity of Mexican water bodies to regional climatic change: Three study alternatives applied to remote sensed data of Lake Patzcuaro. *Hydrobiologia* ( 467, pp. 169-175).

**González Contreras**, C. (2013). Variación a largo plazo de la concentración y distribución vertical de la clorofila a fitoplanctónica en el lago Alchichica, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 61 pp.

**González-Valencia**, R., Sepulveda-Jauregui, A., Martinez-Cruz, K., Hoyos-Santillan, J., Dendooven, L. y Thalasso, F. (2014). Methane emissions from Mexican freshwater bodies: correlations with water pollution. *Hydrobiologia* ( 721, pp. 9-22).

**González Villela**, R., Sánchez Chávez, J., Bravo Inclán, L.A., Tomasini Ortiz, C., Sánchez Chávez, L., Córdova Rodríguez, A., García Villanueva, N. (2012). Cambio climático en la calidad del agua del Lago de Pátzcuaro. XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Acapulco, Guerrero.

**Güitrón**, A. (2005). Modelación matemática en la construcción de consensos para la gestión integrada del agua en la cuenca Lerma-Chapala (pp. 25-44). En S. Vagas y E. Mollard (eds.). *Los retos del agua en la cuenca Lerma-Chapala. Aportes para su estudio y discusión*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua e Institut de Recherche pour le Développement. México. 247 pp.

**INEGI** (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (1995). Estadísticas del medio ambiente, México, INEGI.

**Lauer**, W. (1997). Medio ambiente y desarrollo cultural en la región Puebla-Tlaxcala. In García-Cook, A., B. L. Merino-Carrión y L. Mirambell-Silva (eds.), *Antología de Tlaxcala*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Gobierno del Estado de Tlaxcala. México (pp. 213–240).

**Legendre**, L. (1999). Environmental fate of biogenic carbon in lakes Japanese. *Journal of Limnolog* ( 60 (1), pp. 1–10).

**Liebes**, S. (2009). *Introduction to Marine Biogeochemistry*. Elsevier. Amsterdam.

**Maderey**, R. . y Jiménez R. (2000). Los recursos hidrológicos del centro de México ante un cambio climático global (pp. 39-53). En C. Gay García (Comp.). 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 pp. ISBN 968-36-7562-X.

**Mazot**, A. y Taran, Y. 2009: $CO_2$ flux from the volcanic lake of El Chichón (Mexico). *Geofísica Internacional* (48(1), pp. 73-83).

**Medina Orozco** L., García Fernández, N., García Oliva, F. e Ikkonen, E. (2011). Evaluación de la desecación del lago de Pátzcuaro Michoacán mediante técnicas de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. 2o. *Congreso Nacional de Manejo de Cuencas*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.¬¬¬ Villahermosa. México.

**Mendoza Mojica**, M., Martínez, A., Espinosa, M., Peralta, O. y Castro, T. (2013). Caracterización de dos lagunas costeras del pacífico mexicano en relación al contenido de carbono y la captura y emisión de $CH_4$ y $CO_2$. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* ( 29(2), pp. 145-154).

**Núñez González**, G. (2012). El cambio climático y la dinámica de procesos hidrológicos en la cuenca Lerma-Chapala. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 138 pp.

**Ohngemach**, D. y Straka, H. (1978). La historia de la vegetación en la región Puebla-Tlaxcala durante el Cuaternario tardío. *Comunicaciones Puebla-Tlaxcala* (15, pp. 189–199).

**Oseguera**, L., Alcocer, J. y Peralta, L. (2011). Flujo de carbono orgánico particulado en un lago oligotrófico con dominancia de fitoplancton de talla grande (pp. 141-150). En F.R. Gío Argaez y M.T.L. Rosales Hoz (eds.). Interacciones en el Planeta Tierra. ICML, UNAM. México. 250pp.

**Oseguera-Pérez**, L., Alcocer-Durand J. y Hernández-Hernández, B. (2013). Variación del flujo de carbono orgánico particulado en un lago oligotrófico con dominancia de fitoplancton de talla grande (pp. 328-334). En F. Paz Pellat, J. Wong González, M. Bazan y V. Saynes. (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2013*. Programa Mexicano del Carbono, Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. 696 pp.

**Osorio-Tafall**, B. (1946). Anotaciones sobre algunos aspectos de la hidrobiología mexicana. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* (vol. 7, pp. 139–165).

**Pascoe-Orrala**, Y., Alcocer-Durand, J. y Oseguera-Pérez, L. (2014). Variación horizontal de los flujos de carbono particulado en un lago tropical (pp. 343-348). En F. Paz Pellat, J. Wong González, M. Bazan y V. Saynes. (eds.). *Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interac-*

*ciones en México: Síntesis a 2013*. Programa Mexicano del Carbono, Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. 696 pp.

**Pesant**, S., Lgendre, L., Gosselin, M., Ashjian, C., Booth, B., Daly, K. Fortier, L., Hirches, H., Michaud, J., Smith, R., Smith, S. y Smit, W. (1998). Pathways of carbon cycling in the euphotic zone: the fate of large-sized phytoplankton in the northeast water Polynya. *Journal of Plankton Research* ( 20, pp. 1267-1291).

**Pérez** N., Hernández, P., Padilla, G., Nolasco, D., Barrancos, J., Melían, G., Padrón, E., Dionis, S., Calvo, D., Rodríguez, F., Notsu, K., Mori, T., Kusakabe, M., Arpa, M., Reniva, P. e Ibarra M. (2011). Global $CO_2$ emission from volcanic lakes. *Geology* (39(3), pp. 235-238).

**Pham**, S., Leavitt, P., McGowan, S. y Peres-Nato, P. (2008). Spatial variability of climate and land-use effects on lakes of the northern Great Plains. *Limnology and Oceanography* (53, pp. 728–742).

**Rivas Acosta**, I., Güitrón de los Reyes, A. y Ballinas González, H. (2010). Capítulo 4. Vulnerabilidad hídrica global: aguas superficiales (pp. 81-113). En P.F. Martínez Austria y C. Patiño Gómez (eds.). Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. Volumen III. *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, SEMARNAT. México. 162 pp.

**Rivas Acosta**, I. y Montero Martínez, J. (2012). Vulnerabilidad hídrica global ante el cambio climático de la cuenca Lerma-Chapala. Memorias del XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Guerrero, México. 8 pp.

**Sánchez Rodríguez**, G. (2011). Evaluación de la disponibilidad y uso del agua en la subcuenca Perote-Libres (Puebla-Veracruz): factibilidad de un manejo integral de los recursos. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 116 pp.

**SEDESOL** (Secretaría de Desarrollo Social). (1993) México. Informe de la situación actual general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992, México, Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología.

**Tamayo**, J. (1962). Geografía general de México. Tomo II. México. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas.

**Tricart**, J. (1985). Pro-Lagos. Los Lagos del Eje Neovolcánico de México. Instituto de Geografía, UNAM, Université Louis Pasteur, CONACYT y Centre National de la Recherche Scientifique, México.

**Valdespino**-Castillo, P., Merino-Ibarra, M., Jiménez-Contreras, J., Castillo-Sandoval, F. y Ramírez-Zierold, J.A. (2014). Community metabolism in a deep (stratified) tropical reservoir during a period of high water-level fluctuations. *Environmental Monitoring and Assessment*( 186(10), pp. 6505-65209.

**Williamson**, C., Dodds, W., Kratz, T. y Palmer, M. (2008). Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. *Frontiers in Ecology and the Environment* (6, 247–254).

# Capítulo 3

## SISTEMAS OCEÁNICOS

**Autor líder:**
Elva Escobar Briones[14].

**Autores colaboradores:**
Christian Salvadeo[15], [16] Mario A. Pardo[17], Fernando Ricardo Elorriaga Verplancken[18], Hiram Rosales Nanduca[15], Luis Medrano González[19], Gisela Heckel Dziendzielewski[17], Yolanda Schramm Urrutia[20], Enrique Alejandro Gómez-Gallardo Unzueta[15] y Jorge Urbán Ramírez[17].

[14]UNAM Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, [15]UABCS Universidad Autónoma de Baja California Sur, [16]CIBNOR Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C, [17]CICESE Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, [18]IPN - CICIMAR Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, [19]UNAM Facultad de Ciencias, [20]UABC Universidad Autónoma de Baja California.

**Palabras clave:** ecosistemas marinos, temperatura, patrones, modelos, variabilidad climática, marina.

## Resumen

Se documenta la importancia de los sistemas oceánicos para el caso de México, aborda los efectos de las variaciones climáticas sobre los ecosistemas de las zonas costeras, los recursos pesqueros, la generación y expansión de Zonas de Oxígeno Mínimo (ZOM), y el mar profundo, presentan dos casos de estudio y hablan sobre los servicios ecosistémicos marinos. Describen como las dunas, los manglares, los arrecifes de coral y los pastos marinos amortiguan con protección a gran parte de las costas de México y cómo estos hábitats naturales ofrecen zonas de crianza y refugio a especies marinas de importancia comercial y recreativa. Se hace énfasis en la necesidad de invertir en la obtención de datos de largo plazo en diversos aspectos que permitan robustecer los modelos predictivos para las costas y mares del país.





## Introducción

La presión que las actividades humanas imponen sobre los ecosistemas marinos, incluyendo al cambio climático, van en aumento y están teniendo consecuencias diversas. El incremento de dióxido de carbono atmosférico ($CO_2$) se ha reconocido como uno de los problemas más críticos por sus efectos en la escala global además de su naturaleza irreversible en tiempo ecológico (National Research Council, 2011). De manera concatenada se registran cambios en la temperatura, los patrones de circulación, la estratificación de la superficie oceánica, los aporte de nutrientes, la disminución de la concentración de oxígeno disuelto y la acidificación del océano que tienen efectos de tipo biológico. El casi imperceptible incremento en las temperaturas incide en el aumento del nivel del mar, un océano mas estratificado y cambios en los patrones de circulación oceánica, mayor precipitación e ingreso de agua dulce en los mares mexicanos y los patrones de distribución de las especies en los niveles tróficos más elevados como los mamíferos marinos, muchas otras especies de importancia comercial como son los recursos pesqueros.

Entre los ejemplos que podemos citar se encuentra el Pacífico Oriental Tropical que destaca por ser una zona de transición oceanográfica y biogeográfica, donde ocurre una mezcla de distribuciones remanentes de especies de mamíferos marinos de origen templado en regiones tropicales e irrupciones de especies tropicales pelágicas en aguas templadas (Medrano, 2006), por lo que el efecto más esperado por un aumento en la temperatura sería una redistribución hacia los polos de numerosas especies tropicales y templadas. En ese sentido, en los últimos 30 años se ha registrado una redistribución hacia los polos del delfín de costados blancos del Pacífico (*Lagenorhynchus obliquidens*) como consecuencia del calentamiento anormal de las aguas a escala regional (Salvadeo et ál., 2010), Sin embargo, no es claro si esta redistribución en el rango geográfico de esta especie de afinidad templada fue en respuesta al calentamiento global o a los cambios decadales de la Corriente de California, que podrían haber afectado la disponibilidad de sus potenciales presas (Salvadeo et ál., 2011). Con la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) también se esperaría una redistribución hacia el norte de sus áreas habituales de crianza en el Pacífico Mexicano, como consecuencia del desplazamiento hacia el norte de las temperaturas optimas que minimizan el estrés térmico de las crías recién nacidas. A su vez, un aumento en la temperatura podría favorecer un mayor flujo de animales entre los distintos destinos migratorios, como consecuencia de una considerable dispersión de la especie bajo estas condiciones (Medrano González, 2006). En pinnípedos, la foca de puerto (*Phoca vitulina*) podría ser la especie más vulnerable, porque las aguas mexicanas de la Corriente de California son el extremo sur de su distribución y porque su escasa movilidad las hace altamente vulnerables a los cambios en la disponibilidad de sus presas alrededor de sus colonias reproductivas y de descanso (Schramm y Heckel, 2012).

En la Corriente de California, el sistema de surgencia está pulsado estrechamente por el clima y del cual dependen la distribución y gran abundancia de especies. El cambio climático ha afectado tanto a la pesquería pelágica como a la abundancia de aves marinas. Los efectos concatenados influyen en los ciclos biogeoquímicos, el funcionamiento del ecosistema pelágico y los servicios que la pesca ofrece y de la cual depende la sociedad y la industria robusta (Doney et ál., 2012).

Las tendencias de calentamiento en la superficie del océano influyen sobre la estratificación y la disponibilidad de nutrimentos para el crecimiento del fitoplancton. La intensificación de la estratificación la mezcla vertical y el flujo de carbono al fondo marino pueden impactar el ciclo del carbono y los procesos en mar profundo. La fauna de mar profundo es vulnerable a cambios ambientales, cambios insignificantes alteran la diversidad biológica, las observaciones en escala local existentes permitirán comprender las consecuencias del cambio climático en la escala grande (Smith et ál., 2009).

Diversos países han considerado almacenar $CO_2$ en mar profundo, como un ejemplo está la compañía Sleipner Oil & Gas Field que ha venido inyectando $CO_2$ por debajo de los estratos del fondo marino rocoso. A más de 500 m, la temperatura es inferior a 11 °C y el $CO_2$ generado por la industria se ha pensado inyectar al mar profundo en forma líquida atrapando moléculas de $CO_2$ como hidratos. A profundidades mayores de 3700 m, el $CO_2$ líquido liberado formaría lagos sobre el fondo marino, a la fecha se ha evaluado que esto reduciría el pH en escalas de 100 a 500 años.

El calentamiento determinado por el cambio climático y otros cambios asociados inciden en la estructura de la comunidad que se ve alterada por la invasión y extinción de especies. La alteración de los ecosistemas influye en la disponibilidad de re-

cursos para el bienestar de la sociedad. Estos cambios son especialmente drásticos en el mar tropical. México por su ubicación latitudinal, presenta un intervalo de tolerancia más limitado para la flora y fauna afectando la fisiología tanto de corales como de sus simbiontes. La acidificación de los mares generada por el cambio global puede llegar a acelerar la destrucción de extensiones de coral (Doney et ál., 2012). En contraste las algas bénticas y los pastos marinos contarían con mayor disponibilidad de $CO_2$.

Algunos de los ejemplos que evidencian cómo el cambio climático amenaza la diversidad biológica marina en México en los ecosistemas de columna de agua y en los fondos marinos son:

- Las extinciones y recambio de especies de peces e invertebrados de interés comercial que se han reconocido en los escenarios de los modelos bioclimáticos proyectados para 2050.
- La reducción de las poblaciones del plancton con estructuras calcáreas (pterópodos, cocolitofóridos).
- La calcificación de los bivalvos, cocolitofóridos, corales que es afectada negativamente.
- Efectos por contaminación sonora sobre mamíferos marinos.

## 1. Efectos sobre los ecosistemas costeros y marinos

El efecto del cambio climático sobre los ecosistemas costeros y marinos tiene un costo. En la ciudad de New Orleans afectada directamente por huracanes el costo fue de $75 billones de dólares estadounidenses (Farris et ál., 2007). Los huracanes Dennis, Rita, y Wilma incidieron así mismo en el norte del mar Caribe y en el Golfo de México en el mismo año resaltándose la necesidad de una mejor planeación e integrar al conocimiento científico en el proceso de predicción y de la requerida restauración (NOAA, 2013a, b).

### 1.1. Efectos sobre los ecosistemas de la zona Costera

La franja costera, interfase natural entre las cuencas y los océanos, es vulnerable al impacto del cambio climático. Este cambio se refleja con la variación del nivel del mar que afectan a la población asentada sobre la costa y los efectos. Con un incremento de 50 cm en el nivel del mar se perdería más de la tercera parte de las playas del Mar Caribe (UNDP, 2007). En la Conferencia 2010 de Cancún sobre el Cambio Climático se buscó reducir la vulnerabilidad y generar resiliencia en islas y zona costera del mar Caribe (UNFCCC, 2011).

Botello et ál. (2010) sintetizaron el conocimiento actual del cambio del nivel del mar en la zona costera de México. Entre los estudios que se citan en los dos volúmenes se reconoce el efecto sobre los manglares y humedales costeros (Flores et ál., 2010), sobre los arrecifes coralinos (Blanchon et ál., 2010) y sobre los ecosistemas costeros en general (Carbajal, 2010). Del análisis de series de tiempo de mareógrafos en diversas localidades de la zona costera de México, Zavala et ál. (2010) concluyeron que, si bien los registros son en gran parte deficientes, el cambio de nivel del mar es detectable y real.

En el sector noroeste del Golfo de México el cambio climático se refleja en manglares que reemplazan pastos de Spartina alterniflora y con ello incrementan los almacenes de carbono influyendo en la química del suelo (Bianchi et ál., 2013). Desde el punto de vista de la redistribución de especies costeras de interés socioeconómico y de conservación podemos dar como ejemplo a la ballena gris (*Eschrichtius robustus*), este es un cetáceo migratorio que utiliza las lagunas costeras de la Península de Baja California como sitio de reproducción y crianza (Urban et ál., 2003) y se espera que un aumento en la temperatura forzaría una redistribución hacia el norte de sus áreas habituales de crianza, como consecuencia del desplazamiento de las temperaturas optimas que minimizan el estrés térmico de las crías recién nacidas (Salvadeo et ál., 2013). Asimismo cabe señalar que se ha observado una relación inversa entre la extensión de hielo en sus áreas de alimentación de verano en el Ártico y la producción





de crías el invierno siguiente (Perryman et ál., 2002), lo cual supondría un aumento de sus abundancias debido al calentamiento en sus áreas de alimentación y por ende, un aumento en el número de animales que visitan aguas mexicanas durante el invierno (Salvadeo et ál., 2013).

En aquellas localidades con especies no amenazadas de corales, susceptibles al cambio climático, el patrón de distribución difiere al de los de otros corales. El ejemplo es la costa del noroeste de México caracterizada por baja diversidad donde cerca del 90 % de las especies no están amenazadas pero son susceptibles al cambio climático (Foden et ál., 2008).

El conocimiento del efecto del cambio climático sobre la aclimatación y la adaptación genética de las poblaciones naturales es limitado. Los modelos existentes sugieren que esta es homogénea en tiempo y espacio. Al respecto los resultados reportados por Morgan et ál. (2012) de sus observaciones a lo largo de California y Baja California en un intervalo de 17 ° de latitud reconocen que existe un riesgo de extinción de especies adaptadas localmente.

Las áreas marinas protegidas son herramientas importantes en la mitigación y protección en la escala local al cambio climático ya que incrementan la resiliencia de poblaciones de especies marinas vulnerables. Esta se ejemplifica con las poblaciones de abulón rosado *Haliotis corrugata* en Baja California sujetas a mortalidad por hipoxia generada por el cambio climático las cuales se recuperan más rápidamente en las zonas protegidas derramando el beneficio a través de las larvas a las zonas inmediatas no protegidas (Micheli et ál., 2012).

### 1.2. Efectos sobre los Recursos pesqueros

Las variaciones en el intervalo de distribución de la fauna de los ecosistemas pelágicos atribuidas al cambio climático se atribuyen a efectos combinados.

Existe controversia en los efectos que puedan darse asociados a los procesos de surgencias y estratificación. Por una parte se ha reconocido la intensificación de las surgencias y enfriamientos regionales como consecuencia de la intensificación del esfuerzo del viento en áreas de surgencias como la de la costa occidental de la península de Baja California, que podrían contrarrestar los efectos del calentamiento en dichas regiones y afectar negativamente la productividad biológica si se sobrepasa los niveles óptimos de transporte y turbulencia de la columna de agua (Bakun, 1990; Bakun et ál., 2010; Bakun et ál., en prensa).

Por otra parte las aguas intermedias hipóxicas están somerizándose a nivel regional afectando la distribución de recursos como es el calamar gigante o de Humboldt en el noreste del océano Pacífico, el cual incursiona a alimentarse de mictófidos en aguas mejor oxigenadas (Stewart et ál., 2014). El aumento de $CO_2$ en mares mexicanos está modificando las propiedades del ecosistema incluyendo la estructura trófica, la dinámica de la energía y elementos incluyendo los flujos y ciclos biogeoquímicos, afectando los servicios de los ecosistemas de los cuales dependen los pescadores.

La variabilidad climática intra e interdecadal en los sistemas de surgencia de latitudes intermedias, como es la Corriente de California que incide a lo largo de la península de Baja California determina la distribución de especias y su demografía. Esta se vincula estrechamente al forzamiento climático. Este acoplamiento determina la sensibilidad de la Corriente de California a futuros cambios en el clima que regularían la estratificación, los vientos promotores de surgencias y el patrón regional de circulación. El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) genera variaciones interanuales frente a las costas de México promoviendo el calentamiento de la superficie que a la vez produce ciclones tropicales que modulan el enfriamiento inducido por mezcla (Vincent et ál., 2014). La estructura y funcionamiento de las comunidades pelágicas y bénticas asociadas a la Corriente de California están afectadas por la variabilidad climática descritas anteriormente (Chavez et ál., 2011), eventos que determinan la disponibilidad de nutrimentos y energía en el ecosistema.

En la corriente de California se ha detectado el calentamiento heterogéneo de la columna de agua (Palacios et ál., 2004) con eventos de elevación de la nutriclina desde los años 80 asociada a viento (García-Reyes y Largier, 2010). Lo anterior ha generado

una producción primaria mayor (Chavez et ál., 2011). Las series extensas de datos han permitido reconocer una reducción en el número de taxa en el zooplancton (Lavaniegos y Ohman, 2003) y es determinante en las tendencias macroevolutivas en la talla corporal reflejada a nivel poblacional por evolución fenotípica en respuesta al cambio climático (Hunt y Roy, 2006).

### 1.3. Efecto en la generación y expansión de Zonas de Oxígeno Mínimo

El cambio climático y de $CO_2$ afectan niveles de organización biológica, funcionamiento y procesos. La disminución de oxígeno disuelto en el océano es resultado de los efectos combinados de la solubilidad limitada por el calentamiento, ventilación reducida por la estratificación, hundimiento de la materia orgánica y cambios en la circulación (Keeling et ál., 2010).

La zona de oxígeno mínimo de aguas intermedias en el Pacífico oriental tropical se ha expandido verticalmente en los pasados 60 años (Stramma et ál., 2008). Este proceso asociado a calentamiento y a las actividades humanas asentadas a lo largo de las cuencas se ha documentado el aguas costeras también (Díaz y Rosenberg, 2008), con incrementos de nitrógeno biodisponible. El crecimiento y expansión se asocial a factores asociados al cambio climático como son una mayor estratificación térmica y halina, y una baja mezcla de la capa superficial del mar.

La denitrificación en el Pacífico oriental tropical es responsable de la pérdida más grande de nitrógeno fijado donde una fracción importante del flujo de $N_2O$ entre el océano y la atmósfera se origina en estas áreas. La intensidad de la denitrificación en el Golfo de Tehuantepec a lo largo del margen del Pacífico oriental tropical de México, basado en reconstrucción de los pasados 23,000 años reconoce que los cambios en las emisiones de $N_2O$ han impactado la concentración de gases de invernadero (Thunell y Kepple, 2004).

Con más de 50 años de datos el programa de seguimiento en el sur de California reconoce que las aguas de la Corriente de California están perdiendo oxígeno disuelto expandiéndose la ZOM del Pacífico Oriental Tropical (Booth et ál., 2014). Parte de este cambio se atribuye a la variabilidad natural incluyendo la Oscilación Decadal del Pacífico y El Niño- Oscilación del Sur que influye en la Corriente de California.

La química de los océanos cambiante asociada al calentamiento del océano ha emergido recientemente añadiendo una presión adicional al ambiente. De toda la zonas de oxígeno mínimo del Pacífico Oriental Tropical la masa de agua intermedia tienen un mayor riesgo por la combinación de temperatura baja y un aumento de la presión en contraste a las aguas profundas que están más oxigenadas y sobre las cuales el efecto es menor (Brewer y Hofmann, 2014).

Estas zonas de oxígeno mínimo son fuentes de $CO_2$ que se liberan a la atmósfera con surgencias de agua saturada en carbono inorgánico disuelto (Franco et ál., 2014). Las ZOM en el Pacífico Oriental Tropical frente a México son responsables en los flujos de $CO_2$ y los valores elevados de $pCO_2$ del agua subsuperficial subtropical que durante el periodo de estratificación mantiene un control a éste. El cambio climático influye sobre la concentración de oxígeno disuelto que afectan el ciclo de Nitrógeno (Townsend-Small et ál., 2014).

Cerca de la costa, las aguas superficiales e intermedias en la ZOM del Pacífico son la fuente principal de $N_2O$. La denitrificación actúa como un almacén de $N_2O$ en las aguas hipóxicas donde las bacterias juegan un papel importante en el intercambio océano-atmósfera. En contraste los sedimentos son una almacén menor para $N_2O$ sin afectar las concentraciones de $N_2O$ en columna de agua (Townsend, Prokopenco y Berelson et ál., 2014).

Los efectos del cambio climático sobre las aguas costeras en las cuales el aporte fluvial estacional que genera hipoxia en el Golfo de México se han considerado que incrementarán en un 20 % en las proyecciones donde el $CO_2$ se duplique. Lo anterior conllevará a inestabilidad en la columna de agua expandiendo la cobertura de la zona de hipoxia (Justic, Rabalais y Turner, 1996). Este mismo tipo de patrón se ha reconocido también en el sur del Golfo de México (Signoret, Monreal Aldeco y Salas de Léon, 2006).





La expansión de las Zonas Oceánicas Muertas depende de los efectos del clima sobre la estratificación de la columna de agua y el efecto de los aportes fluviales que ingresan nutrimentos generando materia orgánica. Los modelos generales de circulación prevén al cambio climático como el principal responsable de la expansión de las ZOM a través del calentamiento, cambios en los patrones de lluvia, la estratificación y nutrientes provenientes de las zonas costeras.

### 1.4. Efectos en el mar profundo.

A la fecha se cuenta con registros de cambio climático en mar profundo. Éste está asociado a las variaciones de la temperatura del fondo por una parte y por otra de los cambios en la exportación de carbono orgánico particulado (COP). En el marco de calentamiento asociado al cambio climático se ha reconocido en el mar Caribe profundo un incremento de 0.39 W $m^{-2}$ de 1997 al año 2003 (Johnson & Purkey, 2009). Se consideran precursores la Alberca Caliente del Atlántico con un efecto de teleconexión sobre las variaciones de norte América estando modulado por la convergencia con bajo flujo y humedad (Misra et ál., 2014).

El valor de calentamiento antes citado se basa en la comparación de datos de temperatura medida a lo largo de un transecto a 66 oW en el mar Caribe en 1958 y los datos obtenidos en 1997 en un transecto hidrográfico en la misma longitud, el incremento siendo de $\Delta_\theta$=0.041 °C. Este valor de calentamiento es casi 10 veces mayor al calentamiento geotérmico en la región; tiene la misma magnitud al calor promedio recibido en la superficie los últimos 50 años. La suma del calentamiento con el aporte de agua dulce genera un incremento en el nivel del mar de 0.012 m $década^{-1}$ en el mar Caribe a profundidades de 5,000 m. La elevación térmica del nivel del mar por debajo de 2,000 dbar es de 0.008 m $década^{-1}$ asumiendo una salinidad constante para el periodo comprendido entre 1997 y 2003. Esta tasa es mucho menor aguas más someras (Johnson & Purkey, 2009).

De igual manera el flujo de calor por debajo de los 4000 m en el Océano Pacífico en el periodo comprendido de 1990 a 2000 ha sido de 0.04±0.02 mm $a^{-1}$ y se ha atribuido a calentamiento; este flujo disminuye hacia el norte (Purkey & Johnson, 2010). Los impactos potenciales del cambio climático sobre la circulación termohalina pueden llegar a tener consecuencias catastróficas en la vida marina profunda según Schmittner y Stocker (1999) y se ha atribuido a la expansión de las condiciones de hipoxia y anoxia en el agua de fondo (Glover & Smith, 2003).

La variación climática afecta los procesos de los océanos incluyendo la producción de carbono orgánico en el primer nivel trófico y el flujo consecuente a los ecosistemas de mar profundo los cuales están enlazados muy estrechamente. La evaluación del impacto de cambio climático en el mar profundo requiere series de datos de largo plazo que permitan establecer la línea base con el reconocimiento consecuente de cambios de dirección y magnitud de los ecosistemas a esta profundidad ya que los hábitats responden de manera diferente al cambio. Al momento se ha documentado escasamente estos cambios conllevando a presuponer que el impacto sería menor hacia el 2025 y los factores forzantes del cambio climático en una escala de tiempo de 50 a 100 años desconocidos (Glover & Smith, 2003). Es un hecho que los organismos de mar profundo responderán a los cambios locales y regionales de producción primaria y el flujo de carbono orgánico depositado al fondo en el Pacífico oriental tropical (Glover & Smith, 2003).

## 2. Casos de estudio

El Golfo de Tehuantepec.- La temperatura baja durante el invierno en el Golfo de Tehuantepec se ha reconocido como un factor determinante de la presencia de *Pyrodinium* (Sánchez-Cabeza et ál., 2012) un alga que genera florecimientos nocivos.

Golfo de México.- En el sector norte del Golfo de México se ha reconocido un incremento fluvial de 20 % elevando la carga de nutrientes que promueve un aumento en 50 % de la producción primaria con una consecuente reducción de 30 a 60 % del oxígeno disuelto por debajo de la picnoclina expandiendo la zona de oxígeno mínimo. Si el cambio climático genera un número mayor de ciclones, este escenario promovería mayor mezcla y una reducción de la zona hipóxica (Díaz et ál., 2008). La presión inicia cuenca arriba con el uso intensivo de fertilizantes que al llegar al mar degradan los hábitats bénticos, efecto que va acompañado por la sobreexplotación de especies pesqueras, una producción acuícola mayor y el arribo de especies invasoras. Estos factores interactúan en sinergia por lo que debe estudiárseles de manera conjunta.

El metano ($CH_4$) ha tenido un papel relevante en el cambio climático del pasado, su acúmulo en el fondo marino puede considerarse la mayor reserva global de carbono (Kessler et ál., 2011). La concentración de $CH_4$ liberada de yacimientos de hidrocarburos del fondo marino en el Golfo de México a través de plumas de gas a aguas superficiales está 1,000 veces más saturada con respecto al equilibrio atmosférico. Las burbujas emitidas por las infiltraciones de metano a profundidades mayores de 200 m ascienden, se disuelven y se oxidan antes de llegar a la superficie. Los muestreos a profundidades entre 550 y 600 m realizados recientemente con robots y sumergibles reconocen que es importante alertar que estas infiltraciones de CH4 deben ser consideradas como importantes aportes en los presupuestos de gases de invernadero (Solomon et ál., 2009). A la fecha, estos no están bien definidos o cuantificados a pesar de su amplia ocurrencia. El $CH_4$ liberado de manera natural por infiltraciones, ventilas hidrotermales o la descomposición de los hidratos, así como la liberación generada durante las actividades de exploración de gas y petróleo, pueden llegar a influir de manera significativa en el cambio climático. Para ello el $CH_4$ requeriría ingresar a la atmósfera sin ser consumido por microorganismos en su trayectoria de ascenso del fondo marino hacia la superficie del mar.

El calentamiento de la superficie del mar, los cambios en el patrón de mezcla y estratificación y el pH de los ecosistemas costeros, como se ha observado recientemente en el Golfo de México, y la consecuente modificación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos asociados al cambio climático han tenido un efecto sobre la presencia y prevalencia de virus marinos que afectan los ciclos biogeoquímicos y balance metabólico (Donovaro et ál., 2011).

## 3. Servicios ecosistémicos marinos

Los datos de largo plazo son esenciales para entender el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas marinos, sin embargo, existen muy pocos ejemplos a nivel mundial y solamente un puñado en los mares de México. Los datos en periodos multidecadales son los únicos que permitirían detectar la diferencia entre los impactos generados por el desarrollo, el cambio global y la variabilidad natural. Los registros satelitales y los de color del mar ofrecen una herramienta importante para estudiar las tendencias y los patrones del recambio en las zonas costeras (Camacho-Valdez et ál., 2013) y en los niveles tróficos bajos y la productividad primaria marina.

Los servicios ecosistémicos marinos que benefician a las comunidades asentadas en la costa o que dependen del mar y sus recursos se verán afectados de manera directa e indirecta por el cambio climático. Estos tendrán un efecto sobre los sectores pesquero, acuícola y de turismo, en los ciclos de carbono y nitrógeno, y en la protección contra eventos climáticos mayores que en el tema de nivel del mar incidirá en la infraestructura costera, la salud y seguridad de la población. Los hábitats naturales como son las dunas, los manglares, los arrecifes de coral y los pastos marinos amortiguan con protección a gran parte de las costas de México evitando la erosión e inundaciones, encajonamiento entre la elevación del mar y la infraestructura del desarrollo urbano en la zona costera (Martínez et ál., 2014). A la vez estos hábitats ofrecen zonas de crianza y refugio a especies marinas de importancia comercial y recreativa, permiten la acumulación de sedimento y contaminantes, almacenan y secuestran carbono de manera natural. El valor social de estos servicios tiene un valor  como se ha ejemplificado para el Golfo de México en los costos por riesgos y en el bienestar social (Plantier-Santos et ál., 2012).

En los pasados 50 años, los eventos extremos han cobrado más de 800,000 muertes y una pérdida económica de > de un trillón de dólares estadounidenses, solamente la década pasada rebasó los niveles históricos (ECA, 2009). El calentamiento superficial del agua asociado al cambio climático se ha visto reflejado en el norte del Caribe y Golfo de México por una incidencia mayor de ciclones de mayor fuerza como se ejemplifica con Katrina desplazando a más de un millón de personas en el norte del Golfo y afectando no solamente la economía local sino la regional, y mostrando lo vulnerable de la política actual al clima extremo (Mendler de Suarez et ál., 2014).

## Conclusiones

A pesar de la información existente se reconoce que es necesario invertir en la obtención de datos de largo plazo en diversos aspectos que permitan robustecer los modelos predictivos para las costas y mares del país. Por ejemplo los intervalos $CO_2$ y otros





gases de invernadero conocidos, han cambiado a niveles nunca antes vistos en los pasados millones de años a nivel global (NAP, 2013), en México este conocimiento es incipiente para la zona marina. El efecto de este cambio sobre los ecosistemas marinos podrían ser graduales o abruptos, permitiendo los primeros adaptarse (cambios graduales) y en los segundos (cambios abruptos) alcanzar umbrales que impidan cualquier adaptación. Al respecto, este tipo de información es requerida en las escalas de fauna, hábitat, ecosistema y paisaje. Los resultados de los modelos globales prevén un planeta más caliente, un incremento en el nivel del mar y cambios en los patrones de lluvias que por la interconectividad entre los sistemas físico (clima) y el natural (los océanos, los procesos y vida) conllevan a considerar que en una escala de años y décadas, el futuro es incierto con costos que no podemos aún evaluar. Para México la información se limita a localidades con buena información (Corriente de California, zona costera del Golfo de México) y localidades sin registro alguno.

El Golfo de California, y en especial la región de las Grandes Islas, se ha sugerido como un refugio de fauna regional para especies de mamíferos marinos con poblaciones residentes, así como para otras especies de ballenas y delfines que lo utilizan bajo condiciones ambientales adversas como las que se dan durante el fenómeno de El Niño, lo cual se respalda al ser un ambiente estable y rico en alternativas tróficas.

El hecho de ignorar posibles cambios abruptos que conduzcan a la degradación del ecosistema marino, la información que se integre permitirá fortalecer modelos y prepararse de manera anticipada y modificar lo que se ha reconocido como factores clave que determinan nuestros valores y conducta (NAP, 2013). Lo anterior solamente es factible con una mejor inversión en investigación y educación.

## Referencias


**Bakun**, A. (1990). Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science, 247*, 198-201.

**Bakun**, A., Field, D.B., Redondo-Rodríguez, A. et ál. (2010) Greenhouse gas, upwelling-favorable winds, and the future of coastal ocean upwelling ecosystems. *Global Change Biology,* 16, 1213–1228.

**Bakun** A., Black B.A., Bograd S.J., et ál. [en prensa]. Anticipated effects of climate change on coastal upwelling ecosystems. *Current Climate Change Reports*.

**Bianchi**, T. S., Allison, M. A., Zhao, J., et ál. (2013). Historical reconstruction of mangrove expansion in the Gulf of Mexico: Linking climate change with carbon sequestration in coastal wetlands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 119*, 7-16.

**Blanchon**, P., Iglesias-Prieto, R., Jordán, D. E., et ál. (2010). Arrecifes de coral y cambio climático: vulnerabilidad de la zona costera del estado de Quinatana Roo. In A.V Botello; S. Villanueva; et ál. (Eds.) *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante al cambio climático* (pp. 229-248). Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT, INE, UNAM-ICMyL y Universidad Autónoma de Campeche.

**Booth**, J. A. T., Woodson, C. B., Sutula, M., et ál. (2014). Patterns and potential drivers of declining oxygen content along the southern California coast Limnology and Oceanography, 59(4), 1127–1138.

**Botello**, A.V., Villanueva S., Gutiérrez J., y Rojas-Galaviz, J.L. (Eds.) (2010). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante al cambio climático.* Gobierno del Estado de Tabasaco. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, 514. pp.

**Brewer**, P.G., & Hofmann, A. F., (2014). A plea for temperature in descriptions of the oceanic oxygen status. *Oceanography*, 27(1), 160–167.

**Camacho**-Valdez, V., Ruiz-Luna, A., Ghermandi, A. & Nunes, P A.L.D., (2013). Valuation of ecosystem services provided by coastal wetlands in northwest Mexico. *Ocean & Coastal Management, 78*, 1-11.

**Carbajal**-Domínguez, J.A. (2010). *Zonas costeras bajas en el Golfo de México ante el incremento del nivel del mar*. En A.V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas-Galaviz, (Eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante al cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasco. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, 359-380.

**Chávez**, F., Messie, M., y Pennington, J. (2011). Marine primary production in relation to climate variability and change. *Annual Review in Marine Science, 3*, 227–60.

**Danovaro**, R., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., Fuhrman, J. A., Middelburg, J. J., Noble, R. T. & Suttle, C. A., (2011). Marine viruses and global climate change. FEMS Microbiology Review, 35, 993–1034.

**Diaz**, R. J., et al. 2008 Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science, 321, 926*; doi: 10.1126/science.1156401

**Doney**, S. C., Ruckelshaus, M., Duffy, J. E., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., Galindo, H. M. … (2012). Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review in Marine Science, 4*, 11-37.

**Economics of Climate Adaptation** [ECA], (2009). Economics of Climate Adaptation: Climate-Resilient Development, a Framework for Decision-making. Climate Works Foundation, Global Environment Facility, European Commission. McKinsey & Company, The Rockefeller Foundation, Standard Chartered Bank and Swiss Re.

**Foden**, W., Mace, G., Vié, J. C., Angulo, A., Butchart, S., DeVantier, L., Dublin, H. … (2008). Species susceptibility to climate change impacts. In J.C. Vié, C. Hilton-Taylor y S.N. Stuart (Eds). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. Switzerland: IUCN Gland.

**Flores**, V. F.J., Casasola, P., de la Lanza-Espino, G. y Agraz Hernández, C. (2010). El manglar, otros humedales costeros y el cambio climático. En A.V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (Eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante al cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasaco. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, 165-188.

**Franco**, A. C., Hernandez-Ayoon, J. M., Beier, E., Garcon, V., Maske, H., Paulmier, A., (…) Sosa-Ávalos, R. (2014). Air-sea CO2 fluxes above the stratified oxygen minimum zone in the coastal region off Mexico. *Journal of Geophysical Research Oceans, 119*, 2923–2937

**Farris**, G.S., Smith, G.J., Crane, M.P., Demas, C.R., Robbins, L.L. & Lavoie, D.L. (Eds.), (2007). Science and the Storms, the USGS Response to the Hurricanes of 2005: U.S. *Geological Survey Circular, 1306*. pp. 283.

**García**-Reyes, M. & Largier, J. (2010). Observations of increased wind-driven coastal upwelling off central California. *Journal of Geophysical Research*, 115:C04011. doi:10.1029/2009JC005576. 1

Glover, A. G. & Smith, C. R. (2003). The deep-sea floor ecosystem: current status and prospects of anthropogenic change by the year 2025. Environmental Conservation, 30 (3), 219–241.

**Hunt**, G. & Roy, K. (2006). Climate change, body size evolution, and Cope's Rule in deep-sea ostracodes. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(5), 1347–1352.

**Johnson**, G. C. & Purkey, S. G. (2010). Warning of Global Abyssal and Deep Southern Ocean Waters between the 1990s and 2000s: contributions to Global Heat & Sea Level Rice Budgets*. *J. Climate*, **23,** 63360-6351. doi: http://dx.doi.org/10.1175/2010JCLI3682.1







**Johnson**, G. C. & Purkey, S. G. (2009). Deep Caribbean Sea warming. Deep-Sea Research, 56, 827–834.

**Justic**, D., Rabalais, N. N. & Turner, R. E. (1996). Effects of climate change on hypoxia in coastal waters: A doubled CO2 scenario for the northern Gulf of Mexico Limnology and Oceanography, *41*(5), 992-1003.

**Kelly**, M. W., Sanford, E. & Grosberg, R. K. (2012). Limited potential for adaptation to climate change in a broadly distributed marine crustacean. *Proceeding of the Royal Society B* 2012 279, doi: 10.1098/rspb.2011.0542

**Kessler**, J. D., et al., (2011). A Persistent Oxygen Anomaly Reveals the Fate of Spilled Methane in the Deep Gulf of Mexico. *Science*, 331, 312. doi: 10.1126/science.1199697

**Lavaniegos**, B. & Ohman, M. (2003). Long-term changes in pelagic tunicates of the California Current. Deep-Sea Research Part II, 50, 2473–98.

**Martínez**, M. L, Mendoza-González, G., Silva-Casarín, R. & Mendoza-Baldwins, E. (2014). Land use changes and sea level rise may induce a "coastal squeeze" on the coasts of Veracruz, Mexico. *Global Environmental Chage*. *29*, 180–188.

**Medrano**, G. L., (2006). Hacia una dinámica de la mastofauna marina mexicana: Análisis de composición funcional y de algunas estructuras genéticas poblacionales. En E. Vázquez-Domínguez & Hafner D.J. (Eds). Genética y mamíferos mexicanos: Presente y futuro. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 32, 9-19.

**Mendler** de Suarez J., Cicin-Sain, B., Wowk, K., Payet, R., y Hoegh-Guldberg, O. (2014). Ensuring survival: Oceans, climate and security. *Ocean & Coastal Management*, 90, 27-37.

**Micheli**, F., Saenz-Arroyo, A., Greenley, A., Vázquez, L., Espinoza, M. J. A., Rossetto, M. & De Leo, G. A. (2012). Evidence that marine reserves enhance resilience to climatic impacts. *PLoS ONE*, 7(7). doi:10.1371/journal.pone.0040832

**Misra**, V., Li, H. & Kozar, M. (2014), The precursors in the Intra-Americas Seas to seasonal climate variations over North America. *Journal of Geophysical Research Oceans, 119*, 2938–2948.

**National Research Council**. (2013). *Abrupt Impacts of Climate Change: Anticipating Surprises*. Washington, DC: The National Academies Press.

**National Oceanic and Atmospheric Administration** [NOAA]. (2013a). Billion dollar weather/climate disasters. Available at: http://www. ncdc.noaa.gov/billions/events.

**NOAA**. (2013b). Up-to-date weekly average CO2 at Mauna Loa. Disponible en:
http:// www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html.

**Perryman**, W. L., Donahue, M. A., Perkins, P. C. & Reilly, S. B. (2002). Gray whale calf production 1994-2000: Are observed fluctuations related to changes in seasonal ice cover? *Marine Mammals Science, 18*, 121-144.

**Plantier**-Santos, C., Carollo, C. & Yoskowitz, D. W. (2012). Gulf of Mexico Ecosystem Service Valuation Database (GecoServ): Gathering ecosystem services valuation studies to promote their inclusion in the decision-making process. Marine Policy, 36, 214–217.

**Purkey**, S. G. & Johnson, G. C. (2010). Warming of Global Abyssal and Deep Southern Ocean Waters between the 1990s and 2000s: Contributions to Global Heat and Sea Level Rise Budgets. *Journal of Climate, 23*, 6336-6351.

**Salvadeo**, C., Lluch-Belda, D., Gómez-Gallardo, A., Urbán-Ramírez, J. & MacLeod, C. (2010). Climate change and a poleward shift in the distribution of the Pacific white-sided dolphin in the northeastern Pacific. *Endangered Species Research, 11*, 13-19.

**Salvadeo**, C., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, S. & Mercuri, M. (2011). Review of Long term macro-fauna movement by multi-decadal warming trends in the Northeastern Pacific. In J. Blanco & H. Kheradmand (eds). *Climate Change-Geophysical Foundations and Ecological Effects*. Croatia, Tech Rijeka. 520 pp.

**Salvadeo**, C., Lluch-Cota, S., Maravilla-Chávez, M., Álvarez-Castañeda, S., Mercuri, M. & Ortega-Rubio, A. (2013). Impact of climate change on sustainable management of gray whale (*Eschrichtius robustus*) populations: whale-watching and conservation. Archives of Biological Science, *65*(3), 997-1005.

**Sanchez-**Cabeza, J. A., Ruiz-Fernańdez, A. C., de Vernal, A. & Machain-Castillo, M. L. (2012). Reconstruction of *Pyrodinium* blooms in the Tropical East Pacific (Mexico): Are they related to ENSO? *Environmental Science and Technology, 46*, 6830–6834, dx.doi.org/10.1021/es204376e

**Schramm**, Y. & Heckel, G. (2012). Lobos marinos como centinelas del cambio global en ecosistemas vulnerables de la costa occidental e islas de la Península de Baja California. Reporte proyecto Fondo Sectorial. SEMARNAT-CONACYT.

**Signoret**, M., Monreal-Gómez, M. A., Aldeco, J. & Salas-de-León, D. A. (2006). Hydrography, oxygen saturation, suspended particulate matter, and chlorophyll-a fluorescence in an oceanic region under freshwater influence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 69*(2), 153–164.

**Smith**, Jr. K. L., Ruhl, H. A., Bett, B. J., Billett, D. S. M., Lampitt, R. S. & Kaufmann, R. S. (2009). Climate, carbon cycling, and deep-ocean ecosystems. *Proceeding National Academy of Science, 106*(46), 19211–19218.

**Solomon**, E. A., Kastner, M., MacDonald, I. R. & Leifer, I. (2009). Considerable methane fluxes to the atmosphere from hydrocarbon seeps in the Gulf of Mexico. **Nature Geoscience, 2**, 361-365.

**Stewart**, J. S., Hazen, E. L., Bograd, S. J., Byrnes, J. E. K., Foley, D. G., Gilly, W. F., Robison, B. H. … (2014). Combined climate- and prey-mediated range expansion of Humboldt squid (Dosidicus gigas), a large marine predator in the California Current System. G*lobal Change Biology*. doi: 10.1111/gcb.12502.

**Townsend**-Small, A., Prokopenko, M. G. y Berelson. W. M. (2014). Nitrous oxide cycling in the water column and sediments of the oxygen minimum zone, eastern subtropical North Pacific, Southern California, and Northern Mexico (23oN–34oN). *Journal Geophysical Research Oceans, 119*, 3158–3170.

**Thunell**, R. C. y Kepple, A. B. (2004). Glacial-Holocene $\delta^{15}N$ record from the Gulf of Tehuantepec, Mexico: Implications for denitrification in the eastern equatorial Pacific and changes in atmospheric $N_2O$. *Global Biogeochemical Cycles, 18*: GB1001. doi:10.1029/2002GB002028,

United Nations Development Programme [UNDP]. (2007/2008). Human Development Report: Fighting climate change, human solidarity in a divided world.

**United Nations Framework Convention on Climate Change** [UNFCCC]. (2011). Report of the Conference of the Parties on Its Sixteenth Session, Held in Cancun from 29 November to 10 December 2010. Part Two: Action taken by the Conference of the Parties at its sixteenth session (FCCC/CP/2010/7/Add.1).

**Urbán**, R. J., Rojas, L.B., Pérez-Cortéz, H., Gómez-Gallardo, A.U., Swartz, S., Ludwing, S. y Brownell, L. (2003). A review of gray whales on their wintering grounds in Mexican waters. *Journal of Cetacean Research and Management, 5*, 281–295.

**Vincent**, E.M., Emanuel, K.A., Lengaigne, M., Valard, J., y Madec G. (2014). Influence of upper ocean stratification interannual variability on tropical cyclones. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 6. doi:10.1002/2014MS000327

**Zavala**-Hidalgo, J., de Buen Kalman, R., Romero-Centeno, R., Hernández, M. F. (2010). Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas. En A.V Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L Rojas-Galaviz. (Eds.) Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante al cambio climático. Gobierno del Estado de Tabasaco. Semarnat-INE, UNAM-ICMyL y Universidad Autónoma de Campeche, 249-267.

# Capítulo 4

## SISTEMAS COSTEROS Y ZONAS INUNDABLES

**Autores líderes:**

Norma Patricia Muñoz Sevilla[12] y Maxime Le Bail[12].

**Autores colaboradores:**

Porfirio Álvarez Torres[21], Diana Cecilia Escobedo Urias[22], Apolinar Santamaría-Miranda[22], Juan Pablo Apún Molina[22], Aida Martínez López[18], Claudia Judith Hernández Guerrero[18], Francisco Arreguín Sánchez[18], Alberto Sánchez González[18], Sergio Aguiñiga García[18], Enrique Nava-Sánchez[18], Roberto Eduardo Mendoza Alfaro[23], Alberto Pereira Corona[24], Oscar Fausto Martínez[24], Omar Cervantes Rosas[25], Aramis Olivos Ortiz[26].

[12]IPN CIIEMAD Centro interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, [18]IPN - CICIMAR Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, [21]CIIMAR - GOMC Consorcio de Instituciones de Investigación Marina del Golfo de México y Mar Caribe, [22]IPN - CIIDER Sinaloa Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, [23]UANL FCB Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, [24]UQROO Universidad de Quintana Roo, [25]UCOL-FCM Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, [26]UCOL CEUNIVO Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas.

**Palabras claves:** hipoxia, florecimientos algales nocivos, especies invasoras, acidificación, erosión, blanqueamiento de coral, ordenamiento ecológico, ordenamiento territorial, manejo integrado de la zona costera.

## Resumen

La zona costera mexicana concentra aproximadamente el 15 % de la población total del país y permite la realización de diversas actividades económicas que aportan las mayores fuentes de ingreso, entre ellos la extracción de hidrocarburos y minerales, el turismo, la pesca, la acuicultura, y la transportación marítima. Además, cuenta con una importante biodiversidad que brinda un sinnúmero de beneficios ambientales, es fuente de alimentación y recursos económicos para las poblaciones locales, y protege a las costas de los eventos meteorológicos extremos y de la elevación del nivel medio del mar.

Sin embargo, la destrucción de los ecosistemas costeros y la planeación territorial desarticulada han generado una amplia vulnerabilidad de las costas mexicanas ante los diversos efectos del cambio climático (huracanes y tormentas tropicales, aumento del nivel del mar e inundaciones, cambios de salinidad e hipoxia, acidificación del océano, entre otros). Estos afectan tanto a los ecosistemas costeros, destrucción de los arrecifes coralinos y manglares, reducción de la biodiversidad, expansión de especies invasoras, erosión de las dunas y demás), como a las actividades de las poblaciones locales e inversionistas (disminución del turismo, menor rentabilidad de las pesquerías y de la acuicultura, entre otros).

En consecuencia, es necesario y urgente planear la adaptación al cambio climático en esas zonas.






## Introducción

La zona costera es aquella franja interfase del continente, el océano y la atmósfera que abarca desde menos de 200 m de profundidad en el mar, hasta 100 km tierra adentro, o 50 m de elevación.

En México, su papel es primordial ya que permite la realización de diversas actividades económicas que aportan la mayor fuente de ingreso al país, entre ellos la extracción de hidrocarburos y minerales, el turismo, la pesca, la acuicultura, y la transportación marítima. 17 de los 32 estados de la República Mexicana cuentan con zona costera, la cual cubre una extensión de alrededor de 1´100,000 km$^2$. Concentra 15.9 millones de habitantes (aproximadamente el 15 % de la población total del país) en 156 municipios con frente costero (Azuz-Adeath y Muñoz Sevilla, 2010), que presentan las mayores tasas de crecimiento anuales: 2.8 % en promedio (Lara-Lara et ál., 2008), contra 1.8 % a nivel nacional (INEGI, 2014).

Además, las costas mexicanas cuentan con una gran riqueza natural: sus ecosistemas son de los más productivos del mundo y proporcionan numerosos servicios no solamente al medio ambiente sino también a la sociedad, como por ejemplo, la estabilidad y protección de la zona costera, materiales de construcción, fuente de alimentos, regulación del clima, recreación, entre otros.

Sin embargo, dichos ecosistemas costeros son también de los más frágiles. "La zona costera, y en particular sus humedales, son muy susceptibles a los efectos del cambio climático global, sobre todo si se considera que estos ecosistemas están constantemente sometidos a presiones, tanto de origen natural como humano" (Buenfil, 2009). En efecto, las actividades humanas (sobreexplotación de recursos marinos, contaminación, extensión de la mancha urbana, y demás) y la falta de medidas de mitigación de sus efectos han llevado a un deterioro ambiental, a lo cual se suman los efectos del cambio climático como por ejemplo la elevación del nivel del mar, el aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, las corrientes, entre otros. Dichos efectos afectan a los ecosistemas directamente de manera profunda y durable, lo que provocará a corto plazo numerosas repercusiones ambientales, sociales y económicas.

Por lo tanto, es necesario y urgente planear la adaptación al cambio climático en esas zonas, a través de la conservación y restauración de los ecosistemas costeros, así como de una mejor planeación territorial.

Este capítulo describirá las vulnerabilidades de las costas mexicanas ante el cambio climático y los impactos de éste en ellas, en cuatro apartados: el primero describirá las alteraciones ambientales y el desarrollo de agentes nocivos provocados por el cambio climático; el segundo explicará la vulnerabilidad de los ecosistemas costeros ante el cambio climático y los impactos que tiene sobre ellos; posteriormente, se verán las vulnerabilidades e impactos socio-económicos del cambio climático en las zonas costeras. Por último, se presentarán algunas medidas de adaptación recomendadas.

## 1. Alteraciones ambientales y desarrollo de agentes nocivos

El aumento del nivel del mar, la alteración de las corrientes, y los cambios químicos del agua de mar, entre otros factores, llegan a modificar el entorno ambiental en las zonas costeras.

### 1.1 Temperatura, salinidad, hipoxia y florecimientos algales

El incremento en la temperatura promedio del aire, como consecuencia del calentamiento global, ha sido demostrado ampliamente. Por el contrario, la evidencia de aumento en la temperatura del océano ha recibido menor atención, a pesar de que es la base para calcular el acrecentamiento del nivel del mar, que el océano es el mayor reservorio de $CO_2$ y que se equilibra con la atmósfera. En México, aún no se documenta claramente el incremento de la temperatura de los ecosistemas acuáticos asociado con el cambio climático, aunque existen trabajos que muestran una mayor temperatura, así como de la salinidad, tal como lo menciona De la Lanza-Espino et ál. (2008) en Laguna de Tres Palos, Guerrero, y Herrera-Silveira et ál. (2011) en la zona costera de la Península de Yucatán.

Por otro lado, algunos estudios (Hernández, Gaxiola, Álvarez y Aguirre, 2007) han identificado la necesidad de incrementar el conocimiento de los procesos biogeoquímicos, la circulación oceánica y la productividad biológica involucrados en la captación, transformación y captura de $CO_2$. De particular importancia, se identifica a la productividad biológica ya que es capaz de reducir el $CO_2$ de la atmósfera a través de la bomba biológica, donde el fitoplancton participa activamente. Las fluctuaciones del $CO_2$ impactan directa e indirectamente al océano a través de cambios en su temperatura, estratificación, estructura de densidades, acidificación y niveles de producción, entre otros. Al respecto se han llevado a cabo esfuerzos en las diversas regiones costeras de México para describir el patrón estacional actual (Rivera-Arriaga et ál., 2010, y Yáñez-Arancibia et ál., 2010), así como para identificar a las especies del fitoplancton que pueden ser consideradas como indicadores sensibles ante cualquier cambio del sistema, ya sea natural o de origen antropogénico (Martínez-López et ál., 2012).

Las actividades humanas en los cuerpos de agua costeros han aumentado en gran medida el flujo de nutrientes a los ecosistemas acuáticos, con un ritmo acelerado de crecimiento en las últimas décadas, provocando otros impactos como la degradación de la calidad del agua, cambios ecológicos, la pérdida de la biodiversidad, la alteración de la función del ecosistema y la hipoxia (Rabalais, 2002; Rabalais et ál., 2010).

La hipoxia se da de manera natural en muchos entornos marinos del mundo, como los fiordos, cuencas profundas, zonas de mar abierto de oxígeno mínimo y zonas de oxígeno mínimo asociadas con sistemas de surgencia, como sucede alrededor de la plataforma de Yucatán, en la laguna de Nichupté, en Cancún (Díaz y Rosenberg 1995) o en las Lagunas Madre de Tamaulipas, Tamiahua y la Laguna de Términos. Los ambientes cercanos a la costa también pueden verse influenciados por el efecto de aguas de surgencias costeras con bajos contenidos de oxígeno, que es advectada a los ambientes poco profundos cercanos a la costa. Algunos de los casos han sido reportados en el Golfo de California (Hendrickx et ál., 2007), costas de Jalisco y Colima (Ríos-Jara et ál., 2003; 2008), la plataforma continental de Guerrero (Lesser-Hiriart, 1984), sin embargo, la mayoría de las zonas hipóxicas relacionadas con el proceso de eutrofización se encuentran en los estuarios cerrados y / o en desembocaduras de ríos contaminados. En México, Rabalais et ál. (2014) afirman que los sitios en donde son mayores las probabilidades de hipoxia en del Golfo de México son los puertos de Tuxpan con el Río Tuxpan; Tampico, con el Pánuco, y Coatzacoalcos entre otros.

Aunado a lo anterior, varios estudios han sugerido posibles relaciones entre el clima y la magnitud, frecuencia y duración de las floraciones de algas nocivas. Los estudios realizados en México al respecto datan desde 1940, y tanto el número de investigadores e instituciones involucrados con el estudio de floraciones de algas nocivas se ha incrementado significativamente en las últimas décadas. La mayoría de los programas y actividades de investigación en ese tema se basan en muestreos puntuales y programas de investigación a corto plazo pero, en los últimos años, se ha iniciado el estudio del efecto del cambio climático sobre las floraciones de algas nocivas. Los únicos registros a largo plazo de las floraciones de algas nocivas que existen son los





realizados en las costas de Sinaloa y de Guaymas (Cortés-Altamirano y Licea-Durán, 2004). Finalmente, en los diferentes estados del Golfo de México se estableció un Plan Binacional para la atención de floraciones de algas nocivas, que incluye por la parte mexicana a Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Sin embargo, poco se sabe aún de cómo interactúan los efectos distintivos causados por las fuentes puntuales y difusas de N y P, con la variabilidad climática en la regulación de la productividad de los ecosistemas costeros.

### 1.2 Variabilidad microbiana y bacteriana

Los microorganismos marinos juegan un papel importante en diferentes procesos biogeoquímicos, por lo que contribuyen al flujo de energía y la productividad del ecosistema. La distribución de estos en el medio marino depende de la temperatura, salinidad y otros parámetros fisicoquímicos, por lo que variaciones en estos parámetros pueden ocasionar efectos en sus funciones, abundancia y distribución. Sin embargo, la importancia y el efecto del cambio climático sobre ellos ha sido subestimada (Lara-Flores, 2010).

Las zonas costeras y de humedales, se consideran vulnerables a los efectos del cambio climático, y a nivel de las comunidades microbianas se espera un incremento en la biomasa y actividad. Lo anterior se ha observado en costas de Coatzacoalcos, Nayarit, Quintana Roo y Yucatán, donde se ha dado un evidente incremento de nutrientes y bacterias de tipo coliforme, debido al incremento en el nivel del mar, como efecto del cambio climático (De la lanza-Espino et ál., 2010). De igual forma, en zonas de marismas del Golfo de California, se ha incrementado la actividad antibacteriana en respuesta al efecto de la temperatura en la tasa fotosintética, acelerando tasas de descomposición y reciclamiento de nutrientes (Morzaria, Turk-Boyer, Rosemartin y Camacho, 2014).

El efecto del cambio climático también ha sido evidente en zonas de pastos marinos y comunidades coralinas. En los pastos, el exceso de materia orgánica estimula la actividad bacteriana, ocasionando un aumento de la capa anóxica de sedimentos cerca de la superficie que promueve el desarrollo de comunidades bacterianas que pueden ser dañinas ya que producen y acumulan compuestos fitotóxicos como el sulfuro y el metano (Gallegos, 2010). Por otro lado, en comunidades coralinas del Caribe Mexicano, el incremento en la temperatura superficial del mar, ha propiciado el desarrollo de enfermedades emergentes de tipo bacteriano y posiblemente de tipo viral (Daszak et ál., 2000). Entre las bacterias, el género *Vibrio* es particularmente agresivo y ocasiona enfermedades como la banda amarilla y banda blanca. Sin embargo, también se han descrito bacterias como Serratia marcescens que ocasiona parches necróticos y *Aurantimonas coralicida* causante de la plaga blanca II (Jordán et ál., 2005). En el Pacífico mexicano, aún no se han detectado signos de estas enfermedades. No obstante, existen casos de enfermedades emergentes en arrecifes del indo-pacífico (Blanchon et ál., 2010).

Las bacterias del género *Vibrio* son habitantes naturales de los estuarios y zonas costeras, en regiones templadas y tropicales de todo el mundo. Ocupan diversos nichos ecológicos donde pueden sobrevivir como organismos planctónicos libres o en asociación con otros organismos. Sin embargo, el aumento de la temperatura del agua en zonas del Golfo de México desde 1998, ha dado lugar a la expansión estacional del patógeno Vibrio vulnificus asociado a enfermedades de ostras sujetas a cosecha. Las anomalías climáticas han ampliado en gran medida la zona de riesgo y la temporada de enfermedades causadas por bacterias del género *Vibrio*. Dado que estos eventos pueden ser pronosticados, cuando se presenten condiciones de alta temperatura en el futuro, se deberán ajustar las prácticas de la industria y la política de regulación debe ser considerada especialmente para estos moluscos bivalvos que se consumen crudos (Martínez-Urtaza et ál., 2010).

### 1.3 Especies invasoras

El cambio climático y las invasiones biológicas son procesos clave que afectan la biodiversidad global y local en México; sus efectos han sido considerados de manera separada a pesar de que hay razones científicas de peso para esperar que la tasa y dimensión de las invasiones biológicas se vean influenciadas por el cambio climático (Walther et ál., 2009).

Además de contribuir al cambio en los patrones de dispersión de las especies nativas, el cambio climático facilita el establecimiento y la extensión del área de distribución de las especies invasoras, aumentando sus impactos (Sorte et ál., 2010). Las especies invasoras pueden tener influencia en la magnitud de los impactos del cambio climático, alterando la estructura de los ecosistemas y su función, la interacción de estos estresores puede exacerbar los efectos de cada uno (EPA, 2008) en la que el cambio climático crearía nuevos hábitats para las especies invasoras, y éstas harían subsecuentemente más vulnerables los ecosistemas a los efectos del cambio climático (McNeely, 2000). Las variaciones regionales climáticas y los rasgos de cada especie limitan la comprensión de los efectos combinados del cambio climático y las invasiones. Estas presiones deberían ser consideradas de una manera más integral (EPA, 2008), particularmente debido a que la biodiversidad global seguirá disminuyendo durante el siglo XXI (Pereira et ál., 2010).

Se han identificado consecuencias importantes del cambio climático en las invasiones biológicas (Hellmann et ál., 2008): i) Alteraciones en el transporte y mecanismos de introducción; ii) Establecimiento de nuevas especies; iii) Alteración de los impactos de las especies invasoras ya existentes; iv) Alteración en la distribución de las especies invasoras; v) Alteración en la eficacia de las estrategias de control empleadas. La adaptación fisiológica, como la expresión de proteínas de choque calórico que permiten a los organismos tener rangos de temperatura más amplios y soportar temperaturas más elevadas que las especies nativas (Zerebecki y Sorte, 2011), en ocasiones muestran impresionantes adaptaciones morfológicas que les permiten persistir en los nuevos hábitats, como el pez león (*Pterois volitans*) que presenta un camuflaje de rayas rojas y blancas para confundirse en los arrecifes del Caribe Mexicano (Belvalkar, 2012). Su introducción y establecimiento representa un alto riesgo para las comunidades de corales y el ser humano, por ser un importante depredador de otros peces y producir toxinas perjudiciales para vertebrados (Hare y Whitfield, 2003). Sus patrones de colonización harán que su invasión continúe hacia el Golfo de México y la costa oriental de Sudamérica (Schofield, 2009), donde será uno de los depredadores dominantes (Morris y Akins, 2009) y siendo un pez poiquilotermo, su tasa de consumo de alimentos aumentará con la temperatura del agua (Rahel y Olden, 2008). Otro caso particularmente interesante es el de la medusa *Phyllorhiza punctata*, originaria del indo-pacífico, introducida en el Atlántico vía el canal de Panamá desde hace más de 45 años donde las anomalías hidrográficas en el año 2000 y las corrientes la transportaron al Golfo de México. Su población se estimó a 5.3 millones en una área de 150 $km^2$ en el Golfo de México donde provocó pérdidas de millones de dólares por atascar las redes de pesca de camarón depredando huevos y larvas de especies de alto valor pesquero comercial (Graham et ál., 2003).

Los cambios en los patrones de precipitación, hidrología de los ríos y química del agua son importantes en el establecimiento y prevalencia de las especies invasoras en cuanto a la salinidad, con repercusiones en las aguas continentales adyacentes al Golfo de México. Es el caso en el Río Bravo, que se ha venido salinizando, así como por el control del flujo que se ha ejercido, principalmente con la creación de presas (Mendoza et ál., 2011), provocando condiciones para el establecimiento de especies exóticas no dulceacuícolas. Los peces de la parte baja del río Bravo de los últimos 138 años sugieren dos comunidades faunísticas autóctonas: una de aguas arriba, compuesta en su mayor parte de especies de agua dulce, y la de aguas abajo integrada por una mezcla de los elementos más abundantes de aguas arriba y especies más estuarinas. La fauna aguas arriba perdió muchos de sus componentes característicos de agua dulce, y formas exóticas o estuarinas reemplazaron las especies nativas dulceacuícolas (Edwards y Contreras-Balderas, 1991). Por otro lado, la invasión actual del camarón tigre asiático (Penaeus monodon), crustáceo de más de 20 cm, de apetito voraz y una propensión a adquirir y transferir enfermedades ha invadido el Golfo de México, amenazando a diferentes especies nativas, con efectos letales para varias decenas de especies de crustáceos (Flegel et ál., 1995).

Finalmente, los cambios en las corrientes locales y de mesoescala que suelen desempeñar un papel importante en los patrones de dispersión larvarios de varios organismos (Mendoza y Álvarez, 2012) podrían inducir el cambio de áreas de distribución de varias especies de presas y depredadores, que podrían convertirse en especies invasoras.

## 2. Vulnerabilidad e impactos eco-sistémicos

Aunado a las presiones antropogénicas, los eventos meteorológicos extremos, la elevación del nivel del mar, la disminución de oxígeno disuelto, el aumento de la salinidad, la variación micro-bacteriana, las corrientes cambiantes, entre otros efectos del cambio climático, llegan a modificar profundamente los ecosistemas costeros de México.





Este punto describirá las vulnerabilidades ante el cambio climático de las playas, sistemas dunares, de los manglares y humedales, de las praderas de pastos marinos y de los arrecifes coralinos, así como los impactos observados en ellos.

### 2.1 Playas, arenales y sistemas dunares

Los sistemas playa-duna son la primera, y más efectiva, defensa contra el impacto de fenómenos hidrometeorológicos de origen marino, tales como huracanes, aumento del nivel del mar o temporales con alto oleaje (Botero et ál., 2014).

El impacto de estos eventos energéticos marinos y la capacidad de recuperación natural de un sistema de playa-duna, dependen de diferentes factores tanto naturales (estado morfodinámico de la playa, rango mareal, aportes sedimentarios entre otros) como antrópicos (presencia de estructuras fijas en la duna y la playa, obras de defensa costera y demás).

En general, los factores de cambio y de la vulnerabilidad de las líneas de costa de la República Mexicana debido al cambio climático ya fueron explicados por Nava-Sánchez et ál. (2012, 2013), pero no se llegó a explicar dichos procesos a la escala local, es decir para las playas. Así, se identificaron como promotores de la erosión de las playas, además de factores antropogénicos, los siguientes factores naturales: i) las variaciones de nivel del mar: un ascenso del nivel del mar imprime un retroceso de la línea de costa. Se ha documentado que el nivel del mar asciende con una tasa media de 2 mm/año (Douglas, 1997). Este proceso es global, afecta a todas las playas del mundo y provoca un retroceso de la línea de costa; ii) el oleaje: el incremento en la energía de oleaje aumenta la erosión de la costa; iii) el paso de los ciclones tropicales: en condiciones "normales", es decir, sin considerar el cambio climático, éste representa un equilibrio en las playas, ya que por un lado el oleaje de alta energía genera erosión de las playas, pero por otra parte, las altas precipitaciones generan aportes abundantes de sedimentos fluviales, lo que favorece la recuperación de las playas. Sin embargo, si la frecuencia y energía de los ciclones aumenta, de igual manera se incrementará la energía de oleaje y la precipitación pluvial, y la erosión de las playas será más intensa mientras su recuperación por aportes fluviales podría reducirse paulatinamente.

El conocimiento de la resistencia natural y de la capacidad de recuperación de una costa ante eventos energéticos, así como la incertidumbre sobre su posterior evolución, permitiría generar planes de actuación preventivos realistas que se adapten al comportamiento y respuesta de las playas; en otras palabras, conocer la capacidad evolutiva y de adaptación del sistema playa-duna permitirá desarrollar planes más duraderos y factibles en términos económicos, puesto que la curva de los costos es menor en comparación con actuaciones de tipo reactivo.

### 2.2 Manglares y humedales

Los ecosistemas de manglar estabilizan y protegen a las costas de la erosión, reduciendo los impactos que reciben de las tormentas y energía eólica. Al mismo tiempo, ante las amenazas del desarrollo costero, el incremento en frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales y huracanes en combinación con la elevación del nivel del mar alteran las tasas de erosión y sedimentación en las zonas de manglares (Mendoza y Álvarez, 2012).

El paisaje costero donde se desarrollan los manglares es vulnerable a fuerzas naturales episódicas de alto impacto, como huracanes, deslizamientos de tierras, subsidencia, aumento acelerado del nivel medio del mar y el cambio climático global. Los huracanes han modificado la estructura de los manglares en varios sitios alrededor del Golfo de México vía el daño por viento, mareas de tormenta y deposición sedimentaria. Los efectos incluyen cambios en la frecuencia y distribución y abundancia de la densidad de las especies (Smith et ál., 2009). Los bosques de manglar pueden absorber mucha de la energía de un ciclón promedio, pero los huracanes más severos pueden ser devastadores: el huracán Andrew pasó encima de la península de la Florida en 1992 con vientos mayores a los 240 km/h, acompañados de mareas de tormenta de 5 metros dejando daños en más de $15_2$ Km2 de manglares. Cerca del 60 % de los árboles, particularmente los más grandes, sufrieron daños graves cortándolos de raíz; de los manglares que no se rompieron el 25 % estaba muerto y el 86 % deshojado. Los bosques de manglar alto, distantes de los sitios de marea, sufrieron daños mayores que los que se encuentran en la zona de marea. Las observaciones de campo cuatro

meses después del huracán Wilma mostraron daños parciales y deshojado completo, y daños mayores en la cubierta del bosque. Parte de estas pérdidas se deben a las mareas de tormenta que destruyeron aproximadamente 1,250 hectáreas de manglares retrocediendo en los avances de recuperación posteriores al huracán Andrew (Smith et ál., 2009).

El incremento del nivel medio del mar estresa la integridad ecosistémica de los humedales costeros. En el Golfo de México, la reducción del agua dulce o el exceso de ella puede provocar una combinación de tensores entre salinización de suelos, sobresaturación hídrica, abatimiento del oxígeno y contrastes del potencial del hidrógeno (Day et ál., 2009). Los impactos físicos más serios de la elevación del nivel del mar son: i) inundaciones y desplazamiento de humedales y tierras bajas; ii) erosión costera; iii) incremento de las inundaciones costeras por tormentas; y iv) la salinización de tierras (Nicholls y Mimura, 1998). Los humedales costeros (en conjunto pantanos, manglares y zonas de intermarea) pueden experimentar perdidas sustanciales respecto a la elevación del nivel del mar. Estas áreas son altamente productivas y proveen de numerosas funciones importantes como la protección contra inundaciones, asimilación de desperdicios, áreas de crianza para las pesquerías y de conservación de la naturaleza.

Los manglares constituyen un ecosistema importante en el Golfo de México, su ubicación en la interfase entre el hábitat terrestre y marino, los hace vulnerables a cualquier cambio de elevación del nivel del mar. El Golfo de México ha experimentado mermas dramáticas de hábitat de humedales en los dos siglos pasados. Estas pérdidas no afectan la diversidad de especies sino la calidad del agua, el control de inundaciones, y aspectos de la economía costera del Golfo.

Los humedales costeros han probado ser susceptibles al cambio climático. La elevación del nivel del mar demuestra un cambio en la región del Golfo de México mayor que la temperatura o los patrones de precipitación. Los bosques de manglar son únicos en sus funciones como criaderos de importantes especies de pesca comercial a escala global. Muchas de las especies de peces que habitan los estuarios son las postlarvas y juveniles después de pasar el estadio larval en aguas afuera donde crecen para desovar. Los manglares son considerados muy importantes, como un hábitat o área de crianza intermedia que puede favorecer la sobrevivencia de los peces jóvenes. Los manglares influencian fuertemente la estructura de las comunidades de peces en los arrecifes contiguos. Asimismo, la biomasa de las especies comerciales de varios peces se duplica cuando el hábitat de adultos está conectado a los manglares (Mumby et ál., 2004). La elevación del nivel del mar ha llevado a cambios geomorfológicos importantes de los sistemas costeros, la intrusión salina en los estuarios, y la pérdida asociada de humedales alrededor del mundo, incluyendo varios sitios del Golfo de México y de la Cuenca del Grijalva/Usumacinta (Ortiz-Pérez et ál., 2009).

### 2.3 Praderas de pastos marinos

Los ecosistemas costeros mantienen una alta diversidad de hábitats, como praderas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*), macroalgas y humedales de manglar. Esto es apreciable en Laguna de Términos y su plataforma continental adyacente en la que las actividades antropogénicas y la variabilidad climática en los últimos 20 años han generado cambios en las condiciones hidrológicas, principalmente en pérdida de condiciones estuarinas y la disminución de la transparencia del agua.

En efecto, las praderas de pastos marinos están experimentando un decremento importante en su superficie en las últimas décadas, debido al incremento de la actividad antropogénica en zonas costeras (Orth et ál., 2006). Éstas están desapareciendo a una tasa de 110 $km^2$ año-1 desde 1980 y el 29 % de la cobertura aérea de los pastos marinos se ha perdido desde 1879. La tasa de decremento se ha acelerado de una mediana de 0.9 % año-1 antes de 1940 a 7 % año-1 desde 1990 (Waycott et ál., 2009). Así, en el litoral interno de isla del Carmen, la disminución de cobertura alcanzó un porcentaje de hasta 40 % y la desaparición en la zona de descarga de los ríos. En el Caribe mexicano, las estimaciones de la cobertura de pastos marinos, dominadas por tres especies *Thalassia testudinum, Syringodium filiforme y Halodule wrightii*, siendo la primera dominante en cuanto a cobertura y biomasa foliar y subterránea (Gutiérrez et ál., 2000; Van Tussenbroek et ál., 2011; 2014), son muy limitadas y puntuales y, se desconoce cómo ha variado con el tiempo. La pérdida de pastos marinos en estas regiones está asociada a condiciones favorables de eutrofización, la cual ha sido evaluada con el uso de isótopos estables de nitrógeno demostrándose que los sitios de mayor (Cancún) y mediano (Tulum) desarrollo turístico se encuentran eutrofizados (Sánchez et ál., 2013).





El detrimento de las praderas de pastos marinos conlleva indudablemente a contribuir en la emisión de carbono. Si la tasa global de la pérdida de pastos marinos continua, esto puede dar como resultado la liberación de más de 299 Tg carbono por año (Fourqurean et ál., 2012). Sin embargo, se desconocen los aportes y el enterramiento de carbono de las praderas de pastos marinos en el Caribe Mexicano en un escenario donde la eutrofización puede llevar a un incremento en la pérdida de estas praderas.

Para determinar la relación existente entre la distribución espacio-temporal de los productores primarios y la composición de la materia orgánica sedimentaria (MOS) se comparan los datos de δ13C obtenidos en 2011 con datos reportados en 1991 y 2004. La contribución relativa de los productores primarios a la MOS fue estimada utilizando el modelo SIAR (Stable Isotope Analysis in R). La contribución del mangle a la MOS no presentó diferencias significativas entre 1984 y 2011 con contribuciones de 38 % y 35 % respectivamente. Sin embargo las contribuciones de los pastos marinos, fitoplancton y macroalgas fueron significativamente diferentes. Así, se observa una disminución de la contribución de los pastos marinos de 12 % entre 1984 y 2011, directamente relacionado con la disminución del porcentaje de cobertura en los últimos 30 años en Laguna de Términos. Los resultados obtenidos confirman que el grado de contribución de los productores primarios a la MOS, se relaciona directamente con la extensión de la vegetación presente en el sistema y la materia orgánica proveniente del manglar ha mantenido contribuciones invariables en las últimas tres décadas, siendo un componente importante de la exportación del sistema lagunar al mar adyacente, mientras que la contribución de los pastos marinos tiende a disminuir como consecuencia de la pérdida en la cobertura.

### 2.4 Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son los ecosistemas marinos de mayor diversidad biológica (Calderón y Reyes, 2005) y la preservación de numerosas especies marinas únicas depende de su conservación. Además, "mantienen pesquerías de gran importancia, proporcionan protección a las costas contra la fuerza de los huracanes, y son el principal motor del próspero turismo costero de la región" (Ezcurra, 2010).

Sin embargo, estos son extremadamente vulnerables a los cambios físico-químicos que ocurren en su entorno. El cambio climático, entre otros factores, los amenaza ampliamente debido al aumento de la temperatura del mar, la acidificación de los océanos, la subida del nivel del mar, así como los eventos meteorológicos extremos.

"El proceso de calentamiento de los océanos, que podría alcanzar los 2 °C en los próximos 50 años, representa una seria amenaza para la supervivencia de los corales" (Fichez, 2013). Tiene como consecuencia más notable el llamado blanqueamiento del coral. Este vínculo está bien establecido: "los blanqueamientos de coral que se han presentado a escala global durante los últimos años están relacionados con la presencia de temperaturas superficiales del agua anómalamente altas" (Iglesias, 2005). Éste es el resultado de la ruptura de la relación simbiótica entre los corales y las algas zooxantelas que, al ser expulsadas, dejan aparecer el tejido blanco del esqueleto de los corales (Iglesias et ál., 1992). Dependiendo de la duración y de la amplitud de la elevación de la temperatura del mar, el blanqueamiento, puede ser un fenómeno reversible, o bien resultar en "eventos de mortalidad masiva de corales" (Blanchon et ál., 2010). Se estima que una elevación de 1.5 ºC por arriba de la media en verano durante unas semanas es suficiente para iniciar el blanqueamiento de coral (Iglesias, 2005). Así, en 1998 (año más caliente en las tres pasadas décadas después de 2005), murieron en el Pacífico mexicano más del 90 % de los corales (Carricart-Ganivet, 2013). Este fenómeno está muy extendido en México y los reportes de incidencia han por esta razón aumentado año con año (Horta y Tello, 2009).

El calentamiento del mar también propicia el surgimiento y desarrollo de enfermedades emergentes, efecto considerado como "el de mayor severidad" (Blanchon et ál., 2010) en los corales y otros organismos de la comunidad coralina. En las últimas décadas, la incidencia de éstas se ha multiplicado en los ecosistemas arrecifes coralinos y su efecto directo e indirecto ha sido severo y como consecuencia de ello, la significativa reducción del tamaño poblacional de las especies clave más importantes (Blanchon et ál., 2010). De las aproximadamente 60 especies de corales que colonizan los arrecifes del Gran Caribe, "más del 70 % son afectadas por alguna enfermedad o síndrome" (Blanchon et ál., 2008).

Por otro lado, la acidificación del océano es otra consecuencia preocupante del cambio climático. Aproximadamente el 25 % de las emisiones totales de $CO_2$ son capturadas por el océano, el cual se disuelve en el agua en forma de ácido carbónico ($CO_3H_2$), disminuyendo el pH del agua de mar. El incremento gradual de acidez, a su vez, dificulta la fijación de carbonato de calcio e incluso disuelve parte del carbonato que forma las estructuras de defensa y de los exoesqueletos de miles de especies marinas (Ezcurra, 2010). Tomando en cuenta lo anterior, "es posible predecir que como efecto neto de la acidificación del océano la mayoría de los arrecifes de coral pasarán de un estado de calcificación neta a un estado de disolución" (Blanchon, 2008).

El incremento del nivel del mar representa otra amenaza ya que implica dos consecuencias directas para los arrecifes coralinos. La primera es la disminución de la radiación solar que reciben los corales y que usan las zooxantelas para realizar los procesos fotosintéticos necesarios a su supervivencia (Padilla et ál., 2010). Esto podría disminuir el crecimiento de los corales o afectar su distribución geográfica. No obstante, el efecto sería diferente según las especies ya que poseen distintas capacidades fotosintéticas y que algunas responden a la disminución de la radiación solar incrementando el número y tamaño de sus unidades fotosintéticas (Iglesias y Trench, 1994). La segunda consecuencia es que causará "cambios radicales en los procesos de erosión-deposición de las costas, amén de aumentar la vulnerabilidad de las mismas [*las comunidades coralinas*] al impacto de ciclones y tormentas de alta intensidad" (Blanchon et ál., 2010). Se considera que, bajo los futuros escenarios del incremento del nivel del mar, "los arrecifes a lo largo de la costa de Quintana Roo podrían llegar a tolerar un incremento de aproximadamente cinco milímetros por año, con pequeños efectos adversos" (Vázquez Botello et ál., 2012), pero incrementos superiores podrían diezmarlos.

Por último, los corales son considerablemente afectados por los eventos meteorológicos extremos. Por ejemplo, en el 2005, la isla de Cozumel fue afectada por dos huracanes que provocaron una disminución del 56 % de la cobertura coralina en la zona y expusieron una gran cantidad de sustrato (Álvarez-Filip et ál., 2009). Si bien, la recuperación de los corales es posible después de los eventos meteorológicos extremos, ésta es lenta y variable, y el incremento de la intensidad y frecuencia de estos la comprometen fuertemente (Jordán-Dahlgren, 1988).

La reducción de la cobertura coralina en las costas mexicanas implicaría pérdidas ecológicas, sociales y económicas muy altas.

## 3. Vulnerabilidad e impactos socio-económicos

La falta de planeación territorial y el deterioro de los ecosistemas costeros han generado una vulnerabilidad extrema de las actividades humanas en las zonas costeras mexicanas ante los efectos del cambio climático.

### 3.1 Asentamientos humanos y servicios

De los 120 millones de habitantes en el país para 2014, poco más de 18'363,560 habitan en los estados del Golfo de México y Mar Caribe, y 37'060,670 en los estados de la vertiente occidental, representando el 46.2 % (CONAPO, 2014) de la población nacional que se encuentra expuesta a los efectos del cambio climático en las zonas costeras y áreas aledañas; un agravante de la situación es la concentración de población en los centros urbanos y la dispersión y aislamiento de la población rural. Asimismo, la gestión de la costa se centra en 169 municipios bajo la coordinación de 17 Estados costeros de México. En la zona costera hay 16 zonas metropolitanas, destacan las de Tijuana, Mérida, Mexicali, Tampico, Acapulco, Veracruz, Villahermosa y Cancún, éstas con más de 500 mil habitantes para 2010 (Frausto y Rojas, 2013).

El agua representa en la zona costera algunas de las manifestaciones críticas del cambio climático en la forma de incremento del nivel del mar (Pereira Corona et ál., 2008) y como inundaciones consecuencia de los cambios en la precipitación, no solo en la zona costera, sino también en las partes altas de las cuencas (Gama et ál., 2011; Vergara et ál., 2011). En este sentido, el agua puede ser agente (transporte, arrastre, suspensión), proceso (precipitación, sequía, fluvial, lacustre, litoral u oceánico) y reflejarse en forma de fenómenos hidrometeorológicos extremos (erosión, acumulación, inundaciones, tormentas, huracanes, penetración del mar, entre otras) (Frausto, 2014).





En cuanto a la infraestructura, cabe recordar que la mayor parte del transporte de mercaderías se hace por carretera y que son vulnerables ante inundaciones o deslizamientos y, en la zona costera, ante el incremento del nivel del mar (Jaimes et ál., 2009). Asimismo, la erosión e intensidad del retroceso de la línea de costa o por la colmatación de lagunas y lagos ha generado pérdidas significativas a lo largo de las costas mexicanas (Ihl y Frausto, 2014). Por otro lado, más del 80 % de los hidrocarburos que se producen en el país proviene del crudo extraído en plataformas marinas en la Sonda de Campeche (Pereira Corona et ál., 2008), mismas que son afectadas por la variabilidad climática e intensidad de procesos registrados en los últimos años (huracanes, temporales extremos y aumento en la recurrencia de trenes de mal tiempo).

El cambio climático y sus impactos sobre el agua también representan afectaciones en los servicios de salud al alterar la producción de alimentos e incrementar las enfermedades transmitidas por vectores (Pereira Corona et ál., 2013). En la vertiente occidental las sequías y los impactos de los huracanes incrementarán los problemas de salud (por las olas de calor, la sensación térmica, el aumento en la amplitud del proceso isotermal y la recurrencia cada vez mayor de fenómenos climáticos extremos) y la producción de alimentos por escasez de agua o por la súbita cantidad de agua acumulada por la precipitación (donde las cosechas y el ganado se han visto afectados por tormentas de hielo, ventiscas, tornados, sequías prolongadas, trombas, granizadas, arrolladas y crecientes súbitas de las corrientes y lagunas), en tanto que el incremento del nivel del mar será más notable por la amplitud de las mareas en la costa del Pacífico, pero que tendrá reflejo directo en la marejada de tormentas y la amplitud, cada vez mayor, de los sistemas de convección de huracanes, que genera trenes de oleaje de hasta 12 metros de altura (Ihl y Frausto, 2014).

### 3.2 Turismo

El turismo es parte importante de la economía nacional y una proporción considerable de la infraestructura turística del país se encuentra asociada al turismo de sol y playa.

Sin embargo, los principales destinos turísticos nacionales (Cancún, Riviera Maya, Cozumel, Majahual, Acapulco, Huatulco, Puerto Chiapas y Ensenada) (SECTUR, 2013) se encuentran altamente expuestos a los efectos del cambio climático (Jaimes et ál., 2009; Lewsey et ál., 2004), en particular, al incremento del nivel del mar al cual son más sensibles los desarrollos sobre sistemas de costas dinámicas como los del Caribe (Pereira Corona et ál., 2013), en tanto que otros, especialmente Ensenada, se encuentran expuestos a los efectos por sequías y el resto a los efectos de inundaciones y deslizamientos en masa derivados de los cambios en los patrones de precipitación ocasionados por el cambio climático (Lewsey et ál., 2004).

Los efectos del cambio climático en el sistema turístico se puede resumir en dos componentes íntimamente relacionados: a) la afluencia de turistas, reduciendo las visitas como consecuencia a los temporales de mal tiempo y, b) los impactos provocados por los efectos de los fenómenos asociados al cambio climático como la erosión de las playas bajas arenosas (principal atractivo turístico), barras costeras y dunas. Además de la destrucción de muelles, carreteras e infraestructura de apoyo al sector (restaurantes, marinas y hoteles, entre otros) por las marejadas provocadas por los trenes de oleaje y aumento súbito de la marea costera por efecto de huracanes y mal tiempo.

A la fecha, ya se cuenta con evidencia clara de los daños que pueden producir estos fenómenos consecuencia del cambio climático, baste nombrar los huracanes Dean en 2007, Emily y Wilma en 2005 y Gilberto o Isidoro antes de ellos, en la cuenca del Caribe o bien el ciclón México de 1959, John y Linda en los 1990, Kenna en 2002, Ingrid y Manuel en 2013 o Genevieve y Marie en 2014, entre otros, para la costa del Pacífico (Rosengaus Moshinsky et ál., 2002).

En muchas ocasiones, los eventos ciclónicos no son los responsables directos del daño, sino las fuertes lluvias e inundaciones que los acompañan, afectando principalmente a la población en las grandes concentraciones urbanas como Cancún en el Caribe, Acapulco en el Pacífico, o a la población rural en las zonas de mayor dispersión y más difícil atención como en Tabasco en el Golfo de México o Guerrero en el Pacífico, los cuales, además de la pérdida de vidas, ocasionaron detrimentos materiales cuantiosos y largos periodos para recuperar la infraestructura física social y económica, así como la confianza de los turistas.

Ante estas condiciones, se han instrumentado múltiples actividades, algunas específicas en los programas estatales de acción ante el cambio climático (PEACC) y planes de acción climática municipal (PACMUN) (cabe destacar que sólo 4 municipios costeros han completado su plan a febrero de 2014) y otros más en documentos de observancia obligatoria como los programas de ordenamiento territorial (POET). Un instrumento de apoyo en los municipios turísticos es un atlas de riesgo, en el cual se señalan y sistematizan los peligros, la vulnerabilidad de la infraestructura y el manejo de los turistas durante la contingencia (Palacio, 2014).

En el futuro, la única alternativa para estos eventos es la prevención, lo que incluye desarrollar una mejor comprensión de su comportamiento y la previsión mediante la planeación adecuada del desarrollo tanto en la realización de las actividades productivas como en el impulso de nuevos centros urbanos o el crecimiento de los ya existentes. Asimismo, la generación de sistemas de gestión y prevención de riesgo a diversas escalas (familiares, de negocios, locales o municipales).

### 3.3 Acuicultura y maricultura

La creciente demanda de proteína animal en el mundo es una de las mayores preocupaciones ecológicas debido a su impacto en el uso de la tierra y el cambio climático.

El cambio climático en conjunto con la sobrepesca e intensas actividades agrícolas está alterando la calidad fisicoquímica y bacteriológica de la zona costera del Pacifico Mexicano, afectando la condición fisiológica, la salud, la capacidad reproductiva y de recuperación de la población, lo que hace necesario cambios en las prácticas de manejo.

El aumento de la temperatura del agua a menudo genera estrés en los organismos acuáticos y facilita la inmunodepresión aumentando la susceptibilidad de patologías. Al parecer el cambio climático está modificando el equilibrio natural por lo que el incremento de enfermedades es evidente, tal es el caso de la aparición de enfermedades emergentes como Síndrome de la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPNS) o Síndrome de Muerte Temprana (EMS, por sus siglas en inglés), debido a un brote de una o varias cepas de *Vibrio parahaemolyticus* altamente toxico que está ocasionando grandes mortalidades y pérdidas económicas en la industria camaronícola en Asia (Tran et ál., 2013) ya presente en México. Otro caso muy documentado, relacionado y comparable, es que se tienen pruebas de la difusión de dos parásitos protozoarios (*Perkinsusmarinus y Haplosporidiumnelsoni*) (De Silva y Soto, 2009) en dirección norte desde el Golfo de México hacia la bahía de Delaware.

Por otro, es posible que el cambio climático fortalezca algunas especies altamente competitivas ya utilizadas y sume otras con potencial para la acuicultura y maricultura, pero es también real que algunas especies ya cultivadas pierdan o disminuyan su capacidad acuícola. El tipo de repercusión indirecta del cambio climático más evidente y más frecuentemente discutido en el sector acuícola se relaciona con los suministros de harina y aceite de pescado y su uso simultáneo en la acuicultura (Tacon et ál., 2006).

Las secuelas sociales del cambio climático en la acuicultura y los aumentos de los costos, podrían repercutir en los beneficios, a tal punto que algunas actividades acuícolas serían inviables y por lo tanto habría mayor desempleo. En esencia las repercusiones sociales potenciales sobre las pesquerías son múltiples y estriban en el desempleo, la disminución de las ganancias de los pescadores debido a la reducción de las capturas, los cambios en las rutas migratorias y en la biogeografía de las poblaciones y su efecto en el esfuerzo pesquero, los cambios en la tecnología de cosecha y en los costos de elaboración resultantes de la necesidad de capturar especies nuevas.

### 3.4 Pesquerías

La administración de los recursos pesqueros se basa en la asesoría científica que determina las existencias, su disponibilidad, potencial de explotación y medidas de control. Típicamente la ciencia detrás de esta administración se basa en el concepto de población como base científica, lo cual supone que el principal inductor de variación de la abundancia de los recursos es la





pesca, y en consecuencia, que los ecosistemas y la capacidad de carga del ambiente son razonablemente estables, supuestos aceptables por más de 5-6 décadas y que en la época actual, ante el cambio climático, ya no lo son. En México, la Carta Nacional Pesquera [CNP] (DOF 2012), basada en esta ciencia convencional, es el instrumento del gobierno federal que define el estado de explotación de los recursos pesqueros en México, así como los lineamientos, puntos de referencia, normativas y recomendaciones de manejo de los recursos.

El problema en la actualidad es que esta situación ha tenido consecuencias serias pues en varios casos los recursos han disminuido a causa del ambiente, y al ser diagnosticados como sobreexplotados o en deterioro por causa de la pesca, las medidas de manejo no han sido efectivas en la recuperación de los recursos. Esto se observa por ejemplo, en casos como el del camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*) de la Sonda de Campeche, o con especies como el mero (*Epinephelus morio*), las dos pesquerías que históricamente han sido las más importantes del Golfo de México; así como con la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) cuya población decreció abruptamente en la primer década de este siglo. En contraste, algunas poblaciones se han visto favorecidas, como las del pulpo (*Octopus maya y O. vulgaris*) cuya abundancia y rendimiento pesquero ha aumentado considerablemente (Arreguín, 2010; 2012; Del Monte et ál., 2012). En el Banco de Campeche se ha observado un cambio de régimen hacia el final de los años 1970, a través de anomalías de temperatura, salinidad, nivel medio del mar, producción primaria, Oscilación Multidecadal del Atlántico, entre otras; señal que se refleja en los cambios en las tasas de reclutamiento, como en los casos de camarón rosado y el mero, y en las tasas de crecimiento como el caso del pulpo. Otros procesos, como los decrementos de la langosta, se explican cómo efectos indirectos, a través del proceso conocido como cascada trófica. A la fecha, por ejemplo, se sabe que para el Banco de Campeche, la capacidad de carga global ha venido disminuyendo desde la mitad de los años 1980, lo cual explica el estado de varios de los recursos.

Se confirmaron también los efectos significativos de la temperatura sobre la abundancia relativa, expresada por los cambios en las capturas, para más de 40 especies de interés comercial de ambos litorales del país (datos no publicados), habiéndose estimado para todas ellas su vulnerabilidad, mostrándose una clara tendencia a aumentar con el nivel trófico (depredadores tope). Por otro lado, para el Banco de Campeche se ha demostrado que el componente armónico de 67 años explica el 60 % de la variación de la temperatura, en otras regiones del Golfo de México no explica más del 20 % - 30 % de dicha variación (Del Monte et ál., 2012); lo cual se debe a las características oceánicas de la zona. En otras regiones del Golfo de México, otras son las variables que expresan los efectos del cambio climático; particularmente las lluvias y/o las descargas de ríos que aportan nutrientes, y otras sustancias a la plataforma continental. Estas experiencias sugieren que cada región pesquera de México puede tener una asociación y probablemente una respuesta diferencial a los efectos del cambio climático.

Es posible reconstruir la evolución de los ecosistemas en términos de los cambios históricos en su producción relativa asociados a cambio climático. Así por ejemplo, el ecosistema de la Sonda de Campeche presenta en la actualidad un decremento en la capacidad de carga global asociada inversamente al calentamiento después del cambio de régimen ocurrido a mitad de los 1970 (Arreguín et ál., 2015). Si la capacidad de carga es claramente menor en los años recientes, es lógico entonces que un recurso deteriorado y administrado bajo los principios de la ciencia convencional no se recupere.

La adaptabilidad consistirá entonces en estimar la biomasa disponible de acuerdo al estado del recurso e ir modificando la intensidad de pesca de acuerdo con su evolución en el tiempo. Para ello, se requiere un monitoreo continuo de los recursos. Recientemente, Arreguín et ál. (2015) han sugerido un esquema que permite determinar los límites de pesca de un ecosistema a través del deterioro que causa al ecosistema la extracción de biomasa. Los límites de pesca son determinados para cada especie del ecosistema por la tasa de cosecha, definida esta a su vez, como la proporción de biomasa (límite) a extraer en función del tamaño del stock. Esta noción es poco sensible a los efectos de cambio climático dado que la proporción es referida a la biomasa existente en el mar, esto es a la disponibilidad año con año.

Aunque actualmente no se consideran los efectos del cambio climático en la pesca, entender la evolución de los ecosistemas y de los recursos en relación a los efectos de cambio climático permitirá diseñar estrategias específicas para generar una política, en el corto plazo, basada en adaptabilidad de las estrategias de manejo de los recursos pesqueros.

## 4. Adaptación

En los puntos anteriores, se demostró la gran vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático y los numerosos impactos que éste tiene sobre ellas. Para reducirlos, es necesario disminuir la vulnerabilidad y, por ende, implementar medidas de adaptación.

En las zonas costeras, la adaptación al cambio climático implica, como medidas no suficientes pero necesarias, el monitoreo sistemático integral de los impactos del cambio climático, el ordenamiento ecológico y el ordenamiento territorial, entre otros, los cuales deben de desembocar sobre un manejo integrado de las zonas costeras.

### 4.1 Monitoreo, generación de información y modelaciones

"México requiere urgentemente instrumentar programas y estrategias que permitan monitorear (con un enfoque de largo plazo y bajo metodologías comunes) las variables más importantes para poder evaluar el impacto del cambio climático en sus zonas marinas y costeras" (Azuz-Adeath et ál., 2010).

El monitoreo es, en efecto, la base para emprender medidas de adaptación ya que permite obtener los datos necesarios para la generación de información, sin la cual no se puede identificar adecuadamente la vulnerabilidad de las costas y los impactos reales del cambio climático en ellas. Por ejemplo, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), a través de su Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (SIMEC), realiza en distintas zonas de la Península de Yucatán "actividades de monitoreo que pueden revelar información sobre los impactos que podrían estar asociados con el cambio climático global" (CONANP, 2011). Algunas de las variables que se sugiere observar de manera sistemática son la salinidad, el pH, la temperatura del mar, el oleaje, las corrientes, los niveles máximos de marea alta, y la distancia de intrusión del mar durante eventos extremos.

El monitoreo permite también establecer un sistema de alerta temprana para detectar ciclones u otros eventos meteorológicos extremos. Éste está entonces conformado por un "conjunto de herramientas de simulación y predicción hidrometeorológica, que determinan las condiciones de riesgo por marejadas de tormenta y avenidas extremas" de las cuencas con el objetivo de alertar con tiempo suficiente a la población. Lo anterior es un "elemento básico para las autoridades de Protección Civil, en los trabajos de prevención y atención a contingencias por eventos meteorológicos extremos" (Jiménez y Sánchez, 2007).

Los instrumentos para el monitoreo necesitan ser utilizados de manera complementaria y a nivel macro-regional (Muñoz y Le Bail, 2015), con el objetivo de "sistematizar la información oceanográfica nacional para su aplicación en la gestión de riesgos hidrometeorológicos", lo cual permitirá "consolidar la cartografía de riesgos y vulnerabilidad costero-marina nacional" (Buenfil, 2009).

Dicha actividad de monitoreo y generación de información permite establecer modelos y debe "sostenerse y apropiarse localmente" (Buenfil, 2009) pues el impulso por las autoridades locales es fundamental para emprender las medidas apropiadas de adaptación a través del ordenamiento ecológico y territorial.

### 4.2 Conservación, restauración y ordenamiento ecológico

"La capacidad de respuesta ante los efectos esperados del cambio climático en las zonas costeras (aumento del nivel del mar, incremento en la intensidad de huracanes y tormentas) dependerá, en gran medida, del estado de conservación de los humedales" (Buenfil, 2009) y de los demás ecosistemas.

En efecto, los ecosistemas como las dunas, los humedales, los manglares, los arrecifes coralinos, entre otros, "amortiguan





impactos de ciclones, huracanes, mareas altas, inundaciones". Por lo anterior, es fundamental "restaurar y conservar ecosistemas que constituyen barreras naturales" (Buenfil, 2009).

México es "uno de los países con los ecosistemas marinos más frágiles y vulnerables ante los impactos de los fenómenos naturales y de origen antropogénico" (Lara-Lara et ál., 2008), por lo cual la primera medida a implementar es la conservación de estos. Para eso es necesario, en particular, reducir las presiones antropogénicas, a través de un mejor control de la pesca, la acuicultura, la extracción de hidrocarburos y minerales, la transportación marítima, el turismo, el crecimiento urbano y la producción de contaminantes que "ejercen una fuerte presión sobre ambientes frágiles y de gran diversidad biológica", y se suman a los impactos del cambio climático. Sin embargo, las acciones llevadas a cabo revelan hoy ser insuficientes: "el deterioro ambiental, con la consecuente pérdida de hábitats naturales de biodiversidad marina y de muchos recursos socioeconómicos, cada día sigue incrementándose."

De manera paralela, se deben llevar a cabo acciones de restauración. Al respecto, en la Reserva de la Biosfera Celestún, se realizaron programas de rehabilitación de los manglares, recuperando el hidroperiodo y bajando la concentración de sales, por medio de acciones como la apertura de canales y pozos, estableciendo áreas de surcos para permitir el intercambio agua-suelo, creando un vivero de manglar, colectando y sembrando semillas, llevando a cabo un monitoreo sistemático e implicando a la población local con las acciones emprendidas (Magaña, 2011).

En todo caso, "el mantenimiento -o la restauración, en su caso- de la conectividad ecológica entre los habitats (por ejemplo, selvas-manglares-arrecifes de coral-pastos marinos)" (CONANP, 2011) es primordial para mantener la resiliencia de esos ecosistemas. Los conectores biológicos son elementos a escala macro-regional mediante los cuales se pretende mantener o restablecer una continuidad funcional entre los ecosistemas (Bezaury, 2003) al permitir la migración de especies según las variaciones climáticas, los flujos genéticos de las poblaciones, entre otros (CONANP, 2011). Además, estos requieren de "medidas coordinadas para su manejo y conservación" (Bezaury, 2003).

En ese sentido, el ordenamiento ecológico es un una herramienta indispensable que tiene por objetivo "regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, a fin de lograr la protección del medio ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales" (Buenfil, 2009).

No obstante, la expansión de la mancha urbana, la ampliación de las zonas dedicadas a las actividades agropecuarias, la mayor actividad industrial y el crecimiento descontrolado de la infraestructura turística en zonas costeras "han transformado el entorno y desprovisto a los humedales [y demás ecosistemas] de su capacidad para ayudarnos a enfrentar los efectos del cambio climático" (Buenfil, 2009). Si bien no se debe detener las actividades humanas en las costas, "es necesario controlar las actividades que se desarrollan" con el fin de que se "minimicen sus efectos negativos en el ambiente" y se "asegure el mantenimiento de los ecosistemas costeros y sus interconexiones" (Moreno-Casasola, 2005). Por consecuencia, el ordenamiento ecológico tiene sentido únicamente cuando, al mismo tiempo, se desarrolla un ordenamiento territorial.

### 4.3 Ordenamiento territorial

"El acelerado desarrollo de algunas actividades económicas ha inducido un crecimiento desordenado en la zona costera" (SEMARNAT, 2007), generando una gran vulnerabilidad de las poblaciones locales, turistas y ecosistemas ante los impactos del cambio climático. Los impactos (inundaciones, destrucción masiva de infraestructura turística y habitacional, interrupción de servicios, entre otros) de los eventos meteorológicos extremos en Acapulco y otras ciudades costeras del país en el 2012, demostraron claramente la falta de planeación del ordenamiento territorial en dichas zonas del país.

"Las tendencias del uso de suelo, deterioro de las barreras naturales que amortiguan los impactos de las mareas de tormenta, los vientos asociados a huracanes, y la propia erosión de las costas (dunas, arrecifes, manglares entre otros) representan un reto del manejo y conservación del territorio" (Espejel et ál., 2010).

En efecto, la adaptación requiere de encontrar un balance entre el desarrollo costero y la disminución de la vulnerabilidad al cambio climático. Lo anterior implica, de forma prioritaria, un ordenamiento adecuado del territorio de las zonas costeras (Jiménez y Sánchez, 2007). "Técnicamente, el modelo de ordenamiento territorial se construye a partir de estrategias de planificación del uso del suelo en las escalas locales (urbanas y rurales municipales) que se combinan con estrategias de planificación del desarrollo regional y de integración territorial en los ámbitos estatales, regionales y nacionales" (Universidad de Quintana Roo, 2008). La base del ordenamiento territorial en zonas costeras es el entendimiento de "la naturaleza de los peligros costeros en cada área, igual que quiénes, y qué, están o estarán expuestos a estos peligros" (Jacob, 2010). Así, se debe primero "realizar una evaluación de la vulnerabilidad a través de un rigoroso inventario de los peligros". El siguiente paso es "hacer un inventario de lo que está ubicado en estas zonas de peligro" (personas, infraestructura y servicios, entre otros). Finalmente, "se debe hacer un análisis del estado de la infraestructura y de las personas o comunidades en estas zonas". Lo anterior permite entender "la forma en qué políticas, que facilitan la adaptación al cambio climático, se puedan integrar en la estructura normativa y política de la reducción de peligros costeros", y es indispensable para poder tomar decisiones de ordenamiento territorial adecuadas. Esto debe derivar en la designación de zonas no construibles o, en su caso la "reubicación de asentamientos humanos" o infraestructura existentes, que se encuentran actualmente en las zonas más vulnerables a inundaciones o a mareas altas.

Para compensar la falta de planeación, se pueden tomar también medidas correctivas y más drásticas como la "construcción de sistemas de defensa" (diques e infraestructuras de defensa costera) ante inundaciones y mareas altas en zonas costeras urbanizadas o con parques industriales e infraestructuras de importancia estratégica (petrolera, petroquímica y ductos de conducción entre otros), y la "construcción de obras para la protección y conservación de playas que propicien la acreción de arenas y gravas por la acción de las mareas y las olas" (Buenfil, 2009). Sin embargo, es necesario mencionar que estas dos últimas medidas son en gran proporción, artefactos para compensar la pérdida de ecosistemas costeros que brindan los mismos servicios. Además, estas estructuras "generan más confianza de lo que tal vez ameritan, y por lo tanto alientan a personas a establecerse en zonas de peligros costeros" (Jacob, 2010).

Las medidas de adaptación en zonas costeras requieren entonces de un mejor conocimiento de los impactos del cambio climático en ellas, así como la detección de todos los tipos de vulnerabilidad (ecosistémica, infraestructural y humana, entre otros). Para reducir ésta, es necesario conservar y restaurar los ecosistemas costeros y definir programas de ordenamiento territorial a largo plazo. Ahora bien, "la aplicación de políticas públicas hacia estas zonas ha sido fragmentada y dispersa – incluso a veces contradictoria – lo que no permite un marco adecuado para el desarrollo sustentable y tampoco promueve la protección, el aprovechamiento, la valoración y el conocimiento de los recursos de la forma en que lo requiere esta porción fundamental y mayoritaria del territorio nacional" (Martínez-Arroyo, 2010). Finalmente, para que el manejo de las zonas costeras sea coherente, debe considerarse de manera integrada a nivel macro-regional. "Parece pertinente que desde una óptica global, todos los instrumentos de planificación frente al cambio climático se inserten en estrategias de GIZC" [Gestión Integral de las Zonas Costeras] (Chica, 2010). La GIZC es un "proceso dinámico por el cual se toman las decisiones para el desarrollo y protección de las áreas costeras y los recursos, para lograr las metas establecidas en cooperación con el grupo de usuarios y autoridades" (Yánez-Arancibia, 2000). Con ella, se busca impulsar el desarrollo sustentable de las áreas costeras y marinas, reducir los peligros y riesgos naturales a que están sujetas tanto las áreas costeras como sus habitantes, mantener los procesos ecológicos esenciales, resolver y disminuir los conflictos que se generan por el uso del espacio y de los recursos, y armonizar las oportunidades de desarrollo con la conservación de los ecosistemas costeros. Debe considerar los tres aspectos del desarrollo sustentable: i) ecológico, protegiendo la integridad y funcionalidad de los ecosistemas, con el fin de no rebasar la capacidad de carga de los mismos, mantener la biodiversidad y coadyuvar en el mantenimiento de los sistemas globales de vida del planeta; ii) económico, impulsando un crecimiento con equidad y eficiencia en el uso de los recursos y la mejoría económica de la población local, y iii) social, promoviendo la participación, la movilidad y la cohesión social, así como la identidad cultural y la mejoría de la calidad de vida (Moreno, 2005).

Finalmente, la visión integrada del GIZC es fundamental e implica que las decisiones se tomen "en cada uno y en todos los sectores para la zona costera (pesca, producción de energéticos, transporte, turismo, calidad de agua, conservación, entre otros) al igual que en todos los niveles de gobierno (federal, estatal y municipal)" (Rosete et ál., 2006), con la finalidad de actuar de manera armónica entre sí y ser consistentes con las políticas costeras de la nación.





## Conclusiones

Las costas mexicanas son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático.

Por un lado, los ecosistemas costeros son los principales afectados por las tormentas, huracanes, inundaciones, erosión, acidificación del océano, aumento de la salinidad del agua, hipoxia, y efectos colaterales como el desarrollo de florecimientos algales nocivos, la variabilidad microbiana y bacteriana, y el establecimiento y la extensión del área de distribución de las especies invasoras. Los arrecifes de coral, así como los manglares y humedales, son de los ecosistemas más impactados por el cambio climático, además de recibir fuertes presiones de origen antropogénico. Lo anterior reduce ampliamente la resiliencia de dichos ecosistemas y, a su vez, aumenta la vulnerabilidad de las actividades humanas.

La disminución de la cobertura vegetal, aunado al insuficiente ordenamiento del territorio, propician amplios desastres naturales en las costas. Si bien el número de muertes humanas disminuye con el tiempo, estos son cada vez más costosos en términos económicos (destrucción de las infraestructuras costeras, afectación de los servicios, disminución de las actividades económicas como turismo, pesca, acuicultura, entre otras). Tomando en consideración las modelaciones y previsiones de la evolución del riesgo climático en las costas, es necesario y urgente implementar medidas de adaptación.

La primera medida a tomar consiste en ampliar el monitoreo en las costas, con el fin de tener un mejor conocimiento de los impactos del cambio climático y poder tomar las decisiones apropiadas. Por otro lado, se debe cuidar más a los ecosistemas costeros, los cuales fungen como barrera natural y protegen a las instalaciones humanas, o, en su caso, emprender acciones de restauración, teniendo siempre en cuenta la gran importancia de la conectividad de los ecosistemas. La adaptación implica también un mejor ordenamiento territorial a largo plazo, para establecer una mejor relación entre actividades humanas y ecosistemas, así como para protegerlas de las numerosas amenazas que conlleva el cambio climático.

Por último, para orientarse hacia un desarrollo costero sustentable, es imprescindible implementar un manejo integral de las zonas costeras a escala regional y local, en el cual participen los tres órdenes de gobierno, así como las instituciones académicas, las organizaciones de la sociedad civil y el sector empresarial.

## Referencias

**Álvarez**-Filip, L., Millet-Encalada M. & Reyes-Bonilla, H. (2009). Impact of Hurricanes Emily and Wilma on the coral community of Cozumel Island, Mexico. *Bulletin of Marine Science* (Vol. 84, pp. 295-306).

**Arreguín**-Sánchez F., (2010). Cambio climático y el colapso de la pesquería de camarón rosado (Farfantepenaeus duorarum) de la sonda de Campeche: (pp. 399-410). En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, G.J. Villalobos y L. Alpuche (Eds.). *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche

**Arreguín**-Sánchez, F. (2012). The Dynamics Linking Biological Hierarchies, Fish Stocks, and Ecosystems: Implications for Fisheries Management: (pp. 501-516). In S. E. Jørgensen & F. Jordán (Eds.). *Models of the Ecological Hierarchy: From Molecules to the Ecosphere*. Elsevier B.V

**Arreguín**-Sánchez F., del Monte-Luna, P. & Zetina-Rejón, M.J. (2015). Climate change effects on aquatic ecosystems and the challenge for fishery management: Pink Shrimp of the Southern Gulf of Mexico. Fisheries (accepted).

**Azuz**-Adeath, I., Fermán, J.L. Espejel, I., Rivera-Arriaga, E., Seingier, G. y Vázquez G. C. (2010). Antecedentes del proceso de construcción de indicadores para la gestión costera y marina ante el cambio climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino: (p. 873-900). En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (Eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche.

**Azuz**-Adeath, I. & Muñoz Sevilla, N. P. (2010) From an Environmental Strategy to a National Integrated Coastal and Ocean Policy. The Successful Mexican Experience. Presentación dada en el marco de Littoral - Adapting to global change at the coast. Londres, pp. 21-23 de Septiembre de 2010.

**Belvalkar**, M. (2012). Lionfish adaptations. Recuperado en: <www.buzzle.com/articles/lionfish-adaptations.html>.

**Bezaury**, C. (2003). Integración de las áreas naturales protegidas municipales, estatales, federales y no gubernamentales en un sistema regional. En *Hacia una evaluación de las áreas naturales protegidas del trópico mexicano*. Xalapa, Veracruz: Centro de Investigaciones Tropicales, Universidad Veracruzana.

**Blanchon**, P., Iglesias-Prieto, R., Jordán Dahlgren, E. y Richards, S. (2008). Arrecifes de coral y cambio climático global: Vulnerabilidad de la zona costera del estado de Quintana Roo. En A. Vázquez, *Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos, informe final*, número de registro: ine/a1-051/2008

**Blanchon**, P., Iglesias-Prieto, R., Jordán Dahlgren, E. y Richards, S. (2010). Mitigación, adaptación y costos en los arrecifes de coral y cambio climático. En A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J. L Rojas-Galaviz, (Eds.). *Vulnerabilidad de las costas mexicanas ante el cambio climático*. Gobierno del Estado de Tabasco, Semarnat-INE, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche.

**Botero**, C., Pereira-Pomarico, C., y Cervantes, O. (2014). Estudios de calidad ambiental de playas en Latinoamérica: Revisión de los principales parámetros y metodologías utilizadas. Investigación ambiental. México. *Ciencia y Política Pública*. 5(2).

**Buenfil**, F. (2009). Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México, Volumen I. Distrito Federal, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, ISBN 978-968-817-928-4

**Calderón**, A. y Reyes, B. (2005). Arrecifes, una interacción de bella complejidad. *Ciencia y Desarrollo* (Vol. 30, pp. 7-11).

**Carricart**, G. (noviembre, 2013). El futuro de los arrecifes de coral. *Ecofronteras* (Vol. l, pp. 15-17).

**Chica**-Ruíz, J.A., (2010). Cambio climático y gestión costera en España. Un análisis de instrumentos. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (Eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino (pp. 773-788). Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche.

**Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas** (CONANP) y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.-The Nature Conservancy. (2011). *Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo del Caribe de México*. México: Autor.

**Consejo Nacional de Población** (CONAPO). (2014). *Proyecciones de población de las entidades federativas de México*. Distrito Federal, México: Consejo Nacional de Población.

**Cortés**-Altamirano, R. y Licea-Durán, S. (2004). Decoloración en proliferaciones de microalgas como parámetro bioindicador en la Bahía de Mazatlán, México. *Revista de Biología Tropical* (52 (Supl. 1) , pp. 27-34).

**Daszak**, P., Cunningham, A. A. & Hyatt, A. D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife threats to biodiversity and human health. *Science* (287, pp. 443–449).





**Day**, J., Yáñez-Arancibia, A., Cowan, J., Day, R., Twilley, R. & Rybczyk, J. (2009). Global climate change impacts on coastal ecosystems in the Gulf of Mexico: Considerations for integrated coastal management, In J. W. Day & A. Yáñez (Eds.), The Gulf of Mexico Ecosystem-based Management. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. (Chapter 14). College Station, Texas: TX A & M University Press.

**De la Lanza**-Espino G., Alcocer, D., Moreno, R. y Pulido, H. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica* (18, pp. 21-30).

**De la Lanza**-Espino, G., Gómez, R. . y Hernández, P. (2010). Vulnerabilidad de la zona costera. Fisicoquímica. En A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas-Galaviz (Eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático* (pp. 15-36). SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche.

**De Silva**, S., & Soto, D. (2009). Climate change and aquaculture: potential impacts, adaptation and mitigation. Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* (530, pp. 151-212).

**Del Monte**-Luna P., Guzmán-Hernández, V., Cuevas, E., Arreguín-Sánchez, F. & Lluch-Belda, D. (2012). Effect of North Atlantic climate variability on Hawskbill turtles in the Southern Gulf of Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* (412, pp. 103–109).

**Diaz**, R. & Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia - review of ecological effects and behavioral responses on macrofauna. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review* (33, pp. 245-303).

**Diario Oficial de la Federación (DOF)**. (2012). Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. Viernes 24 de agosto de 2012. Gobierno de la República de los Estados Unidos Mexicanos.

**Douglas**, B. (1997). Global Sea Rise: A Redetermination. Surveys in Geophysics (18, pp. 279-292).

**Edwards**, R., & Contreras-Balderas, S. (1991). Historical changes in the ichthyofauna of the Lower Rio Grande (río Bravo del Norte), Texas and Mexico. *Southwest. Nat* ( 36(2), pp. 201-212).

**Emanuel**, K. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* (436, pp. 686-688).

**Environmental Protection Agency (EPA)**. (2008). Effects of climate change on aquatic invasive species and implications for management and research. Environmental Protection Agency-National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development-U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. EPA/600/R-08/014.

**Espejel**, I., Delgado-Gonzalez, O., Seingier, G., Leon, C., Rosete, F., Arredondo-García, M. C., Garcia-Gastelum, A. … (2010). Ordenamiento ecológico territorial y desarrollo costero. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos (Eds.). *Cambio Climático en México: un Enfoque Costero-Marino* (pp. 533-544). Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche.

**Ezcurra**, E. (2010). Impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos en México. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. *GreenPeace*.

**Fichez**, R. (2013). *Protection et développement durable des littoraux au Mexique*. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos Institut de Recherche pour le Développement.

**Flegel**, T., Sriurairatana, S., Wongteerasupaya, C., Boonsaeng, V., Panyim S. & Withyachumnarnkul, S. (1995). Progress in characterization and control of yellow head virus of Penaeus monodon. In C. Browdy & S. Hopkins (Eds.), *Swimming through troubled water. Proceedings of the special session on shrimp farming* (pp. 76-83). Baton Rouge: Aquaculture 95, World Aquaculture Society.

**Fourqurean**, J., Duarte, C., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M., Apostolaki, E. (2012) ... Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* (5, pp. 505-509).

**Frausto**, O. y Rojas, J. (2013). *La observación urbana en ciudades Latinoamericanas*. UQROO – CONACYT – Universidad Nacional del Litoral.

**Frausto**, O. (2014). *Monitoreo de riesgo y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático*. UQRO O – REDESCLIM – CONACYT.

**Gallegos**-Martínez, M.E. (2010). Efectos del cambio climático sobre las praderas de pastos marinos, En A.V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas-Galaviz (Eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático* (pp. 189-210). SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche.

**Gama**, L., Ortiz-Pérez, M., Moguel-Ordoñez, E., Collado-Torres, R., Diaz-López, H., Villanueva-García, C. y Macías-Valadez, M. (2011). *Floodriskassessment in Tabasco, Mexico*. Doi: 10.2495/WRM110561

**Graham**, W., Martin, D., Felder, D., Asper V. & Perry, H. (2003). Ecological and economic implications of a tropical jellyfish invader in the Gulf of Mexico. *Biol. Invasions* (5, pp.53-69).

**Gutiérrez**, M., De la Fuente, M. y Cervantes, M. (2000). Biomasa y densidad de dos especies de pastos marinos en el sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* (48, pp.313-316).

**Hare**, J. & Whitfield, P. (2003). An integrated assessment of the introduction of lionfish (*Pterois volitans*/miles complex) to the western Atlantic Ocean. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS. p. 21.

**Hellmann**, J., Byers, J., Bierwagen, B. & Dukes, J. (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation. Biology* (22(3), pp. 534-543).

**Hendrickx**, M., Brusca, R., Cordero, M.,& Ramírez, G. (2007). Marine and brackish-water molluscan biodiversity in the Gulf of California, Mexico. *Scientia Marina* (71, pp. 637-647).

**Hernández** de la Torre, B., Gaxiola, C., Álvarez, B. y Aguirre, G. (2007). Variabilidad interanual de la producción nueva (1970-2005) frente a Baja California en relación a la oscilación decadal del Pacífico. *Benigno*.

**Hernández** de la Torre y Gaxiola, C. G. (Eds.). (s/f). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. Instituto Nacional de Ecología (pp. 319-334), (PA: 64903).

**Herrera**-Silveira, J.A., Morales-Ojeda, S.M. y Cortes-Balan, T. O. (2011). Eutrofización en los ecosistemas costeros Del Golfo de México, V.1. SEMARNAT-NOAA-GEF-UNIDO.

**Horta**, P. G. y Tello, M. J. (2009). Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final. México D. F. SNIB-CONABIO proyecto No.DM005.

**Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)**. (2014). Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484

**Iglesias**-Prieto R. & Trench, R. K. (1994). Adaptation and acclimation to irradiance in symbiotic dinoflagellates I. Response of the photosynthetic unit to changes in photon flux density. *Marine Ecology Progress Series* (113, pp. 163-175).

**Iglesias**-Prieto R., Matta W., Robins W. & Trench R. (1992). Photosynthetic response to elevated temperature in the symbiotic dinoflagellate Symbiodinium microadriaticum in culture. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA (89, pp.10302-10305).

Iglesias-Prieto, R. (31 de enero 2005). Calentamiento global y blanqueamiento de coral. En *La Jornada Ecológica*, Número especial Diciembre-Enero.

**Ihl**, T. y Frausto, O. (2014). El Cambio climático y los huracanes en la península de Yucatán. En Frausto, O. (Coord.). *Monitoreo de riesgo y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático:* (pp.42- 49). UQRO O – REDESCLIM – CONACYT.

**Jacob**, J. (2010). Urbanización resiliente – primera respuesta al cambio climático en las costas del Golfo de México. En Yañez-Arancibia, A. (Ed.). *Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera*. México: Instituto de Ecología A.C. (INECOL). Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

**Jaimes**, T., Reinoso, A., Ordaz, S., M., Huerta, G., Avelar, F., y Niño, L. (2009). Mapas de pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y huracanes. Presented at the XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Sociedad mexicana de ingeniería sísmica. p.13.

**Jiménez**, H. y Sánchez, G. (2007). *Ordenación urbana litoral y prevención ante desastres de inundación en los municipios de Tamaulipas, México*. En El Sistema de Alerta Temprana contra Eventos Meteorológicos Extremos (SATEME): (pp. 61-66). Ciudad Victoria, México: Revista Ciencia-UAT, Nº 4, Universidad Autónoma de Tamaulipas. ISSN.: 2007-0624

**Jordán**-Dahlgren, E. (1988). Arrecifes profundos en la Isla de Cozumel, México. An. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM (15, pp. 195-208).

**Jordán**-Dahlgren, E., Maldonado, M. A. & Rodríguez-Martínez, R. (2005). Diseases and partial mortality in Montastraea annularis species complex in reefs with differing environmental conditions in the NW caribbean and Gulf of Mexico. *Diseases of Aquatic Organisms* ( 63(1), pp.3-12).

**Lara**-Flores, M. (2010). *Importancia de la diversidad y ecología marina microbiana en los ecosistemas marinos costeros*. En Rivera, A. E., Azuz-Adeath, I., Alpuche, G. y Villalobos-Zapata, G. J. (Eds.). Cambio climático en México: un enfoque costero y marino (pp. 278-290). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad. Gobierno del Estado de Campeche. 944 p.

**Lara**-Lara, J., Arreola, J., Calderón, L., Camacho, V., De la Lanza, G., Escofet, A., Espejel, M., Guzmán, M., Ladah, L., López, M., Alf Meling, E., Moreno, P., Reyes, H., Ríos, E., Zertuche, J. (2008). Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. México: CONABIO.

**Lesser**-Hiriart, H. (1984). Prospección sistemática y ecológica de los moluscos bentónicos de la plataforma continental del Estado de Guerrero (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias-UNAM, Distrito Federal, México.

**Lewsey**, C., Cid, G. & Kruse, E. (2004). Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean. Mar. *Polic* ( 28, pp. 393–409).

**Magaña**, V. (2011). Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Humedales del Golfo de México. D. F., México: INE SEMARNAT UNAM BM UAM.





**Martínez**-Arroyo, A. (2010). *Cambio Climático y políticas públicas ambientales en zonas costeras y marinas*. En Yañez-Arancibia, A. (Ed.). Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera. México: Instituto de Ecología A.C. (INECOL). Texas Sea Grant Program. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

**Martínez**-López, A. Álvarez-Gómez, I.G. & Durazo, R. (2012). Climate variability and silicoflagellate fluxes in Alfonso Basin (Southern Gulf of California). *Botanica Marina* ( 55(2), pp. 177-185).

**Martinez**-Urtaza, J., Bowers, J. C., Trinanes, J. & DePaola, J. (2010). Climate anomalies and the increasing risk of Vibrio parahaemolyticus and Vibrio vulnificus illnesses. *Food Research International, special Issue Climate Change and Food Science* ( 43(7), pp. 1780–1790). DOI: 10.1016/j.foodres.2010.04.001

**McNeely**, J. (2000). The future of alien invasive species: Changing social views. En H.A. Mooney y R.J. Hobbs (Eds.). *Invasive species in a changing world:* (pp. 171-190). Island Press, Washington, DC.

**Mendoza**, R., Arreaga, N. Hérnandez, J.E. Segovia, V. Jasso I. & Pérez D. (2011). Aquatic invasive species in the río Bravo /laguna Madre ecoregion. Commission for Environmental Cooperation, Montreal.

**Mendoza**-Alfaro, R., & Álvarez-Torres, P. (2012). Gulf of Mexico large marine ecosystem: Resources at risk from climate change, en K. Sherman y G. McGovern (eds.), Frontline observations on climate change and sustainability of large marine ecosystems. Large marine ecosystems, vol. 17. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York (pp. 135-169).

**Moreno**-Casasola, P., y Peresbarbosa Rojas, E. Manejo Integral de la Zona Costera. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa Rojas E., Travieso Bello, A.C. (Eds). (2005). Manejo costero integral: el enfoque municipal. Instituto de Ecología (1266 pp.) A.C. ISBN 970-709-039-1

**Morris**, J. Jr., & Akins, J. (2009). Feeding ecology of invasive lionfish (Pterois volitans) in the Bahamian archipelago. Environ. Biol. Fishes (86, pp. 389-398).

**Morzaria**-Luna, H., Turk-Boyer, P., Rosemartin, A. & Camacho-Ibar, V. F. (2014). Vulnerability to climate change of hypersaline salt marshes in the Northern Gulf of California. Ocean & Coastal Management (93, pp. 37-50).

**Mumby**, P., Edwards, A.,. Arias-González, J., Lindeman, K., Blackwell, P., Gall, A., Gorczynska, M., Harborne, A., Pescod, H., Renken, C., Wabnitz C. & Llewellyn, G. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. Letters to Nature, Nature (427, pp. 533-536).

**Muñoz** Sevilla, N., Le Bail, M. (2015). Seguridad costera y nuevos avances tecnológicos. En: El Golfo de México y el Caribe - Su vida y su futuro, en nuestras manos, La Jornada Ecológica, Edición: Laura Angulo, 3 de febrero de 2015.

**Nava**-Sánchez E.H., Martínez-Flores G., Murillo-Jiménez J.M, Morales-Pérez R.A. y Godínez-Orta L. (2012). Capítulo 5. Vulnerabilidad y evaluación de riesgo en la zona costera mexicana (pp. 139-156). En: Ramírez-León H., Navarro-Pineda J. M. y Barrios-Piña H. A. (Eds), Dinámica ambiental de ecosistemas acuáticos costeros. Elementos y ejemplos prácticos de diagnóstico. Instituto Politécnico Nacional. 680 p. (ISBN: 978-607-414-339-3).

**Nava**-Sánchez, E.H., Martínez-Flores, G. y Navarro Lozano, J.O. (2013). Erosión en la playa sur de la ciudad de Loreto, BCS por influencia antropogénica. Primer Congreso Internacional, Agenda Verde del SNIT. Noviembre 2013, Cabo San Lucas, BCS.

**Nicholls**, R. & Mimura, N. (1998). Regional issues raised by sea-level rise and their policy implications. Clim. Res (11, pp.5–18).

**Orth R**., Carruthers, T., Dennison, W., Duarte, C., Fourqurean, J., Heck, Jr., K., Hughes, A., Kendrick, G., Kenworthy, G., Olyarnik, S., Short, F., Waycott, M. & Williams, S. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. Bioscience (56, pp. 987-996).

**Ortiz**-Pérez, M., Méndez Linares, A. & Hernández Santana, J. (2009). Sea-level rise and vulnerability of coastal low-land in the Mexican area of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. In: J. W. Day, A. Yáñez-Arancibia (Eds.), The Gulf of Mexico: Ecosystem-based Management. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. Texas A & M University Press, College Station, TX.

**Padilla** Souza, C., Alafita-Vásquez, H. y Andreu-Montalvo, E. (2010). Factores de riesgo para los arrecifes coralinos y sus mecanismos de respuesta ante los efectos del cambio climático global (pp. 181-204). En: Rivera-Arriaga, E. Azuz-Adeath, I. Alpuche Gual, L. y Villalobos-Zapata, G.J. (eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p. ISBN 978-607-7887-20-1.

**Palacio**, A. (2014). El uso de los atlas en el estudio regional y local de los peligros de origen natural en Campeche. En: Frausto, O. (Coord.). Monitoreo de riesgo y desastre asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos y cambio climático. UQRO O – REDESCLIM – CONACYT (pp. 49 – 56).

**Pereira** Corona, A., Prezas H.B., Olivares M., J.A., Fragoso S.P. (2008). Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe (Pronóstico) (No. Final). Universidad de Quintana Roo, Chetumal, México.

**Pereira** Corona, A., Prezas H., B., Olivares M., J.A., Fragoso S., P., Niño T., C.A. (2013). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (Quintana Roo) - StatewideProgram of ActiononClimateChange (Quintana Roo), 1st ed. Universidad de Quintana Roo, Quintana Roo, México.

**Pereira**, H., Leadley, P., Proenca, V., Alkemade, R., Scharlemann, J., Fernández-Manjarrés, J. Araujo, M., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W., Chini, L., Cooper, H., Gilman, E., Guénette, S., Hurtt, G., Huntington, H., Mace, G., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, r., Sumaila R. & Walpole M. (2010). Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. Science (330, pp.1496-1501).

**Rabalais**, N. (2002). Nitrogen in aquatic ecosystems. Ambio (31, pp.102–112).

**Rabalais**, N., Diaz, R., Levin, L., Turner, R., Gilbert, D. & Zhang, J. (2010). Dynamics and distribution of natural and human-caused coastal hypoxia. Biogeosciences (7, pp. 585-619).

**Rabalais**, N., Cai, W., Carstensen, J. Conley, D., Fry, B., Hu, X., Quiñones-Rivera, Z., Rosenberg, R., Slomp, C.P., Turner, R., Voss, M., Wissel, B. & Zhang, J. (2014). Eutrophication-driven deoxygenation in the coastal ocean. Oceanography 27(1):172–183, Disponible en: http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2014.21.

**Rahel**, F. & Olden. J. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. Conserv. Biol. 22(3):521- 533.

**Ríos**-Jara, E., López-Uriarte, E., Pérez-Peña, M y E. Juárez-Carrillo. (2003). Nuevos registros de escafopodos para la costa de Jalisco y Colima, México. Hidrobiológica 13(2): 167-170. (ISSN 0188-8897).

**Ríos**-Jara, E., López-Uriarte, E. & Galván-Villa, C. (2008). Bivalve mollusks from the continental shelf of Jalisco and Colima, Mexican central Pacific. American Malacological Bulletin ( 26, pp. 119-131), (ISSN 0740-2783 290).

**Rivera**-Arriaga, E. Azuz-Adeath, I., Alpuche Gual L. y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). (2010). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. 944 p. ISBN 978-607-7887-20-1.

**Rosengaus** Moshinsky, M., Jiménez Espinosa, M., Vázquez Conde, M., Centro Nacional de Prevención de Desastres (México), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2002). Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. CENAPRED : IMTA, México.

**Rosete** Vergés, F. A., Enríquez Hernández, G., Córdova y Vázquez, A. (2006). El ordenamiento ecológico marino y costero: tendencias y perspectivas. Gaceta Ecológica ( núm. 78, pp. 47-63). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México.

**Sánchez**, A., Ortiz-Hernández, Ma. C., Talavera-Saenz, A., & Aguíñiga-García, S. (2013). Stable nitrogen isotopes in turtle grass Thalassia testudinum from Mexican Caribbean: implications of anthropogenic development. Estuarine Coastal and Shelf Science (135, pp. 86-93).

**Schofield**, P. (2009). Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (Pterois volitans [Linnaeus 1758] and P. miles [Bennett 1828]) in the western north Atlantic and Caribbean Sea. Aq. Inv. (4(3), pp. 473-479).

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)**.( 2007). El ordenamiento ecológico del territorio en mares y costas.

**Secretaría de Turismo (SECTUR)**. (2013). Resultados de la Actividad Turística. Secretaría de Turismo, México, D.F.

**Smith III**, T.J., Anderson, G. H. Balentine, K. Tiling, G. Ward, G. A. Whelan K. R. T. 2009. Cumulative impacts of hurricanes on Florida mangrove ecosystems: Sediment deposition, storm surges and vegetation. Wetlands (29(1), pp. 24-34).

**Sorte**, C., Williams, S. & Zerebecki, R. (2010). Ocean warming increases threat of invasive species in a marine fouling community. Ecology (91, pp. 2198-2204).

**Tacon**, A., Hasan, M. & Subasinghe, R. (2006). Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications.

**Tran**, L., Nunan, L., Redman, R., Mohney, L., Pantoja, C., Fitzsimmons, K. & Lightner, D. (2013). Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. Diseases of aquatic organisms (105, pp. 45-55).

**Universidad de Quintana Roo**. (2008). Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. INE-SEMARNAT. Chetumal, Quintana Roo, México ( 214 pp.).

**Van Tussenbroek**, B., Cortes, J., Collin, R., Fonseca, A., Gayle, P., Guzmán, H., Jácome, G., Juman, R., Koltes, K., Oxenford, H., Rodríguez-Ramírez, A., Samper-Villarreal, J., Smith, S., Tschirky, J. & Weil, E. (2014). Caribbean-Wide, Long-Term Study of Seagrass Beds Reveals Local Variations, Shifts in Community Structure and Occasional Collapse. PLoS ONE 9(3): e90600.

**Van Tussenbroek**, B. (2011). Dynamics of seagrasses and associated algae in coral reef lagoons. Hidrobiológica (21 (3), pp. 293-310).

**Vázquez** Botello, A., Sánchez-Cabeza, J., Villanueva, S. (2012). Efectos del cambio climático en las zonas costeras de México, La Jornada Ecológica (Número especial, 1 de octubre de 2012).

**Vergara** Tenorio, M., Ellis, E., Aguilar, J.A., Alarcón Sánchez, L. del C. Galván del Moral, U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y la percepción del riesgo ambiental. Política y Cultura (número 36, pp. 45–69). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Distrito Federal, México.





**Walther**, G., Roques, A., Hulme, P., Sykes, M., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., Czúcz, B., Dauber, J., Hickler, T., Jarošík, V., Kenis, M., Klotz, S., Minchin, D., Moora, M., Nentwig, W., Ott, J., Panov, E., Reineking, B., Robinet, C., Semenchenko, V., Solarz, W., Thuiller, W., Vilà, M., Vohland, K., Settele, J. (2009). Alien species in a warmer world: Risks and opportunities. Trends Ecol.Evol. (24(12), pp. 686-693).

**Waycott**, M., Duarte, C., Carruthers, T., Orthd, R., Dennison, W., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J., Heck Jr., K., Hughese, R., Kendrick, G., Kenworthy, J., Short, F. & Williams, S. (2009). "Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems." PNAS (106(30), pp. 12377-1238).

**Yáñez**-Aranciabia, A. (2000). Coastal Management in Latin America. En: C. Sheppard (ed.). Seas at the Millenium: An Environmental Evaluation. Elsevier Science (pp. 457-466).

**Yáñez**-Arancibia, A., Day, J., Twilley, R., y Day, R., (2010). Los manglares frente al cambio climatico, ¿tropicalizacion global del Golfo de México? In: Yáñez-Arancibia A. (Ed.) Impactos del Cambio Climático sobre la Zona Costera. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México.

**Zerebecki**, R., & Sorte, C. (2011). Temperature tolerance stress proteins as mechanisms of invasive species success. PLoS ONE 6(4):e14806. doi:10.1371/journal.pone.0014806.

# Capítulo 5

## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

**Autores líderes:**

Alejandro Ismael Monterroso Rivas[32], Jesús David Gómez Díaz[32].

**Autores colaboradores:**

Cuauhtémoc Sáenz Romero[30], Salvador Emilio Lluch Cota[16], Rosario Pérez Espejo[31], Cristian Javier Salvadeo[16], Daniel Bernardo Lluch Cota[16], Romeo Edén Saldívar Lucio[16], Germán Ponce Díaz[16], Citlalin Martínez Córdova[31], Guillermo Ramírez-García[70], Julio Baca del Moral[69].

[16]CIBNOR Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C, [30]UMSNH Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [31]UNAM IIE Instituto de Investigaciones Económicas, [32]UACh Universidad Autónoma de Chapingo, [69]UACh CRUPY Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán, [70]UACh CRUNO Centro Regional Universitario del Noroeste.

**Palabras clave:** Seguridad alimentaria, producción de alimentos, agricultura, bosques, pesca.

## Resumen

México tiene un déficit en la balanza comercial agroalimentaria y el sector agropecuario es uno de los sectores más vulnerables ante el cambio climático, asociado a esto, el reto de la seguridad alimentaria es aún mayor. Para abordar esta problemática se analizan las predicciones enfocadas a los efectos del cambio climático en la agricultura, pesca y forestería. Para la agricultura, los resultados en general concuerdan con una posible reducción en las áreas con aptitud para el establecimiento de cultivos, reducción de rendimientos de cultivos, y reducción del periodo de crecimiento asociado a la disminución del número de días con humedad disponible. Los impactos en las pesquerías están asociados principalmente a los cambios ambientales que afectan la distribución y abundancia de las poblaciones objeto de explotación, por lo que se pueden esperar diferentes respuestas. En el sector forestal, se estima la declinación de las masas arboladas, inducida principalmente por estrés hídrico asociado a eventos de sequía y por el ataque de plagas y enfermedades, debido al estado de debilitamiento de los árboles causado por el estrés hídrico. Además, se indican recomendaciones multidisciplinarias y multicriterios para atender la problemática de cada uno de los sectores involucrados en la producción de alimentos.





## Introducción

México cuenta con un territorio de 198 millones de hectáreas, de las cuales, 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria, de éstas, 26 millones están declaradas como tierras de cultivo y 115 millones son tierras de agostadero, y la superficie con vegetación de bosques y selvas ocupan 45.5 millones de hectáreas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación -SAGARPA-, 2007, 2013). El sector agropecuario mexicano en conjunto con la actividad industrial alimentaria tiene una participación de 8.4 % del Producto Interno Bruto (PIB) y emplea al 13.7 % de la población económicamente activa, con 6.7 millones de personas.

La agricultura se realiza en casi 4 millones de unidades productivas que ocupan aproximadamente 22 millones de hectáreas, que corresponde al 11 % del territorio nacional, y de ellas 5.7 millones son de riego y 16.3 millones de temporal (SAGARPA, 2013). El 66 % de la actividad agropecuaria se realiza en unidades menores a 5 hectáreas, con mayor presencia en el centro y el sur-sureste y solo 240 mil unidades (6 %) son altamente eficientes y rentables, dedicadas principalmente al cultivo de hortalizas, frutales y productos orgánicos, con producciones orientadas a los mercados internacionales. El 18 % de las unidades están en transición hacia un nivel alto en productividad y competitividad, y se dedican principalmente a cultivos básicos. Un amplio sector –con más de 3 millones de unidades de producción– genera principalmente maíz y frijol para autoconsumo en condiciones de minifundismo, escasa tecnología y nulo acceso al financiamiento.

En lo que se refiere a ganadería constituye el principal uso del suelo en el país, que representa el 58 % del territorio nacional. Se desarrolla bajo diferentes contextos agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción. En lo general, los sistemas productivos se clasifican como tecnificados, semi tecnificados y tradicional o de traspatio (SAGARPA, 2000).

El sector agropecuario es el principal usuario del agua y del suelo: la agricultura de riego utiliza 78 % del agua extraída en el país y la ganadería 2 %. Lo anterior pone de manifiesto la gran dependencia del bienestar social de la agricultura y ganadería y al impacto de la disponibilidad del agua en el sector.

Referente a la producción nacional pesquera en 2010, el volumen alcanzo 1.62 millones de toneladas, de las cuales por captura representó el 86 % y la acuacultura 14 %. En el Pacífico se obtuvo el 76.5 % de los productos de la pesca, en el Golfo y Caribe el 21.2 % y de entidades sin litoral el 2.3 %. El destino de los productos pesqueros fue 76.9 % para consumo humano; 22.7 % para consumo humano indirecto y 0.4 % para uso industrial. En la pesca por captura predomina la sardina, camarón, atún, mojarra y ostión y en la producción acuícola predominan el camarón, mojarra, ostión y carpa. (INE, 2012; INEGI, 2011; SAGARPA, 2007).

Estudios para México muestran que la agricultura de temporal y el sector primario en general son vulnerables a los impactos del cambio climático (Appendini y Liverman, 1994; Conde et ál., 1997; Feng, Krueger y Oppenheimer, 2010; Luers et ál., 2003; Monterroso et ál., 2011, 2014; Ruiz et ál., 2011; Ureta et ál., 2012), aunque se señala que aún existe mucha incertidumbre asociada a los escenarios de cambio climático y su aplicación sobre los sectores productivos (Estrada, Gay y Conde, 2012a). Para México, los posibles impactos por el cambio climático han sido más estudiados en la producción agrícola y los sistemas forestales, no así para la producción ganadera y la pesca.

## 1. Impactos observados y proyectados ante el cambio climático en la producción de alimentos

### 1.1 Actividades agrícolas

Los estudios de impactos del cambio climático sobre la agricultura de México tienen más de dos décadas, incluyendo también a la variabilidad climática. Los estudios dominantes han sido sobre la ocurrencia de sequías y los impactos del Niño de Sur (ENSO). La sequía es la más documentada, ya que ha causado las mayores pérdidas a la agricultura (Conde, Ferrer y Liverman, 2000) y a la ganadería, estimándole el 50 % del total de las pérdidas registradas (Tiscareño et ál., 2003). Durante el fenómeno ENSO en casi todo el país se esperan sequías en verano y primavera, este fenómeno se ha vuelto cada vez más frecuente (Magaña, 1999; McPhaden y Rajeevan, 2004) y se ha documentado que su impacto reduce el rendimiento del maíz (Arredondo-Moreno y Huber-Sannwald, 2011), con diferenciación del impacto por regiones, Tiscareño (2003) reporta que en años de Niño, la reducción en rendimientos para maíz puede ser de 40 % en el sur, y de 30 % para frijol en el norte, Conde, Ferrer y Orozco (2006) estimaron que en años de Niño el rendimiento de maíz puede caer de 22 % a 30 % en la región centro del país.

Los estudios de impactos sobre la producción agrícola han versado sobre cuatro vertientes: los estudios de cambio que superficies aptas para el desarrollo de los cultivos; sobre el cambio en el rendimiento esperado; sobre el cambio que se podrá esperar al modificarse la estación de crecimiento y sobre el cambio en necesidades hídricas por los cultivos.

Los estudios de cambio en el grado de aptitud para diferentes cultivos son quizás los más numerosos. Para el maíz, que es el cultivo que ocupa la mayor superficie cultivada, se tienen varios estudios a nivel nacional y regional. A nivel nacional, Monterroso et ál. (2011) encontraron que puede reducirse la superficie apta para maíz en 3 a 4.3 %, otros estudios reportan que los cambios en aptitud del maíz sucederían especialmente en zonas de alta producción como Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tabasco y la península de Yucatán (Conde et ál., 2006; INE, 2006; Monterroso et ál., 2011). En este mismo rubro, Ureta et ál. (2012), analizando numerosas razas de maíz, de teocintle y de tripsacum, encontró reducciones importantes en la distribución potencial, aunque reconoce que puede haber nuevas zonas de distribución para estas especies. Estudios a nivel regional prevén diferentes escenarios, Conde et ál. (1997), estiman una disminución en la superficie apta de 18 % a 36 % en sitios estudiados del centro del país, Ruiz (2011) encontró que la aptitud podría disminuir en zonas productoras de maíz del trópico y subtropico, pero podría aumentar en los valles altos al aumentar la temperatura y el periodo libre de heladas (Ruiz et ál., 2011). Para Jalisco, se reportó que puede incrementar la superficie no apta en 63 % (Tinoco, Gómez y Monterroso, 2011). Para el café, en un estudio particular en Chiapas, se reporta que puede disminuir 11 % y hasta 49 % la superficie apta para su cultivo (Schroth et ál., 2009), o para este cultivo también en Chiapas, reportan una disminución del grado de aptitud de 50 al 70 % de la superficie (Ramírez-Granados et ál., 2014, Villers et ál., 2009), esto asociado a los cambios en los requerimientos hídricos y térmicos estacionales del cultivo (Villers et ál., 2009).

En lo que se refiere al cambio en rendimientos futuros han sido estudiados diversos cultivos entre ellos maíz, café y trigo, con estudios que han evaluado el cambio en un lapso de diez años en el centro del país (Cruz, 2011), sin embargo, sus resultados no son concluyentes para los escenarios futuros. Conde et ál. (1997) reportan sobre el maíz en Tlaxcala que el rendimiento puede caer desde 20 % en las zonas donde se incrementará el déficit hídrico, pero con incremento en los rendimientos de hasta 40 %, en las regiones más frescas con altitud mayor a 2000 metros al aumentar el periodo de crecimiento por temperatura, esto asociado al aumento previsto de temperatura (Conde et ál., 2000). Sánchez (2012) analizando datos de Durango encontró que los rendimientos de maíz podrían aumentar en 0.3 toneladas por hectárea, en las zonas más frescas y húmedas del estado. En el caso del café se estima una disminución en el rendimiento de aproximadamente el 34 % asociado al cambio de la temperatura (Estrada, et ál., 2012a), en este sentido, Rivera (2013) sugiere pérdidas más conservadoras de 7 a 10 % de rendimientos también para la región de Veracruz. Estudios más específicos sobre la fenología del café, el inicio de la floración puede verse afectado así como la maduración del fruto, lo que apunta a serios riesgos en su producción, por lo que se prevé que cambien los rendimientos en el cultivo (Villers et ál., 2009). En el caso del trigo, Luers et ál. (2003) encontraron que pueden reducirse hasta 50 % sus rendimientos en la región noroeste, particularmente en el valle del Yaqui en Sonora, lo anterior a pesar de que en los últimos 25 años la producción en ese lugar ha aumentado hasta un 25 %, esto asociado a mejores prácticas de manejo del cultivo (Lobell et ál., 2005). Si se considera, además del cambio climático, el cambio en la fertilidad del suelo, Nikolskii (2010) encontró que el rendimiento del





maíz y trigo podría caer en unas zonas en 14 % y en otras se tendrían incrementos de hasta 21 %. Castillo (2007) al considerar la fertilidad del suelo, también estima incrementos en el rendimiento del maíz hasta de 463 kilogramos por hectárea en las zonas áridas y semiáridas de México, esto bajo riego, y disminuciones de hasta 392 kilogramos por hectárea en las zonas húmedas y semihúmedas de temporal, para trigo estima incrementos en la producción de hasta 1100 kilogramos por hectárea. Otro estudio relacionado con la reducción de rendimiento del maíz y el fenómeno de migración en los estados fronterizos de México con Estados Unidos, Feng et ál. (2010) reporta que con una reducción del rendimiento en 10 % en un periodo de 10 años, ha habido un aumento de 2 % en la migración, y al realizar una proyección para el año 2080, estima que la migración podría significar de 1.4 a 6.7 millones de personas por causas de reducción de rendimientos.

Al estudiar posibles cambios en el periodo de crecimiento, Conde et ál. (2000) estimaron para la parte central de México que el cambio en general puede ser negativo, reduciéndose el periodo de crecimiento al aumentar la demanda evapotranspirativa y disminuir los días con humedad aprovechable, sin embargo, este periodo de crecimiento puede aumentar en alturas mayores a 2000 msnm al aumentar el periodo libre de heladas y tenerse humedad aprovechable para los cultivos. Zarazúa (2011) evaluando el periodo de crecimiento para maíz en Jalisco no encontró cambio en la fecha de inicio, pero sí en la fecha de término, la cual reduce hasta dos semanas las condiciones con humedad disponible para el cultivo, en este mismo sentido y para la misma región Ruiz, Ramírez, Flores y Sánchez (2000) estimaron una reducción de 6 días con retraso en el inicio y adelantamiento al final.

Respecto a los requerimientos hídricos de los cultivos, varios estudios reportan un incremento en la evapotranspiración y reducción de la humedad del suelo. Sin embargo, asociado al incremento en la temperatura, el ciclo del cultivo se reduciría como consecuencia de que se cubren más rápidamente las unidades de calor requeridas por el cultivo, lo cual lo haría más vulnerable si se presenta déficit de humedad en las etapas más sensibles del cultivo como es floración y fructificación, pero se tendría una disminución en la demanda total de agua por el cultivo (Ojeda et ál., 2011; Ruiz et ál., 2011; Tinoco et ál., 2011). Para el norte de Sinaloa, Ojeda et ál. (2011), reportan para cultivos de riego un aumento de hasta 10 % en la evapotranspiración y una disminución en la demanda hídrica en los cultivos anuales de 13% para el ciclo otoño-invierno, de 6 % en primavera verano, al disminuir el ciclo del cultivo como resultado de acumular en menos días los grados calor que requieren. Para cultivos perenes, estos autores estimaron un incremento de 7 % en la demanda hídrica, como consecuencia de que la demanda evapotranspirativa se incrementa y el ciclo del cultivo no tiene cambio. En el estado de Veracruz, Pereyra, Cruz y Pérez (2011) encontraron que la evapotranspiración real podrá aumentar de 3 a 13 %.

Como se desprende de la información presentada, el cambio climático afectará la producción agrícola del país, y en mayor proporción a la de subsistencia, sin embargo, hacen falta estudios contundentes sobre el impacto del cambio climático en el sector agrícola y la producción de alimentos a nivel regional, dada la diversidad de condiciones que se tienen en el país. Se requieren estudios multidisciplinarios que establezcan la interrelación de la agricultura con otros sectores, como el hídrico y disponibilidad de humedad, ya que uno de los factores más limitantes para las actividades agrícolas es la disponibilidad de agua.

También, se reconoce la falta de estudios sobre otros factores que afectan el desarrollo de la actividad agrícola, como son dinámica de plagas y enfermedades bajo escenarios de cambio climático y la afectación de la elevación del nivel del mar en las áreas agrícolas de las zonas costeras. Relacionado a estos temas, Flores (2012) sugiere que la intrusión salina en acuíferos, erosión y salinización de los mantos freáticos, así como la erosión costera son problemas que deben ser estudiados. En el caso de plagas, al estudiar la producción de manzana en el estado de Chihuahua, Ramírez (2011) estudió la dinámica de la palomilla, insecto que afecta al fruto, encontrando que en 1976 el promedio anual de captura era de 230 machos en todo el periodo de fructificación por hectárea y que en el 2002 esa cifra se captura en una sola semana. Asimismo, la plaga llamada chicharrita del manzano ha aumentado hasta en 26 % en los últimos años. Aluja (2014), en un estudio de resiliencia a plagas y enfermedades por las plantaciones de manzana, encontraron que algunos insectos tropicales potencialmente invasivos pueden ser controlados por los agrosistemas, dada la resiliencia de los factores bióticos.

El conocimiento tradicional en la exploración de medidas de adaptación al cambio climático ha comenzado a estudiarse (Bellon et ál., 2011; Eakin, 2000; Miranda et ál., 2009; Sánchez-Cortés y Lazos, 2011), sobre todo al pronosticar inicio del periodo

de lluvias, calidad de la temporada de lluvias o presencia de alguna variable climática de relevancia. En función de estas señales se realizan acciones como adelantar o retrasar fecha de siembra, incrementar la cantidad de plantas por unidad de área, aplicar insumos si la temporada parece favorable, modificar el manejo del cultivo, cambiar las variedades empleadas, concentrar el cultivo en zonas de producción con clima más propicio o diversificar los ingresos del productor mediante otras actividades asociadas al sector agrícola (Eakin, 2000; Villers et ál., 2009). Lo cierto es que los productores de subsistencia y a pequeña escala han usado tradicionalmente a lo largo de muchos años la diversidad ecosistémica para construir estrategias que garanticen contar con bienes y servicios para enfrentar los eventos climáticos adversos (Campos et ál., 2014). Sin embargo, se requieren más estudios a profundidad que evalúen la viabilidad de las medidas de adaptación que com ienzan a sugerirse. Estrada et ál. (2012b) reconoce que deben estudiarse los impactos económicos de las medidas de adaptación al cambio climático, ya sea por cambios en la producción agrícola, por cambios en los ingresos del productor y/o por el incremento en los costos de producción.

Finalmente, aunque no ha sido directo el apoyo, el gobierno Mexicano ha impulsado investigaciones y estudios en relación al cambio climático y la productividad agrícola (INE, 2012, 2009, 2006, 2001, 1997).

## 1.2 Pesca

### 1.2.1. Cambios ambientales en litorales mexicanos

Los impactos del cambio climático global en las pesquerías están asociados principalmente a los cambios ambientales que afectan la distribución y abundancia de las poblaciones objeto de explotación. En ese sentido, resulta recomendable orientar el esfuerzo de la investigación sobre cambio climático no sólo en los efectos del aumento de la temperatura, sino también en el efecto de la variabilidad climática natural, para apoyar la toma de decisiones en el manejo de la acuacultura y las pesquerías de México, así como para desarrollar capacidad de predicción (Álvarez-Borrego, 2008; Lluch-Belda et ál., 2013; Lluch-Cota y Lluch-Cota, 2010; Salvadeo et ál., 2013). En el capítulo sistemas Oceánicos de este documento (Escobar, 2015), se describen los detalles de los litorales mexicanos del Pacífico y del Atlántico y los sistemas climáticos y oceanográficos distintos a los que se ven influenciados por los efectos del cambio y la variabilidad climática, que son particularmente amplios. En términos de las tendencias sostenidas de cambio térmico, como aquellas esperadas por el calentamiento global, existe para los océanos de México enorme incertidumbre, incluso analizando el pasado reciente, se pueden identificar comportamientos diversos entre regiones, por lo que las proyecciones a futuro son aún más inciertas. A escala global, todos los escenarios coinciden en que el océano se calentará en los próximos 90 años, con un aumento promedio de entre 0.6 y 2 °C en los primeros 100 m de profundidad, siendo mayor en las regiones tropicales y subtropicales (Collins et ál., 2013). Sin embargo, al considerar la escala regional, la situación se complica, por ejemplo, se ha sugerido que ante condiciones de calentamiento global, se esperaría que el gradiente térmico tierra-océano se incrementara, resultando en una intensificación de las surgencias costeras (como las que predominan en el sistema de la corriente de California, en el noroeste de México), lo que causaría condiciones más frías del océano en dicha región (Bakun, 2010, Narayan y Schulz, 2010). El tema es de gran relevancia para muchas regiones del mundo y para México, toda vez que en estos sistemas se da la mayoría de la actividad pesquera industrial y los recursos que en ellas se extraen representan más del 80 % de la biomasa total pescada en el país al año.

### 1.2.2. Impacto y vulnerabilidad en pesquerías

Si la predicción del clima oceánico a nivel regional es complicada e incierta, resulta aún más complejo proyectar los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y sus componentes. De entre las pocas herramientas que se tienen, una posibilidad es utilizar las observaciones actuales e históricas de la actividad pesquera y extrapolar esos comportamientos a los que pudieran ser los efectos del cambio climático (Tripp y Lluch-Cota, 2013). En ese sentido, se pueden esperar diferentes respuestas ante condiciones de calentamiento, por ejemplo, presencia hacia las regiones de latitudes mayores de especies tropicales y templadas, o bien, disminución de capacidad competitiva de especies asociadas al fondo que se encontraran hacia su límite tropical de distribución y el efecto contrario hacia el límite templado. Estas respuestas no solo modifican directamente la abundancia y disponibilidad de poblaciones objeto de explotación, sino que además causarían cambios en la composición y por tanto en la





estructura y función de los ecosistemas marinos, con impactos potenciales indirectos en los recursos de interés (i.e. competencia, depredación, alimentación, exposición a enfermedades, entre otros).

La pesca, al depender totalmente de la disponibilidad de los recursos y donde es imposible aislar factores limitantes, como se hace en la acuacultura, ganadería o agricultura, es una actividad de muy alto riesgo e incertidumbre. El manejo es complicado y en muchos casos el régimen de acceso abierto a los recursos resulta en que las medidas de control son casi imposibles. Adicionalmente, el manejo pesquero tradicional no fue diseñado para incorporar la variabilidad de los recursos, lo que puede impedir calificar objetivamente el éxito o fracaso de las medidas y fácilmente expone a las pesquerías a condiciones no deseables de sobrexplotación o de sub explotación. La alta variabilidad de los recursos, las limitaciones del manejo y el hecho de que no existen para este sector esquemas accesibles de aseguramiento de la producción, resultan en que el sector pesquero sea altamente vulnerable ante la variabilidad y el cambio climático.

Tal vez el grupo más vulnerable es el de las comunidades dedicadas a la pesca artesanal de pequeña escala, especialmente aquellas con una gran dependencia a la actividad extractiva y una baja diversificación en sus actividades socioeconómicas (Morzaria et ál., 2014). Ante condiciones de cambio climático, estas comunidades podrían verse forzadas a migrar al tenerse una reducción de empleos y un incremento en la competencia por el acceso a los recursos y a los mercados (Bourillón, 2008, Solana, 2010). Evidentemente, los mismos factores que pueden causar fuertes impactos negativos en la actividad pesquera, podrían implicar también en algunos casos efectos positivos, como el acceso de una comunidad pesquera a recursos de alto valor. Sin embargo, en términos generales se puede decir que los impactos son negativos toda vez que se incrementa la incertidumbre de la producción pesquera, imponiendo nuevos retos a la evaluación de los riesgos usualmente estimados a partir del conocimiento de las probabilidades de ocurrencia de eventos pasados (Seijo, 2008).

Los posibles impactos del cambio climático en algunas de las pesquerías comerciales más importantes del país se describen a continuación:

**Atún:** El Atún Aleta amarilla (*Thunnus albacares*) se distribuye en las aguas tropicales y subtropicales de todos los océanos, vive generalmente en los primeros cien metros de la columna de agua y realiza amplias migraciones, siguiendo los pulsos productivos del ambiente (Dreyfuse y Robles, 2006). Esta amplia movilidad es la que marca la pauta en la actividad pesquera, que sigue los movimientos del recurso. México se encuentras entre los diez principales productores de atunes en el mundo. Con relación al calentamiento global, se espera que sus efectos sean similares a los cambios que ha sufrido la pesca de atún aleta amarilla durante eventos de El Niño, si se asume que los cambios proyectados para el Pacífico Tropical afectarán la temperatura del agua, el oxígeno disuelto, las corrientes oceánicas y acidificarán el océano, es de esperar que el atún responda principalmente como una redistribución geográfica de la especie, con un desplazamiento hacia el norte, cambios de su patrón migratorio alimentario y reproductivo, debido a cambios ambientales en las áreas donde se dan los pulsos productivos del ambiente que sigue la especie, y en caso de intensificarse los eventos de El Niño se espera que la especie forme cardúmenes más dispersos y menos numerosos lo que afectaría la pesquería (Fonteneau y Marsac, 2008; Muhlia y Torres, 2008; Salvadeo et ál., 2010).

**Sardina:** La captura de pelágicos menores (sardina, anchovetas, macarela y afines) representa el 47 % de las capturas nacionales, ocupando el primer lugar en cuanto a producción pesquera. Por su posición en la trama trófica, este tipo de poblaciones son de las que responden de manera más rápida y extrema a los cambios en el clima oceánico. En México la especie de mayor importancia por su volumen de capturas es la sardina monterrey (*Sardinops sagax*). Las poblaciones de sardina presentan fuertes fluctuaciones de abundancia que se corresponden con amplias expansiones y contracciones del hábitat ocupado. En las regiones del mundo donde se presentan las mayores pesquerías de pelágicos menores, que incluye la Corriente de California en el oeste de Estados Unidos y noroeste de México, se han documentado este tipo de fluctuaciones en escalas de 40 a 60 años (Chavez et ál., 2003). Para el caso de la Corriente de California, en términos generales los periodos de calentamiento coinciden con altas abundancias y viceversa. En ese sentido, una primera aproximación es que la sardina monterrey se verá beneficiada por el aumento de la temperatura asociada al cambio global (Aguilar, Sánchez y Martínez, 2013), mientas que otras aproximaciones pronostican una caída de hasta el 35 % de las capturas de sardinas y un aumento de la anchoveta *Engraulis mordax* (Schwartzlo-

se et ál., 1999). Por otro lado, modelos que incorporan una parte importante de la variabilidad histórica del ambiente y de las capturas, han previsto que los escenarios regionales de cambio climático modifiquen las capturas de manera moderada, no parece probable que ocasione colapsos anticipados a los previsibles por los ciclos naturales, y podrían tener un efecto positivo al incrementar las capturas de California (no del Golfo de California). Por lo que lo más probable, sin duda, es que los cambios interanuales y multidecadales en esta especie se repitan a lo largo del presente siglo (Lluch-Belda et ál., 2013; Saldívar et ál., 2013).

**Calamar:** El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) es una especie endémica del Pacífico Oriental Tropical que se distribuye desde California hasta el sur de Chile, desde finales del siglo pasado y principios del actual se ha observado una expansión significativa de su distribución hacia el norte asociada con periodos cálidos de El Niño y la variación decadal del régimen (Rodhouse, 2008; Rosa et ál., 2013; Salvadeo et ál., 2011). En México la mayor parte de esta pesquería opera en el Golfo de California, donde se observa una fuerte variabilidad interanual en la serie histórica de las capturas, asociándola con la variabilidad interanual de El Niño/a, donde se presenta una disminución considerable de las capturas durante y después de un evento de El Niño. Algunos de los escenarios futuros de cambio climático sugieren un posible aumento en la amplitud y frecuencia de los eventos El Niño, lo cual podría ocasionar una disminución considerable en la abundancia del calamar gigante y podría reflejarse en una mayor variabilidad interanual de las capturas con efectos negativos sobre la pesquería. Sin embargo, se debe considerar que el calamar gigante es una especie altamente flexible y que se adapta rápidamente a fuertes variaciones en algunos parámetros ambientales (Bazzino, 2010). Las proyecciones a partir de modelos que incorporan una parte importante de la variabilidad histórica del ambiente y de las capturas, han previsto que los escenarios regionales de cambio climático modificaran las capturas de manera moderada y no parece probable que ocasione colapsos anticipados a los previsibles por los ciclos naturales, por lo que lo más probable es que los cambios interanuales y multidecadales en esta especie dominen las tendencias de la pesquería a lo largo del presente siglo (Salvadeo y Saldívar, 2014).

**Abulón:** La pesquería de abulón (*Haliotis fulgens y H. corrugata*) es una de las principales actividades económicas de muchas comunidades de la costa occidental de la península de Baja California. En esta pesquería, los eventos cálidos de la variación interanual de El Niño se han asociado con bajos rendimientos por disminución del alimento disponible para el recurso. La pesquería de abulón es probablemente la más sensible a una tendencia de incremento de la temperatura del mar ya que ambas especies son de afinidad templada y se podría esperar un cambio en su distribución de sus poblaciones hacia el norte de su actual área de pesca (Castro y Ponce, 2014; Lluch-Belda et ál., 2013; Lluch-Cota y Lluch-Cota, 2010). Mientras que, la posibilidad de un enfriamiento generalizado en los sistemas de surgencias de la Corriente de California, podría favorecer a las poblaciones de abulón amarillo *(H. corrugata*), ya que se ha observado que es más abundante durante periodos decadales fríos de la Corriente de California (Lluch-Belda et ál., 2013).

**Almeja generosa:** Este es un recurso de alto valor económico y de reciente explotación en la región noroeste de México, en esta pesquería se capturan dos especies *Panopea abrupta*, de afinidad templada, que se captura a lo largo de la costa Pacifico de Baja California; y *P. globosa*, de afinidad tropical, que se captura dentro del Golfo de California y en Baja California Sur. En este caso, un escenario de calentamiento oceánico pudiera tener mayores efectos sobre las poblaciones de la especie con afinidad templada, limitando su ocurrencia o restringiéndolas a habitas más profundos. Por su parte, en *P. globosa* se ha determinado experimentalmente que posee una alta capacidad de tolerancia térmica, por lo cual se cree que esta pudiera compensar fisiológicamente el incremento en la temperatura. Por el contrario, la posibilidad de un enfriamiento generalizado en los sistemas de surgencias de la Corriente de California, podría afectar negativamente a las poblaciones de la especie tropical en Bahía Magdalena, BCS (González y Luch, 2010, p. 944).

**Ostión:** En el litoral del Golfo de México, la extracción del ostión es una actividad cuyo nivel de producción representa la pesquería más importante en el litoral y la sexta a nivel nacional, representando una importante fuente de ingresos a las comunidades costeras de los estados litorales del Golfo de México. Un cambio en el clima y sus efectos en la dinámica de los cuerpos de aguas costeros afectarán sensiblemente a las poblaciones de ostión y de manera específica a la del ostión de placer (*Crassosstrea virginica*). Entre los impactos que podrían afectar al ostión destacan la modificación de los ciclos geoquímicos y la dinámica ecológica debido a un aumento en la erosión de las playas, inundaciones en el litoral adyacente, un incremento de avenidas de los ríos y tormentas; y el incremento de la salinidad de los estuarios y acuíferos (Zárate y Solana, 2010).





**Camarón:** En el caso específico de las pesquerías de camarón en el Golfo de California, hay antecedentes de análisis de la relación entre abundancia, precipitación pluvial y temperatura desde hace varios años y se ha observado que la variabilidad del ambiente puede explicar entre el 50 y el 80 % de la variación de la captura. Para el caso de la población de camarón azul (Penaeus stylirostris), que es la especie situada en el intervalo de temperatura relativamente más fría con respecto a las otras dos especies de interés, es probable que su distribución se contraiga al norte del Golfo de California y su población se reduzca en la medida que se acentúe la condición cálida de la región. Con el camarón café (*Penaeus californiensis*), un escenario posible es que su densidad poblacional se incremente, expandiéndose en mayores latitudes, debido a la tropicalización de nuevas áreas al norte de su distribución actual. El caso del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) es el que presenta mayor incertidumbre para proponer escenarios, ya que una parte de su ciclo ocurre en los ambientes salobres de las lagunas costeras someras, por lo que más allá de la tropicalización, los cambios de su éxito reproductivo y distribución podrían depender de cambios en el régimen pluvial (Castro y Ponce, 2014). Del lado del Atlántico hay evidencia de que el colapso de la pesquería de camarón en la Sonda de Campeche está relacionado con la caída en la producción primaria desde inicios de la década de los 70 como consecuencia de la variabilidad climática de baja frecuencia del Atlántico (Arreguín, 2010). Es de esperar que dado que se trata de variaciones cíclicas, en el futuro una fase nueva de la oscilación multidecadal del Atlántico modificará la tendencia actual de la producción primaria y por tanto la disponibilidad del recurso camarón.

### 1.2.3. Mitigación y adaptación en pesquerías

En México se ha recomendado una serie de medidas o acciones orientadas al ahorro de combustible con la consiguiente reducción de los costos y las emisiones de gases con efecto invernadero. Estas medidas incluyen el desarrollo de programas y políticas de ordenamiento territorial con la intensión de disminuir la distancia entre los puertos base de descarga y donde se concentra el recurso pesquero, este ordenamiento territorial contemplaría el cambio de la ubicación geográfica de algunos puertos de importancia comercial, especialmente en aquellos recursos que se espera un cambio en su distribución como el atún (Muhlia y Torres, 2008; Salvadeo et ál., 2014). A su vez, se han propuesto acciones de promoción del consumo local y regional de los recursos explotados, esto reduciría las distancias entre los centros de producción pesquera, plantas de procesamiento y mercados de consumo con el consiguiente ahorro en el transporte de la mercadería. También se han propuesto apoyar la investigación para el desarrollo e innovación tecnológica que optimice y agilice las operaciones de búsqueda y la captura de los recursos pesqueros, su transporte, procesado, posterior almacenamiento y venta; esto último también enfocado a la disminución del gasto energético (Flores-Hernández et ál. 2010; Solana y Compeán, 2010; Solana, 2010).

Respecto a la adaptación se debe considerar que dentro de un sector como el pesquero, la relación histórica de los recursos explotados y su ambiente es un factor de adaptación constante de la gran mayoría de las pesquerías, por lo que la adopción de iniciativas políticas y medidas de manejo para reducir la vulnerabilidad de este sector debe incorporar las lecciones y estrategias de adaptación de las pesquerías en respuesta a factores de estrés ambientales pasados, además de abordar algunos de los problemas fundamentales de la gestión de la pesca y los factores actuales causantes de la vulnerabilidad (Lluch-Belda et ál., 2013; Sievanen, 2014). Entre las medidas de adaptación que inciden directamente sobre las operaciones de pesca, se recomienda sentar las bases para el desarrollo sostenible del sector pesquero mediante su ordenación, basada en la plena implementación del Código de Conducta para la Pesca Responsable. También se debe considerar el uso del enfoque precautorio en el manejo y la reducción del nivel de mortalidad por pesca de los stocks que se encuentran en máximo nivel de explotación y los sobreexplotados, además de la creación y respeto de las zonas prohibidas a la pesca (áreas naturales protegidas) y a las medidas de regulación pesqueras que se adopten como vedas y tipo de artes de pesca. A su vez, el sector pesquero industrial y ribereño se verá con el reto de cambiar de sitios de pesca y/o especie objetivo, esto implica una mejor organización para no exceder el esfuerzo en la extracción así como el establecimiento de acuerdos nacionales y multilaterales que permitan la movilidad de las flotas, el cambio de especies objetivo y el otorgamiento de apoyos para hacerse de mejores equipos para acceder a los recursos (Anónimo, 2008; Flores-Hernández et ál., 2010; Lluch-Cota, 2013; Solana, 2010). Se debe contar con un sistema de información accesible y oportuno de alerta temprana de fenómenos naturales a diferentes escalas espaciales y temporales, como huracanes o el fenómeno de El Niño, que permita reorientar las operaciones de pesca, el cambio de especies objetivo o el cierre de la actividad dependiendo del fenómeno natural y de su impacto (Flores, 2010; Muhlia y Torres, 2008; Solana, 2010). Para el caso de los

recursos transfronterizos, con amplia movilidad y distribución, se recomienda una mayor participación en foros internacionales, así como la cooperación entre los países involucrados para la creación de una red de áreas marinas protegidas que mantengan la conectividad y la diversidad biológica de los recursos (McLaughlin, 2014; Solana y Compeán, 2010). Por último, se recomienda el desarrollo de programas de aseguramiento de la calidad ambiental y su vigilancia, siendo necesario detener la transformación y pérdida de ecosistemas de importancia pesquera como humedales costeros y arrecifes, cuyos servicios ambientales serán los que hagan que poblaciones enteras de recursos pesqueros no se extingan a nivel local (Anónimo, 2008; Solana, 2010; Zárate y Solana, 2010).

Con respecto a las medidas que inciden sobre la parte socioeconómica de la actividad pesquera, se recomienda sostener el crecimiento y los beneficios económicos y sociales del sector pesquero, mediante el desarrollo sostenible de nuevas pesquerías basadas en recursos potenciales y sub explotados; a su vez se recomienda mejorar la competitividad del sector pesquero, mediante el fortalecimiento de sus cadenas productivas que contemple la integración de criterios de eco-eficiencia en el mediano y largo plazo, así como el desarrollo de programas de promoción del consumo local y regional de los recursos (Lluch-Cota, 2013; Solana, 2010). También se recomienda contar con un sistema de información accesible y oportuna de alerta temprana para el sector sobre la volatilidad de precios en los mercados que permita, en todos los casos, la toma de decisiones y delineado de estrategias con la mayor anticipación posible; asimismo se debe crear un fondo de contingencias meteorológicas, o bien, la ampliación de la cobertura de seguros, e incorporar el análisis probabilísticos para el manejo del riesgo y la incertidumbre en la planificación sectorial (Flores, 2010, p. 944). Por último, se destaca que una mejor educación técnica, administrativa, organizativa y social del sector pesquero será indispensable para enfrentar y aumentar la probabilidad de éxito ante los retos del cambio climático, debiéndose promover mecanismos de organización tales como las asociaciones o sistemas-producto, así como la promoción de capacitación para la diversificación de actividades en aquellas comunidades que dependen completamente de la extracción pesquera (Anónimo, 2008; Flores, 2010; Zárate y Solana, 2010).

Otros de los aspectos importantes para que las medidas de adaptación sean las correctas y cumplan con las funciones para las que fueron creadas, es necesario contar con información de calidad que apoye a las autoridades a delinear la normatividad que direccione los procesos adaptativos ecológicos y socioeconómicos del sector. En ese sentido, y dado que la predictibilidad de los cambios y sus consecuencias tienen aún una fuerte incertidumbre, se debe promocionar la investigación sobre los impactos en el corto, mediano y largo plazo del cambio climático (Flores-Hernández et ál., 2010; Solana, 2010), así como promover el estudio de variabilidad natural de media y baja frecuencia en los mares mexicanos, sus efectos ecológicos y su integración a los pronósticos climáticos y ecológicos de largo plazo, así como para la elaboración de los sistemas de alerta temprana y protocolos de acción ante tales eventos (Saldivar et ál., 2013; Salvadeo et ál., 2013). Se debe promover la investigación que se oriente a entender la dinámica ecológica y la conectividad biológica de humedales y arrecifes, y de cómo éstas influyen en la dinámica poblacional de las especies de interés pesquero. También se recomienda continuar con la investigación sobre los beneficios ecológicos y pesqueros de los programas de arrecifes artificiales (McLaughlin, 2014).

Un aspecto más a considerar, es la investigación científica y tecnológica para optimizar las capturas e integrar a la actividad pesquera en el ordenamiento costero y ecológico con criterios ecosistémicos y consideraciones hacia el cambio climático (Solana y Compeán 2010; Lluch-Cota, 2013). Por último se recomienda impulsar los estudios socioeconómicos para entender cómo el cambio climático y las medidas de mitigación y adaptación podrían afectar directamente a los ingresos, el empleo, los beneficios, y en consecuencia la seguridad alimentaria (Aguilar et ál., 2013).

## 1.3 Producción forestal

### 1.3.1 Impacto en el hábitat climático para los biomas

Existe una reciente y creciente acumulación de evidencias observadas de declinación de poblaciones forestales, que se manifiesta en brotes de plagas, comúnmente ataques de escarabajos descortezadores –*Dendroctonus* spp.-en el caso de bosques templados (Smith et ál., 2013), enfermedades (hongos patógenos como *Chronartium*) y defoliación. Algunas poblaciones de





los bosques de oyamel (*Abies religiosa*) en el este del Estado de México tienen como biomasa de follaje únicamente 0.1 % de la biomasa total (Flores et ál., 2011), lo cual es un claro indicio de severa defoliación, particularmente para una especie altamente tolerante a la sombra y para la que se han reportado valores de 8.6 % de biomasa en follaje (Avendaño et ál., 2009). En los bosques bien manejados de comunidades indígenas de la Meseta Purépecha en Michoacán, existen sitios de declinación masiva de la especie de mayor distribución e importancia comercial, *Pinus pseudostrobus*, en el límite altitudinal inferior de su distribución altitudinal (Sáenz-Romero et ál., 2015).

La percepción generalizada, principalmente entre prestadores de servicios técnicos forestales es que existe un importante incremento de brotes de plagas y enfermedades, sin relacionarlo necesariamente con el estrés producido por el cambio climático, sin embargo, la creciente evidencia acumulada y documentada formalmente en otros países, es que la declinación forestal está inducida principalmente por estrés hídrico asociado a eventos de sequía (Allen et ál., 2010; Joyce y Rehfeldt, 2013; Mátyás, 2010; Rehfeldt, Ferguson y Crookston, 2009). Si bien, la muerte de los árboles en sitios de declinación ocurre con frecuencia por el ataque de plagas y enfermedades, lo masivo de estos ataques aparentemente se deben al estado de debilitamiento de los árboles causado por el estrés hídrico (Breshears et ál., 2005, Sturrock et ál., 2011). La declinación forestal indudablemente afectará el ingreso económico de las poblaciones locales, al reducirse la producción de bienes comerciables como la madera y los servicios ambientales que provee el bosque como son la captura de agua y carbono, entre otros (Adger et ál., 1995; Galicia, Gómez y Magaña, 2013).

Las proyecciones de cambio climático para México indican que ocurrirá una importante reducción del hábitat climático propicio para los biomas de clima templado, y una expansión del hábitat climático propicio para biomas de climas cálidos y secos (Gómez-Díaz et ál., 2011; Rehfeldt et ál., 2012; Villers y Trejo, 1997), sin embargo, el clima propicio en el futuro en una amplia extensión ocurrirá en un sitio diferente al actual (Villers y Castañeda, 2013). Esto generará un desfasamiento adaptativo, es decir, el clima que es propicio para un bioma, especie o población forestal ocurrirá en el futuro en un sitio diferente al sitio ocupado actualmente. Rehfeldt et ál. (2012) en una estimación reporta que los bosques de coníferas de la Sierra Madre Occidental sufrirán una disminución en la extensión del hábitat climático propicio de un 85 %, los bosques de coníferas del Eje Transvolcánico una disminución de 92 %, en cambio los biomas de Selva seca decidua de Sinaloa y los de Yucatán, tendrán una expansión de 184 % y de 293 %, respectivamente, en la extensión del hábitat climático propicio. Otro estudio para 20 especies del Bosque mesófilo de montaña, estimó una reducción del 90 % en la extensión del hábitat climático propicio (Rojas, Sosa y Ornelas, 2012). Esta tendencia se ha documentado para varias especies forestales individuales, proyecciones para mediados de este siglo indican una reducción del hábitat climático muy importante para diferentes especies:

Tropicales (Gómez –Díaz et ál., 2011): Brosimum alicastrum (72 %), Leucaena leucocephala (55 %), Swietenia macrophylla (38 %) y Cedrela odorata (23 %).
Encinos (Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007): Quercus acutifolia (41 %), Quercus castanea (25 %), Quercus rugosa (21 %), Quercus laeta (11 %).
Coníferas (Gómez –Díaz et ál., 2011, Gómez-Mendoza y Arriaga, 2007, Sáenz-Romero et ál., 2012, Zonneveld et ál., 2009, Rehfeldt et ál., 2012): Pinus ayacahuite (54 %), Pinus psedostrobus (37 %), Pinus montezumae (31 %), Pinus teocote (29 %), Pinus cembroides (10 %), Abies religiosa (94 %), Pseudotsuga menziessi (88 %), Pinus patula (38 %).

### 1.3.2 Desafíos para el manejo silvícola y la conservación biológica

El hecho de que el hábitat climático propicio para biomas y especies de clima templado no solo se reducirá en extensión, también se desplazará a sitios de mayor altitud (Rojas et ál., 2012; Villers y Castañeda, 2013), impone un serio problema de manejo como es la necesidad de realinear las poblaciones al clima que les es propicio, el cual ocurrirá en un lugar distinto al actual, esto hace necesario colectar semilla, producir planta en vivero, y establecer programas de reforestación en sitios a mayor altitud que el sitio en donde se recolectó la semilla (Sáenz-Romero et ál., 2010). Esta re-locación se estima entre 300 a 400 m de mayor altitud al 2030 para algunas especies de bosques templados (Loya et ál., 2013, Sáenz-Romero et ál., 2012a, 2012b). Esta propuesta es denominada migración asistida, por el momento no cuenta con pleno consenso para llevarla a cabo, aparte de complicada es

costosa. Ciertamente las poblaciones naturales se desplazarán por medios naturales (dispersión de semillas) a los sitios que le son propicios, pero esto ocurre con las limitaciones propias de ese proceso natural, que en el caso de muchas especies forestales, se da en un tiempo muy largo. El resultado de estas limitaciones es que la invasión de nuevos hábitats en los límites de las comunidades vegetales, por ejemplo a lo largo de un gradiente altitudinal, no está ocurriendo a la velocidad ni con el número de propágalus que se necesitaría para mantener un equilibrio entre la distribución y demografía de las poblaciones y la distribución cambiante del hábitat climático propicio (Zacarías y Del Castillo, 2010).

Para comunidades vegetales excepcionalmente valiosas por su endemismo y rareza, como las cactáceas que están bajo protección en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán (Téllez-Valdés y Dávila-Aranda, 2003), o por su extraordinaria biodiversidad y especialización de requerimientos climáticos como el bosque mesófilo de montaña de Hidalgo (Monterroso et ál., 2013), Tamaulipas, Veracruz y Chiapas (Rojas et ál., 2012), las estimaciones de que el hábitat climático propicio se desplazará geográficamente, implica la necesidad de expandir los límites actuales de las áreas naturales protegidas, y considerar realizar conservación ex situ (migración asistida) de las especies bajo protección. Retos similares habrá que enfrentarlos con un gran número de especies forestales raras y amenazadas que actualmente no están en áreas bajo protección, como *Fagus grandiflora* var. mexicana (Téllez-Valdés et ál., 2006), por citar un ejemplo.

Es importante para México impulsar como línea prioritaria de investigación, el documentar y monitorear la ubicación, extensión e intensidad de brotes de plagas y enfermedades forestales (Smith et ál., 2013), y analizar su posible asociación a eventos de sequía reciente, como lo realizado por Breshears (2005), así como con otras variables como el estado fisiológico de los árboles, potencial hídrico in situ del árbol.

### 1.4 Impactos proyectados en el potencial productivo de las tierras

La desertificación, como es definida por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, indica que es la pérdida del potencial productivo de las tierras secas, la cual se debe a factores asociados a malas prácticas de manejo o por variabilidad climática, lo que causa deterioro a alguno de los componentes del medio biótico, edáfico o hidrológico de una zona (CNULD, 1994). En México, las tierras secas ocupan 127.9 millones de hectáreas que representan el 65.3 % del territorio nacional (CONAFOR y UACH, 2013), de las cuales 1.3 millones de hectáreas son tierras híper-áridas, las áridas 37 millones de hectáreas, las semiáridas 68.1 millones de hectáreas y las subhúmedas secas 21.5 millones de hectáreas.

La Comisión Nacional Forestal actualizó el estudio (CONAFOR y UACH, 2013) del nivel de degradación del suelo en el país, para ello se consideró la pérdida de suelo por erosión hídrica, por erosión eólica, degradación física y degradación química, reportando que 111.4 millones de hectáreas, el 63.02 % del total nacional tiene algún grado de afectación de perdida de la capacidad productiva. Si además de lo anterior se incluye la degradación de los recursos bióticos e hídricos en los ecosistemas del país (de acuerdo con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable), el 90.7 % de la superficie nacional presenta algún tipo de degradación de tierras (177.6 millones de hectáreas). En términos de desertificación en el país y de acuerdo con los criterios de la CNULD (1994), en 115.9 millones de hectáreas o el 59.2 % de la superficie del país hay algún tipo de desertificación. En los grados de mayor afectación, las tierras afectadas por degradación severa son 50.2 millones de hectáreas y la degradación extrema con 12.4 millones de hectáreas. Al considerar escenarios de cambio climático al año 2050, con las razones de cambio del modelo GFDL, el 55.7 % de la superficie del país estará afectada, pero las proyecciones del modelo HADGEM al mismo horizonte de tiempo estima que la afectación será del 61.9 % (CONAFOR y UACH, 2013).

### 1.5 Impactos económicos

La soberanía alimentaria es uno de los grandes retos a los que se enfrenta hoy la humanidad asociado al ritmo de crecimiento de la población y por ende la demanda de alimentos es mayor al de la producción y aunado al cambio climático, esta situación tiende a agravarse. No obstante, de acuerdo con la Food and Agriculture Organization (FAO), en el informe "El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo" (SOFI 2014, por sus siglas en inglés) señala que hay una disminución en el número de personas





que padecen hambre a nivel mundial en más de 100 millones en la última década y particularmente en América Latina y el Caribe se han logrado los mayores avances globales en el aumento de la seguridad alimentaria.

En México, la SAGARPA a través de su Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA) señala que la disponibilidad de alimentos, medida en kilocalorías, actualmente es más que suficiente para cubrir las necesidades de energía de la población, no obstante, más de la cuarta parte de los mexicanos tiene una alimentación deficiente. Por otra parte, las importaciones de productos estratégicos complementan la producción nacional y sigue habiendo déficit en la balanza comercial agroalimentaria. Si a ello sumamos que uno de los sectores más vulnerables ante el cambio climático es el sector agropecuario, el reto de la seguridad alimentaria es aún mayor. Ante este panorama, la academia ha contribuido con diversas investigaciones que vinculan los aspectos sociales, económicos y ambientales de la seguridad alimentaria y producción de alimentos. En particular, la relacionada a los impactos económicos derivados del cambio climático en los sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria. En la mayoría de los trabajos encontrados hasta ahora, se han realizado estudios enfocados a la economía mexicana en general y solo en algunos se pone énfasis en sectores vulnerables como el agropecuario.

Tal es el caso de las investigaciones realizadas por Ibarrarán (2011, 2007) en colaboración con otros autores, en las que elabora una estimación de los costos derivados del cambio climático en la agricultura. Entre los resultados encontrados, indica que se tendrán los siguientes efectos: a) la importación de alimentos aumentará creando un problema de balanza de pagos; b) afectará de manera desproporcionada a los más pobres que están empleados mayormente en estos sectores y gastan una proporción importante de su presupuesto en comida y servicios alimenticios y c) los campesinos pobres no podrán subsistir de su producción. Otros resultados encontrados son respecto a los efectos de cambios en la temperatura y precipitación sobre la productividad del maíz, café, trigo, caña de azúcar, naranja y frijol para la estimación del costo del cambio climático en el sector agrícola mexicano. En otro de sus estudios, concluye que el costo del cambio climático al 2030 será del orden de 1.1 % del producto interno bruto y que estos costos son regresivos para la sociedad. Los sectores productivos más afectados serán la agricultura en más de 11 %, la ganadería en 10 % y el sector forestal, en 15 %. Otro estudio relacionado a los impactos del cambio climático en la productividad agrícola (López- Feldman, 2013) estima que los cambios en el clima afectaran la productividad agrícola y por lo tanto los ingresos que reciben los agricultores; para ello analiza la relación entre el ingreso agrícola y las variables climáticas para después calcular los impactos en el ingreso total de los hogares.

Con relación a estudios específicos de los efectos del cambio climático en algunos cultivos y su impacto económico, Conde et ál. (2000), analizan particularmente los impactos negativos en maíz y café. Para el caso del maíz en la zona centro de México, en general se estima que el impacto es en la disminución de la rentabilidad, exceptuando las zonas altas en donde podrían incrementarse los rendimientos.

Como se describió en temas anteriores, en particular al de pesca, Aguilar et ál. (2013) en un estudio sobre efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria asociado a dos pesquerías: sardina y camarón, sus resultados sugieren que la producción de camarón se verá afectada negativamente, mientras que por el contrario, se espera que la pesquería de sardina se beneficie por el aumento de la temperatura.

Estudios realizados por organismos internacionales como el Banco Mundial (2009), señalan que la productividad agrícola en el año 2100, puede tener pérdidas anuales que irían de 35 mil a 100 millones de dólares al año (0.23 % del PIB), a 120 mil millones de dólares por año (0.56 % del PIB).

## 2. Adaptación y necesidades

A continuación se señalan algunas estrategias de adaptación que deben formar parte sustantiva de las acciones a implementarse para atender la problemática descrita de afectación del cambio climático a los sectores agropecuarios, forestal y de pesca, mismos que son fundamentales en la producción de alimentos y la seguridad alimentaria.

*Investigación y Formación de recursos humanos*. Se requiere apoyo a proyectos de investigación y equipamiento de laboratorios para Centros de Investigación e Instituciones de Enseñanza Superior, para la formación de recursos humanos especializados, tanto en México como en el extranjero; creación de programas interinstitucionales de licenciatura y posgrado enfocados a solución de problemas relacionados en torno al cambio climático y la producción de alimentos; conformación de redes de investigación nacional e internacional y un programa nacional de transferencia de tecnología aplicada en los sectores agropecuario, forestal y de pesca.

*Política pública*. Se requiere establecer estrategias concurrentes de política pública orientadas a la mitigación y adaptabilidad al cambio climático de manera zonificada, según las características ecológicas y condiciones socioeconómicas del país. Asimismo, el desarrollo de un sistema de información digital sobre cambio climático; la firma de convenios de colaboración entre estados y organismos internacionales; la participación activa de México en los acuerdos y tratados internacionales sobre el cambio climático, el fortalecimiento y actualización al marco jurídico y legal en torno al cambio climático.

*Participación social*. Es necesario abrir espacios públicos para el debate y presentación de resultados de la agenda sobre las acciones para enfrentar el cambio climático.

*Agricultura*. Ante la expectativa de que se tendrá un aumento en la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos en donde predominaran la frecuencia y severidad de sequias en el norte y centro de México, y el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos tropicales de precipitación extrema en el sur y sureste del país. Dado que el recurso agua será cada vez más escaso en las áreas afectadas por sequía, es necesario visualizar y evaluar las ventajas de la agricultura protegida y el apoyo político, tecnológico y económico para la agricultura de temporal, así como la implementación de sistemas más eficientes de riego en donde se cuente con agua. Asimismo, son necesarios estudios específicos sobre aparición y expansión de plagas y enfermedades agrícolas que se prevén en los escenarios de cambio climático, para diseñar estrategias de combate y control de las mismas. Los estudios específicos de afectación a cultivos son también necesarios.

*Pesca*. Ante la variación histórica y proyecciones futuras de las anomalías de temperatura superficial del mar y los estudios de los efectos de El Niño en la pesquería, son necesarios estudios sobre ordenamientos pesqueros así como la promoción de pesca y consumo local. La implementación y seguimiento del código de conducta para una pesca responsable. Los estudios específicos de especies de importancia comercial o de conservación para determinar el impacto y las posibles acciones a implementar.

*Ganadería*. La disminución de la disponibilidad de agua y forraje aunado a la presión de la actividad ganadera en el cambio de uso del suelo, así como contribución a la emisión de gases efecto invernadero hace necesario que se establezcan estrategias de mejora de los hatos ganaderos con especies y razas más productivas, así como considerar la ganadería estabulada a pequeña escala. Las políticas de apoyo a la actividad pecuaria, deben orientarse con criterio sustentable, priorizando actividades promuevan la restauración de la capacidad productiva de las áreas ganaderas. Asimismo, dada la importancia de la ganadería en algunos estados del país se hace necesario establecer escuelas de productor a productor que respalden experiencias que permitan sistematizarlas para contribuir a la mitigación del cambio climático.

*Producción Forestal*. Ante la reducción inminente de la superficie de los biomas forestales de clima templado y la expansión del biomas de clima cálido seco, es imperativa la realización de estudios específicos sobre el impacto del cambio climático sobre endemismos y rarezas en flora y fauna del país. Las instancias correspondientes de las áreas naturales protegidas y las regiones prioritarias para la conservación requieren formular una agenda para poder expandir las superficies y en su caso hacer coincidir las áreas donde se trabaja. Incentivar estudios justificativos para declarar nuevas áreas naturales protegidas. Sin duda son relevantes los estudios sobre la expansión de plagas y enfermedades forestales que permitan definir acciones para afrontarlas.





## 3. Seguridad y soberanía alimentaria en contexto de cambio climático para México

La agricultura debe desarrollar una oferta sostenible de productos frente a una demanda creciente de alimentos, los cambios globales hacen que esa misión sea más incierta (FAO, 2013, Nelson, 2009). El cambio climático representa un desafío en la medida en que amenaza con afectar negativamente la producción agrícola nacional. La seguridad alimentaria y el cambio climático es un tema estratégico para México, tanto en el programa internacional de trabajo, como en el trabajo de cabildeo y política de desarrollo.

La seguridad alimentaria y su relación con cambio climático no ha sido un tema relevante en el debate por muchos años, fue hasta en el cuarto informe que se incluyó un tema sobre alimentación, fibra y productos forestales, que fue el primer paso para abordar este tema de manera concreta (Barahona, 2011). A la fecha no se encuentran trabajos publicados que evalúen directamente los efectos del cambio climático sobre la soberanía o la seguridad alimentaria, incluso sobre el comercio de los alimentos como un factor que también influye en ambos conceptos. Piñeiro (2012), señala que los estudios y predicciones acerca de los efectos del cambio climático sobre la soberanía y la seguridad alimentaria, son indirectos. Es decir, con estudios sobre los efectos en la agricultura, la ganadería, forestería y pesca, se derivan las consecuencias hacia la seguridad alimentaria. En ellos, también se destacan los efectos negativos en la producción, precios, abasto y distribución de los alimentos.

Sin embargo, se sabe que los cambios previstos por cambio climático sobre los modelos de producción agrícola afectarán la seguridad alimentaria de dos modos: 1) *Las repercusiones en la producción alimentaria afectarán el suministro de alimentos a nivel local y mundial.* En la esfera mundial, los rendimientos más altos en las regiones templadas contratarían con los rendimientos más bajos de las regiones tropicales. 2) *Las repercusiones en todas las formas de producción agrícola afectarán los medios de subsistencia y la capacidad de acceso a los alimentos.* Los grupos de productores menos capaces de abordar los impactos del cambio climático, son en su mayoría las poblaciones rurales pobres del país, lo que compromete su seguridad y bienestar (FAO, 2007).

La agricultura familiar es un sector de elevada importancia para la seguridad alimentaria en México, las condiciones socioeconómicas particulares de este tipo de producción muchas veces dificultan la recuperación y normalización de sus actividades productivas al ser impactadas por algún fenómeno meteorológico como sequia o lluvias torrenciales, afectando la calidad de vida, la seguridad alimentaria y la estructura social de numerosas comunidades. La pequeña agricultura o agricultura campesina, está íntimamente ligada a la agricultura familiar, ya que se considera que las unidades de producción de pequeña escala generalmente tienen un carácter familiar. En este sentido, la pequeña agricultura o agricultura familiar considera a los productores agrícolas, pecuarios, silvicultores, pescadores artesanales y acuicultores de recursos limitados que, pese a su gran heterogeneidad, poseen las siguientes características principales: acceso limitado a recursos de tierra y capital, uso preponderante de fuerza de trabajo familiar. Se requiere revalorizar el papel de la agricultura familiar en el abasto de alimentos, para ello es necesario políticas claras que les permitan un mejor acceso a recursos productivos, sobre todo tierra y agua; que les brinde acceso a los mercados instituciones y regionales; apoyos en la adopción de innovaciones tecnológicas y una mejor y mayor oferta de servicios financieros (crédito, ahorro, seguro, entre otros) adaptadas a sus necesidades (Baca del Moral, 2014). Una política orientada a la agricultura familiar naturalmente debe emanar desde la Secretaria de Agricultura, pero también debe contar con la visión de otras carteras como la de Planificación, Medio Ambiente, Hacienda, cuidando de que haya financiamiento suficiente en todos los niveles de administración (Robles Berlanga y Ruiz Guerra, 2014).

El gobierno federal mexicano ha centrado su atención en dos mecanismos para la gestión del riesgo en la actividad agropecuaria: a) promoción de la cobertura de seguros individuales a través de la aplicación de recursos fiscales tendientes a apoyar a los productores que adquieren un seguro para sus cultivos o sus animales, b) generación de mecanismos para atender las necesidades de los productores agropecuarios afectados por desastres naturales, mediante un componente para la atención a desastres naturales en el sector agropecuario y pesquero (SAGARPA, 2012).

Ubicamos que muchos de los principales retos actuales, tales como la reducción de la pobreza rural, la mitigación del cambio climático, la conservación de la agro-biodiversidad y la lucha contra la desertificación, están estrechamente relacionados con

la alimentación y la actividad agrícola, por lo que hay una urgente necesidad de realizar investigación, desarrollo, y educación en estas áreas, para formar la próxima generación de líderes y profesionales bajo un nuevo paradigma que atiendan estos complejos desafíos. La agricultura familiar diversificada puede ser una alternativa a las medidas de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

Enfrentar las consecuencias del cambio climático y trascender a las soluciones que puedan evitar que se agrave implica necesariamente la toma de decisiones políticas de amplio alcance, cambios en patrones de consumo individuales y colectivos, programas y estrategias que promuevan aportes tecnológicos, innovación y esquemas institucionales que faciliten la atención de este desafío multicausal y multidimensional.

## Conclusiones

Los estudios de impactos del cambio climático en los sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria, para cada una de las áreas de este sector, han versado en diferentes vertientes.

Para la actividad agrícola, se han enfocado en cambio en las superficies aptas para el desarrollo de los cultivos, cambio en el rendimiento esperado y cambio en la estación de crecimiento. Los resultados en general concuerdan con una posible reducción en las áreas con aptitud para el establecimiento de cultivos, reducción de rendimientos para una amplia gama de cultivos, así como la reducción del periodo de crecimiento asociado a la disminución del número de días con humedad disponible.

Los impactos en las pesquerías están asociados principalmente a los cambios ambientales que afectan la distribución y abundancia de las poblaciones objeto de explotación, en ese sentido, se pueden esperar diferentes respuestas ante condiciones de calentamiento. Estas respuestas no solo modifican directamente la abundancia y disponibilidad de poblaciones objeto de explotación, sino que además causarían cambios en la composición y por tanto en la estructura y función de los ecosistemas marinos, con impactos potenciales indirectos en los recursos de interés.

En el sector forestal, se estima la declinación de las masas arboladas, inducida principalmente por estrés hídrico asociado a eventos de sequía y por el ataque de plagas y enfermedades, debido al estado de debilitamiento de los árboles causado por el estrés hídrico. Las proyecciones de cambio climático para México indican que ocurrirá una importante reducción del hábitat climático propicio para los biomas de clima templado, y una expansión del hábitat climático propicio para biomas de climas cálidos y secos. La declinación forestal indudablemente afectará el ingreso económico de las poblaciones locales, al reducirse la producción de bienes comerciables como la madera y los servicios ambientales que provee el bosque como son la captura de agua y carbono.

La soberanía alimentaria tiende a agravarse asociado al ritmo de crecimiento de la población y por ende la demanda de alimentos. En México se tiene un déficit en la balanza comercial agroalimentaria y si a ello sumamos que el sector agropecuario es uno de los sectores más vulnerables ante el cambio climático, el reto de la seguridad alimentaria es aún mayor. A pesar de su relevancia, este tema no ha sido prioritario en el debate por muchos años, no se encuentran trabajos publicados que evalúen directamente los efectos del cambio climático sobre la soberanía o la seguridad alimentaria, incluso sobre el comercio de los alimentos como un factor que también influye en ambos conceptos, solo se tienen estudios y predicciones indirectos enfocados a los efectos en la agricultura, la ganadería, forestería y pesca, y de estos se derivan las consecuencias hacia la seguridad alimentaria.

En el apartado de adaptación y necesidades, se indican las recomendaciones multidisciplinarias y multicriterios para atender la problemática de cada uno de los sectores involucrados en la producción de alimentos.





## Referencias


**Adger**, W., Brown, K., Cervigni, R. & Moran, D. (1995). Total economic value of forests in Mexico. *Ambio* (vol. 24, pp.286-296).

**Aguilar**-Ibarra, A., Sánchez-Vargas, A. & Martínez-López, B. (2013). Economic impacts of climate change on two Mexican coastal fisheries: Implications for food security. *Econ. Open-Access (vol. 7*, pp. 1-38).

**Allen**, C., Macalady, A., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kizberger, T., Rigling, A., Breshears, D., Hogg, E., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J., Allard, G., Running, S., Semerci, A., Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For. Ecol. Manage*(vol. 259, pp.660–684).

**Aluja**, M., Birke, A., Ceymann, M., Guillén, L., Arrigoni, E., Baumgartner, D., Pascacio-Villafán, C. & Samietz, J. (2014). Agroecosystem resilience to an invasive insect species that could expand its geographical range in response to global climate change. *Agric. Ecosyst. Environ* (vol. 186, pp. 54-63). DOI:10.1016/j.agee.2014.01.017

**Álvarez**, B. S. (2008). Efecto del cambio climático en las pesquerías y los maricultivos de México. En L. González Ania, M. Caso Chávez, (Eds.). Foro-Coloquio sobre cambio climático, pesquerías y acuacultura. México: INAPESCA-INE.

**Anónimo**. (2008). Informe sobre Cambio climático y pesquerías [versión electrónica]. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), y Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Recuperado en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2008_ecc_inf_pesquerias.pdf

**Appendini**, K. & Liverman, D. (1994). Agricultural policy, climate change and food security in Mexico. *Food Policy* (vol. 19, pp.149-164).

**Arredondo**-Moreno, T. & Huber-Sannwald, E. (2011). Impacts of drought on agriculture in Northern Mexico. In H.G. Brauch, (Ed.) Coping with Global Environmental (pp. 875-891). Berlin Heidelberg: **Springer-Verlag**., DOI:10.1007/978-3-642-17776-7

**Arreguín**-Sánchez, F. (2010). Cambio climático y el colapso de la pesquería de camarón rosado (Farfantepenaeus duorarum) de la Sonda de Campeche. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L.A, Gual y G.J. Villalobos-Zapata, (Eds.). Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino, (pp. 453-469). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Avendaño**, H., Acosta, M., Carrillo, F. y Etchevers-Barra, J. (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de Abies religiosa. *Fitotec. Mex.* (vol. 32, pp. 16-20).

**Baca del Moral**, J. (2014). Agricultura familiar como estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático. En la XVII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Veracruz y del Trópico Mexicano. Orizaba, Veracruz.

**Bakun**, A. (2010). Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science,* (80)247, 198-201.

**Banco-Mundial**. (2009). *Desarrollo con menos carbono. Respuestas Latinoamericanas al desafío del cambio climático*. Washington, USA: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.

**Barahona**, A. (2011) [versión electrónica]. Cambio climático y seguridad alimentaria: ejes transversales de las políticas agrícolas. *COMUNIICA.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**Bazzino**-Ferreri, G. (2010). Calamar gigante (Dosidicus gigas) y cambio climático: adaptaciones y vulnerabilidad. En E. Rivera-Arriaga y I. Azuz-Adeath, L. Alpuche-Gual, y G.J. Villalobos-Zapata, (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*, (pp. 473-482). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Bellon**, M., Hodson, D. & Hellin, J. (2011). Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. U.S.A: *Proc. Natl. Acad. Sci*., 108, 13432-13437. DOI:10.1073/pnas.1103373108.

**Bourillón**, L. (2008). Impacto del cambio climático desde la perspectiva del pescador artesanal: una aproximación. En L. González y M. Caso (Eds.). Foro-Coloquio sobre cambio climático, pesquerías y acuacultura. México: INAPESCA-INE.

**Boyd**, R. e Ibarrarán, M.E. (2011). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. *Gac. Econ*., 1.

**Breshears**, D., Cobb, N., Rich, P., Price, K., Allen, C., Balice, R., Romme, W., Kastens, J., Floyd, M., Belnap, J., Anderson, J., Myers, O., Meyer, C. (2005). Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. *Proc. Natl. Acad. Sci.* (vol.102, pp. 15144-15148).

**Campos**, M., Velázquez, A. & McCall, M. (2014). Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. *Land use policy* (vol. 38, pp. 533-540). DOI:10.1016/j.landusepol.2013.12.017

**Castillo**-Alvarez, M., Nikolskii-Gavrilov, I., Ortíz-Solorio, C.A., Vaquera-Huerta, H., Cruz-Bello, G., Mejía-Saenz, E., y González-Hernández, A. (2007). Alteración de la fertilidad del suelo por el cambio climático y su efecto en la productividad agrícola. *Interciencia*, (vol. 32, pp. 368-376).

**Castro**-Ortiz, J. y Ponce-Díaz, G. (2014). Fichas por recurso: Abulón. Informe interno del proyecto: Evaluación del impacto y la vulnerabilidad del sector pesquero ante el cambio climático en el litoral del Pacífico Mexicano.

**Chavez**, F., Ryan, J., Lluch-Cota, S. & Ñiquen, M. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* (vol. 299, pp. 217-221).

**Collins**, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.L., Fichefet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W.J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A.J., Wehner, M. (2013). Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, en: Stocker, T.., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

**Comisión Nacional del Agua** (CONAGUA). (2008). *Programa Nacional Hídrico 2007-2012*. México, D.F.: Autor

**Comisión Nacional Forestal** (CONAFOR) y Universidad Autónoma de Chapingo. (2013). *Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación en México*. Guadalajara, México: Autor.

**Conde**, C., Liverman, D., Flores, M., Ferrer, R., Araujo, R., Betancourt, E., Villarreal, G. Gay, C. (1997). Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Clim. Res.* (vol. 9, pp. 17-23).

**Conde**, C., Ferrer, R.M. y Liverman, D. (2000). Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES – MAIZE. En C. Gay, (Ed.). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. (pp. 93-110). México:Instituto Nacional de Ecología y Universidad Nacional Autónoma de México,

**Conde**, C., Ferrer, R. & Orozco, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera* (vol. 19, pp. 181-194).

**Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación** (CNULD). (1994). Criterios para generar indicadores de Desertificación. Paris, Francia: Autor.

**Cruz**-López, M. (2011). Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa, municipio San Felipe del Progreso estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático. *Ra Ximhai* (vol. 7, pp. 95-106).

**Dreyfuse**, L. M. y Robles, R.H. (2006). Atún del océano Pacífico. En F. Arreguín, L. Beléndez, I. Méndez, R. Solana y C. Rangel (Eds.), Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo, (pp. 41-62). México: INAPESCA, SAGARPA.

**Eakin**, H. (2000). Smallholder maize production and climatic risk: a case study from Mexico. *Clim. Change* (vol. 45, pp. 19-36).

**Escobar** Briones, Elba (2015) Sistemas Oceánicos en Reporte Mexicano de Cambio Climático (RMCC).

**Estrada**, F., Gay, C. y Conde, C. (2012a). A methodology for the risk assessment of climate variability and change under uncertainty. A case study: coffee production in Veracruz. Clim. Change (vol. 113, pp. 455-479). DOI:10.1007/s10584-011-0353-9.

**Estrada**, F., Martínez, B., Gay, C., Conde, C. (2012b). The new national climate change documents of Mexico: what do the regional climate change scenarios represent? *Clim. Change* (vol. 110, pp. 1029-1046). DOI:10.1007/s10584-011-0100-2.

**Feng**, S., Krueger, A. & Oppenheimer, M., (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico-US cross-border migration. *Proc. Natl. Acad. Sci*. (vol. 107, pp. 14257-14262). DOI:10.1073/pnas.1002632107

**Flores**-Campaña, L., Arzola-González, J., Ramírez-Soto, M. y Osorio-Pérez, A. (2012). Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuad. Geogr.* (vol. 21, pp. 115-129).

**Flores**-Hernández, D., Ramos Miranda, J., Ayala-Pérez, L. y Sosa-López, A. (2010). Las pesquerías y el cambio climático. En E. Rivera-Arriaga, L. Azuz-Adeath, A. Gual, y G.J Villalobos-Zapata (Eds.), Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino, (pp. 437-452). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Flores**-Nava, A. (2010). Una reflexión sobre el impacto del cambio climático en las actividades acuícolas costeras de México En E. Rivera-Arriaga, L. Azuz-Adeath, A. Gual, y G.J Villalobos-Zapata, (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino,* (pp. 319- 334). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Flores**-Nieves, P., López-López, M., Ángeles-Pérez, G., Isla-Serrano, M. y Calva-Vásquez, C. (2011). Modelos para la estimación y distribución de biomasa de Abies religiosa (Kunth) Schltdl. Et. Cham en proceso de declinación. *Rev. Mex. Ciencias* (vol. 8, pp. 9-20).

**Fonteneau**, A. & Marsac, F. (2008). Climate changes and offshore pelagic resources, tunas and billfishes. In L. González, Caso, Ch. M. (Eds.), *Foro-Coloquio sobre cambio climático, pesquerías y acuacultura*. México: INAPESCA-INE.

**Food and Agriculture Organization** [FAO]. (2007). Cambio climático y seguridad alimentaria: un documento marco. Roma, Italia: Autor.

**Food and Agriculture Organization** [FAO]. (2013). *Políticas agroambientales en américa latina y el caribe. Análisis de casos de Brasil, Chile, Colombia, México y Nicaragua*. Santiago, Chile: Autor.

**Galicia**, L., Gómez-Mendoza, L. & Magaña, V. (2013). Climate change impacts and adaptation strategies in temperate forests in Central Mexico: a participatory approach. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang*. (pp. 1-22). DOI:10.1007/s11027-013-9477-8.





**Gómez**-Díaz, J., Monterroso-Rivas, A., Tinoco-Rueda, J., Toledo-Medrano, M., Conde-Álvarez, C. & Gay-García, C. (2011). Assessing current and potential patterns of 16 forest species driven by climate change scenarios in México. *Atmósfera*, (vol. 24, pp. 31-52).

**Gómez**-Mendoza, L. & Arriaga, L. (2007). Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of México. *Conserv. Biol*. (vol. 21, pp. 1545-1555).

**González**-Peláez, S., y Luch-Cota, D.B. (2010). Cambio climático y la pesquería de la almeja generosa (Panopea spp) en el Pacífico mexicano. En E. Rivera-Arriaga, L. Azuz-Adeath, A. Gual, y G.J Villalobos-Zapata (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*, (pp. 519-532). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Ibarrarán**, M.E. y Rodríguez-Segura, M. (2007). *Estudio sobre economía del cambio climático en México*. INE, SEMARNAT.

**Instituto Nacional de Ecología** [INE]. (1997). *México: Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: INE, SEMARNAT

**INE**. (2001). *México: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: INE, SEMARNAT.

**INE**. (2006). *México: Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: INE, SEMARNAT.

**INE**. (2009). *México: Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: INE, SEMARNAT.

**INE**. (2012). *México: Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. México, D.F.: INE, SEMARNAT.

**Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática** [INEGI]. (2011). *El sector alimentario en México 2011*. Aguascalientes, México: Autor.

**Joyce**, D. & Rehfeldt, G. (2013). Climatic niche, ecological genetics, and impact of climate change on eastern white pine (Pinus strobus L.): Guidelines for land managers. *For. Ecol. Manage* (vol. 295, pp. 173–192).

**Lluch**-Belda, D., Ponce-Díaz, G., Castro-Ortiz, J., Gómez-Muñóz, V., Villalobos-Ortiz, H., Ortega-García, Del Monte-Luna, P., Rodríguez-Sánchez, R., Hernández-Trejo, V., Saldivar, R., Salvadeo, C., Zepeda-Domínguez, J., Almendárez-Hernández, L., Gómez-cabrera, I. (2013). La Pesca en Baja California Sur ante el Cambio Climático. En A. Ivanova, y A. Gámez, (Eds.), *Baja California Sur ante el Cambio Climático: vulnerabilidad adaptación y mitigación*. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático para Baja California Sur.

**Lluch**-Cota, D. y Lluch-Cota, S. (2010). Efectos ambientales sobre la pesquería del abulón en la península de Baja California. En E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche-Gual, y G.J. Villalobos-Zapata, (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*, (pp. 505-518). Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Lluch**-Cota, S. (2013). Construcción de planes de adaptación del sector pesca ante el cambio climático en México. En D. Soto y R. Quiñones, *Cambio Climático, pesca y acuicultura en América Latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación*. Roma, Italia: ONU - FAO Actas de Pesca y Acuicultura N° 29.

**Lobell**, D.B., Ortiz-Monasterio, J.I., Asner, G.P., Matson, P. A., Naylor, R.L. & Falcon, W.P. (2005). Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico. F. *Crop. Res*. (vol. 94, pp. 250-256). DOI:10.1016/j.fcr.2005.01.007.

**López** Feldman, A. (2013). Climate change, agriculture and poverty: A household level analysis for rural Mexico. *Economics Bulletin* (vol. 33(2), pp. 1126-1139).

**Loya**-Rebollar, E., Sáenz-Romero, C., Lindig-Cisneros, R., Lobit, P., Villegas-Moreno, J. & Sánchez-Vargas, N. (2013). Clinal variation in Pinus hartwegii populations and its application for adaptation to climate change. *Silvae Genet* (vol. 62, pp. 86-95).

**Luers**, A.L., Lobell, D.B., Skar, L.S., Addams, C.L. & Matson, P.A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, México. *Glob. Environ. Chang*. (vol. 13, pp. 255-267). DOI:10.1016/S0959-3780(03)00054-2.

**Magaña**, V. (1999). *Los Impactos de El Niño en México*. México, D.F.: Secretaría de Gobernación.

**Martín**, P. (2012). Las relaciones entre Seguridad Alimentaria, Cambio Climático y Comercio Internacional. *Serie Seguridad Alimentaria*. N° 146

Mátyás, C. (2010). Forecasts needed for retreating forests. Nature (pp. 464, 1271).

**McLaughlin**, R. (2014). Responding to Climate Change Impacts to Fisheries and Marine Habitat in the Gulf of Mexico. In S. Randall, (Ed.), *Climate Change Impacts on Ocean and Coastal Law: U.S. and International Perspectives*. New York: OUP.

**McPhaden**, M. & Rajeevan, M. (2004). Tropical Pacific upper ocean heat content variations and Indian summer monsoon rainfall. *Geophys. Res. Lett*. (vol. 31). DOI:10.1029/2004GL020631.

**Miranda**-Trejo, J., Herrera-Cabrera, B., Paredes-Sánchez, J. y Delgado-Navarro, A. (2009). Conocimiento tradicional sobre predictores climáticos en la agricultura de los llanos de Serdán, Puebla, México. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* (vol. 10, pp. 151-160).

**Monterroso**-Rivas, A., Conde-Álvarez, C., Rosales-Dorantes, G., Gómez-Díaz, J. & Gay-García, C. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera* (vol. 24, pp. 53-67).

**Monterroso**-Rivas, A., Gómez-Díaz, J. y Tinoco-Rueda, J. (2013). Bosque mesófilo de montaña y escenarios de cambio climático: una evaluación en Hidalgo, México. *Chapingo Ser. Ciencias Forestales y del Ambiente* (vol. 19, pp. 29-43).

**Monterroso**-Rivas, A., Conde, C., Gay, C., Gómez-Díaz, J. & López, J. (2014). Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang*. (vol. 19, pp. 445-461). DOI:10.1007/s11027-012-9442-y.

**Morzaria**-Luna, H., Turk-Boyer, P. & Moreno-Baez, M. (2014). Social indicators of vulnerability for fishing communities in the Northern Gulf of California, Mexico: Implications for climate change. *Mar. Policy* (vol. 45, pp. 182–193).

**Muhlia**-Melo, A. y Torres-Orozco, E. (2008). Estrategias de operación para la captura de atún aleta amarilla de la flota mexicana con base en el monitoreo de fenómenos de gran escala El Niño, La Niña y estructuras de mesoescala en el Pacífico Oriental. En L. González y M. Caso, (Eds.), Foro-Coloquio sobre cambio climático, pesquerías y acuacultura. México, D.F.: INAPESCA-INE.

**Narayan**, N. A. & Schulz, M. (2010). Trends in coastal upwelling intensity during the late 20th century. Ocean Sci. (vol. 6, pp. 815-823).

Nelson, G. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI).

**Nikol'skii**, Y.N., Castillo-Álvarez, M., Bakhlaeva, O.S., Gama-Castro, J. & Landeros-Sánchez, C. (2010). Assessing the Effect of Possible Global Climate Changes on the Fertility of Mexican Soils and the Prediction of Crop Yields. *Pochvovedenie (Eurasian Soil Sci*. (vol. 43, pp. 985-992). DOI:10.1134/S106422931009005X.

**Ojeda**-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Íñiguez-Covarrubias, M. y Montero-Martínez, M. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia* (vol. 45, pp. 1-11).

**Pereyra**-Díaz, D., Cruz-Torres, G. & Pérez-Sesma, J. (2011). La Evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático. *Investig. Geográficas* (vol. 75, pp. 37-50).

**Ramírez**-Granados, R., Medina-Barrios, M.P., Peña-Manjarrez, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafeticultura. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* (vol. 5, pp. 473-485).

**Ramírez**-Legarreta, M., Ruíz-Corral, J., Medina-García, G., Jacobo-Cuéllar, J., Parra-Quezada, R., Ávila-Marioni, R. y Amado-Álvarez, J. (2011). Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, (vol. 2, pp. 265-279).

**Rehfeldt**, G., Crookston, N., Sáenz-Romero, C. & Campbell, E. (2012). North American vegetation model for land use planning in a changing climate: A statistical solution to large classification problems. *Ecol. Appl*. (vol. 22, pp. 119-141).

**Rehfeldt**, G., Ferguson, D. & Crookston, N. (2009). Aspen, climate and sudden decline in western USA. *For. Ecol. Manage*, (vol. 258, pp. 2353-2364).

**Rivera**-Silva, M., Nikolskii-Gavrilov, I., Castillo-Alvarez, M., Ordaz-Chaparro, V., Díaz-Padilla, G. y Guajardo-Panes, R. (2013). Vulnerabilidad de la producción de café (Coffea arabica L.) al cambio climático global. *Terra Latinoam*, (vol. 31, pp. 305-313).

**Robles** Berlanga, H. & Ruiz Guerra, A. (2014). Presupuestos para la agricultura familiar y campesina en México. México, D.F.: Oxfam – CRECE.

Rodhouse, P. (2008). Large-scale range expansion and variability in ommastrephid squid populations: a review of environmental links. *CalCOFI Rep*. ( vol. 49, pp. 83-89).

**Rojas**-Soto, O., Sosa, V. & Ornelas, J. (2012). Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodivers. Conserv* (vol. 21, pp. 2671–2690).

**Rosa**, R., Yamashiro, C., Markaida, U., Rodhouse, P., Waluda, C., Salinas-Zavala, C., Keyl, F., O´Dor, R., Stewart, J., & Gilly, W. (2013). Dosidicus gigas, Humboldt Squid, en: Rosa, R., Pierce, G., O'Dor, R. (Eds.), Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries. Part II. Nova Science Publishers, Inc.

**Ruiz**, J., Ramírez, J., Flores, F. & Sánchez, J. (2000). Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex*. (vol. 23, pp. 169-182).

**Ruiz**-Corral, A., Medina-García, G., Ramírez-Díaz, J., Flores-López, H., Ramírez-Ojeda, G., Manríquez-Olmos, J., Zarazúa-Villaseñor, P., González-Eguiarte, D., Díaz- Padilla, G., De la Mora-Orozco, C. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* (vol. 2, pp. 309-323).

**Sáenz**-Romero, C., Monterrubio-Rico, T., Charre-Medellín, J., Alvarez-Jara, M., Rehfeldt, G., NL, C. (2015). Proyecciones de cambio climático para Michoacán y sus efectos en la vegetación, en: CONABIO (Ed.), La Biodiversidad de Michoacán, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - CONABIO.

**Sáenz**-Romero, C., Rehfeldt, G., Crookston, N., Duval, P., St-Amant, R., Beaulieu, J., Richardson, B., St-Amart, A., Bealieau, J., Richardson, B. (2010). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. Clim. Change 102, 595-623. doi:10.1007/s10584-009-9753-5

**Sáenz**-Romero, C., Rehfeldt, G., Duval, P. & Lindig-Cisneros, P. (2012a). Abies religiosa habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *For. Ecol. Manag*e (vol. 275, pp. 98-106).

**Sáenz**-Romero, C., Rehfeldt, G., Soto-Correa, J., Aguilar-Aguilar, S., Zamarripa-Morales, V. & López-Upton, J. (2012 b). Altitudinal genetic variation among Pinus psedostrobus populations from Michoacán, México. Two location shadehouse test results. *Rev. Fitotec. Mex*. (vol. 35, pp. 111 –120).

**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación** (SAGARPA). (2000). Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. México, D.F.: Autor.

**SAGARPA**. (2007). Programa Sectorial de desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012. México, D.F.: Autor.

**SAGARPA**. (2012). México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. México, D.F.: Autor.

**SAGARPA**. (2013). Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario (pp. 2013-2018). México, D.F.: Autor.

**Saldívar**-Lucio, R., Salvadeo, C.J., Lluch-Belda, D. y Villalobos, H. (2013). Proyecciones de la captura de sardina monterrey en la Costa Occidental de Baja California y el Golfo de California. En Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

**Salvadeo**, C., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, S. & Mercuri, M. (2011). Review of Long term macrofauna movement by multidecadal warming trends in the Northeastern Pacific. In J. Blanco & H. Kheradmand (Eds). *Climate Change-Geophysical Foundations and Ecological Effects*. Croatia: Tech Rijeka.

**Salvadeo**, C. y Saldívar-Lucio, R. (2014). Fichas por recurso: Calamar. Informe interno del proyecto: Evaluación del impacto y la vulnerabilidad del sector pesquero ante el cambio climático en el litoral del Pacífico mexicano.

**Salvadeo**, C., Saldívar-Lucio, R., Villalobos, H. y Lluch-Belda, D. (2013). Variabilidad de media y baja frecuencia en el Pacífico mexicano, sus efectos ecológicos y su importancia en los pronósticos climáticos de largo plazo. En Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

**Salvadeo**, C., Vergara-Solano, F. y Torres-Martínez, J. (2014). Fichas por recurso: Atún. Informe interno del proyecto: Evaluación del impacto y la vulnerabilidad del sector pesquero ante el cambio climático en el litoral del Pacífico mexicano.

**Sánchez**-Cohen, I., Inzunza-Ibarra, M., Catalán-Valencia, E., González-Barrios, J., González-Cervantes, G. y Velásquez-Valle, M. (2012). Variabilidad climática y productividad agrícola en zonas con errático régimen pluvial. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, 3, 805-811.

**Sánchez**-Cortés, S. & Lazos-Chavero, E. (2011). Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas , Mexico. *Clim. Change* (vol. 107, pp. 363-389). DOI:10.1007/s10584-010-9972-9.

**Schroth**, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Haggar, J., Eakin, H., Castillejos, T., (…) Ramirez-Villegas, J. (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang* (vol. 14, pp. 605-625). DOI:10.1007/s11027-009-9186-5.

**Schwartzlose**, R.., Alheit, J., Bakun, A., Baumgartner, T., Cloete, R., Crawford, R., Fletcher, W., (…) Zuzunaga, J. (1999). Worldwide large- scale fluctuations of sardine and anchovy populations. *South African J. Mar. Sci*. (vol. 21, pp. 289-347).

**Seijo**, J.C. (2008). Riesgo e incertidumbre en pesquerías bajo condiciones de cambio climático. En L. González-Ania y M. Caso-Chávez, (Eds.), Foro-Coloquio sobre cambio climático, pesquerías y acuacultura. INAPESCA-INE.

**Sievanen**, L. (2014). How do small-scale fishers adapt to environmental variability? Lessons from Baja California Sur, Mexico. *Marit. Stud*. (vol. 13, pp. 2-19).

**Smith**, S., Mendoza, M., Zúñiga, G., Halbrook, K., Hayes, J. & Byrne, D. (2013). Predicting the distribution of a novel bark beetle and its pine hosts under future climate conditions. *Agric. For. Entomol* (vol. 15, pp. 212–226).

**Solana**-Sansores, L. (2010). Efectos sociales, económicos y políticos del cambio climático en las pesquerías mexicanas. En E. Rivera-Arriaga y I. Azuz-Adeath, L. Alpuche-Gual, y G.J. Villalobos-Zapata, (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino* (pp. 305-318). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Solana**-Sansores, L. y Compeán-Jiménez, G.A. (2010). Efectos del cambio climático en la pesquería mexicana del atún del Pacífico. En E. Rivera-Arriaga y I. Azuz-Adeath, L. Alpuche-Gual, y G.J. Villalobos-Zapata, (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino* (pp. 465-472). Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Sturrock**, R., Frankel, S., Brown, A., Hennon, P., Kliejunas, J., Lewis, K., Worrall, J., Woods, A. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant Pathol* (vol. 60, pp. 133-149).

**Téllez**-Valdés, O. & Dávila-Aranda, P. (2003). Protected areas and climate change: a case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán biosphere reserve, México. *Conserv. Biol*. (vol. 17, pp. 846-853).

**Téllez**-Valdés, O., Dávila-Aranda, P. & Lira-Saade, R. (2006). The effects of climate change on the long-term conservation of Fagus grandiflora var. mexicana, an important species of the cloud forest in eastern México. *Biodivers. Conserv*. (vol. 15, pp. 1095-1107).

**Tinoco**-Rueda, J., Gómez-Díaz, J., y Monterroso-Rivas, A. (2011). Efectos del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco, México. *Terra Latinoam* (vol. 29, pp. 161-168).

**Tiscareño**, M., Báez, A., Izaurralde, C., Rosenberg, N.J. & Salinas, J. (2003). Modeling El Niño Southern Oscillation climate impact on Mexican agriculture. *Geofísica Int*. (vol. 42, pp. 331-339).

**Tripp**-Valdez, M. y Lluch-Cota, S. (2013). Cambio Climático y Recursos Pesqueros Masivos de México. En Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

**Ureta**, C., Martínez-Meyer, E., Perales, H.R. & Álvarez-Buylla, E.R. (2012). Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Glob. Chang*. Biol. (vol. 18, pp. 1073-1082). DOI:10.1111/j.1365-2486.2011.02607.x.

Van-Zonneveld, M., Jarvis, A., Dvorak, W., Lema, G. & Leibing, C. (2009). Climate change impact predictions on Pinus patula and Pinus tecunumanii populations in Mexico and Central America. For. Ecol. Manage (vol. 257, pp. 1566-1576).

**Villers**-Ruiz, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C. y Hernández, J. (2009). Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia* (vol. 34, pp. 322-329).

**Villers**-Ruiz, L. & Castañeda-Aguado, D. (2013). Species and plant community reorganization in the Trans-Mexican Volcanic Belt under climate change Conditions. *J. Mt. Sci*. (vol. 10, pp. 923-931).

**Villers**-Ruiz, L. & Trejo-Vazquez, I. (1997). Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. *Clim. Res*. (vol. 9, pp. 87-93).

**Zacarías**-Eslava, Y. & Del Castillo, R. (2010). Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles altitudinales ante el cambio climático. *Boletín la Soc. Botánica México* (vol. 87, pp. 13-28).

**Zárate**-Noble, V. y Solana-Sansores, L. (2010). Efectos del cambio climático en las poblaciones de ostión (Crassostrea virginica) de las lagunas costeras del Golfo de México. En E. Rivera-Arriaga y I. Azuz-Adeath, L. Alpuche-Gual, y G.J. Villalobos-Zapata, (Eds.), *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino* (pp. 493-498). Universidad Autónoma de Campeche, Cetys-Universidad y Gobierno del Estado de Campeche.

**Zarazúa**-Villaseñor, P., Ruiz-Corral, J., González-Eguiarte, D., Flores-López, H. y Ron-Parra, J. (2011). Impactos del cambio climático sobre la agroclimatología del maíz en ciénega de Chapala, Jalisco. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* (vol. 2, pp. 351-363).

# Capítulo 6

## ECOSISTEMAS DE MÉXICO

**Autor líder:**
Sandro Cervantes Núñez[3]

**Autores colaboradores:**
Antony Challenger[64], Cesar Hernández Hernández[65], Carlos Gay y García[1, 3], María de Jesús Ordóñez Díaz[27], José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz[19,67], Martha Gual Díaz[66] y María Teresa Rodríguez Zúñiga[66].

[1]UNAM PINCC Programa de Investigación en Cambio Climático, [3]UNAM CCA Centro de Ciencias de la Atmósfera, [19]UNAM Facultad de Ciencias. [27]UNAM CRIM Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Campus Morelos, Campus Morelos, [64]UNAM IIES Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Campus Morelia, [65]CONAMP Comisión Nacional de Áreas Protegidas, SEMARNAT, [66]CONABIO Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, [67]S.A.C.C. Servicios Ambientales y Cambio Climático, A.C.

**Palabras clave:** Ecosistemas, Cambio Climático, Servicios Ecosistémicos, Actividades Humanas, Diversidad, Socio-EcoSistemas, Áreas Naturales Protegidas, Cobertura vegetal, Tipos de vegetación.

## Resumen

Los seres humanos utilizamos los recursos (hábitat, energía y nutrientes entre otros), que nos brinda nuestro planeta, para desarrollar nuestras funciones vitales, sin embargo, a diferencia de todo el mundo natural, también desarrollamos una serie de actividades (productivas, comerciales y económicas entre otras), a través de las cuales creamos bienes y servicios (algunas veces superfluos y excesivos para nuestra estabilidad y supervivencia como especie), provocando un desequilibrio tanto en nuestro sistema biológico-ecológico-ambiental (ecosistema), como en todos los demás ecosistemas de este planeta finito. Después de la revolución industrial y hasta la fecha, como consecuencia de nuestras actividades, hemos alterado la composición química de nuestra atmósfera, al emitir enormes cantidades de gases de efecto invernadero, más allá de las capacidades de recaptura por parte de la biosfera, la hidrosfera y la litosfera, de nuestro planeta. En este capítulo se elabora una revisión sobre el "estado del arte" de la situación de los ecosistemas de México ante el cambio climático antrópico. La idea es brindar al lector un marco histórico y una actualización, sobre los impactos negativos reportados, que el cambio climático y las actividades humanas, han ejercido y seguirán ejerciendo sobre la biodiversidad, y la provisión de bienes y servicios que poseen, generan y nos brindan los abundantes ecosistemas de nuestro país. Dado el evidente y normal acoplamiento de los sistemas sociales a los ecosistemas, y a las interrelaciones y retroalimentaciones que se generan entre estos y el clima, se considera pertinente explicar los impactos que estas relaciones conllevan y las soluciones nacionales que se han sugerido ante los mismos.

## Introducción

Desde sus inicios hasta la fecha, los seres vivos que hemos habitado este planeta hemos utilizado todos los recursos y energías que nos rodean y establecimos una serie de nichos ecológicos sobre ellos, sin embargo, a diferencia de todas las demás especies, los seres humanos tendemos a utilizar más espacio, agua, biomasa y energía de la que necesitamos para sobrevivir. Prácticamente desde el origen de la agricultura, las diversas actividades humanas han ido progresivamente afectando la diversidad del planeta y el ambiente local, regional y global, poniendo en riesgo la producción, distribución, cantidad, calidad y permanencia de diversos recursos naturales y de los ecosistemas que los producen y regulan (Cohen, 1995; Eldredge, 1998).

Aún cuando los ecosistemas existieron durante millones de años sin la presencia humana, nuestra especie es totalmente dependiente de ellos, ya que proveen los servicios ecológicos, bienes, y recursos naturales sin los cuales nuestra economía no puede existir, y porque crean y mantienen las condiciones que permiten la vida humana (Fernández y Martínez, 2004; CICC, 2009, 2010a).

Desde hace aproximadamente 2 siglos, las actividades humanas han favorecido la acumulación en la atmósfera, de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales provocan un calentamiento atmosférico que a su vez, afecta el ciclo del agua, incrementando la frecuencia e intensidad de las sequías, lluvias torrenciales, derretimiento de casquetes polares y glaciares, fenómenos hidrometeorológicos (como ciclones y huracanes) que promueven cambios en los ecosistemas, acrecientan las catástrofes naturales, afectan a los asentamientos humanos y sus cultivos; en los ecosistemas, ponen a prueba la resiliencia de las especies además de generar graves daños económicos (Tompkins y Adger, 2004; Williams, 2012; Moritz y Agudo, 2013).

Actualmente, la mayoría de los ecosistemas ya se encuentran bastante perjudicados por los impactos directos de las actividades humanas, entre las que destacan, la deforestación para el cambio del uso del suelo (mayoritariamente hacia usos agropecuarios), la intensificación de las prácticas agropecuarias e industriales, las actividades forestales no sustentables, en especial la tala ilegal, la sobreexplotación de especies, la contaminación del agua, suelo y aire, y los incendios, entre otras causas (Dirzo y Miranda, 1991; Challenger y Elizondo, 1998; Challenger et ál., 2009).

Los factores climáticos imperantes, en interacción con la topografía, determinan la distribución de la vegetación (Rzedowski, 1996), mientras que la interacción clima-topografía-ecosistemas determina los procesos de erosión y sedimentación, las funciones hidrológicas y la provisión de una gama de servicios ecosistémicos propios de cada unidad de territorio, y finalmente, todo lo anterior condiciona los usos y actividades humanas (MEA, 2005).





Los ecosistemas naturales de México y los sistemas sociales acoplados a ellos (sectores productivos y económicos, redes de infraestructura, zonas habitadas, instituciones de gobierno, entre otros), integran "sistemas socio-ecológicos" o "socio-ecosistemas" (SES) (Gallopin, 2001; Challenger et ál., 2014).

Es bien sabido que México posee una serie de características (ubicación geográfica, puente entre la región Neártica y la Neotropical, gran variedad de climas, accidentada topografía, y compleja historia geológica y cultural), que lo convierten en un país megadiverso. Cómo se podrá apreciar en el resto de este capítulo, esa enorme riqueza biológico-ecológica, actualmente está en peligro, no sólo frente a las actividades humanas productivas en constante expansión, sino también ante la problemática ambiental (degradación de ecosistemas y la pérdida de especies), que genera el cambio climático y su retroalimentación hacia y desde, los SES. Para nuestro país, poseer y conservar esta enorme riqueza natural es una gran responsabilidad y por ello se considera que el instrumento de política ambiental con la mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad son las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Las ANP aumentan la capacidad de adaptación[1] de los ecosistemas y comunidades a los impactos del cambio climático. Además contribuyen sustancialmente a su mitigación mediante la captura y almacenamiento de carbono (SEMARNAT-CONANP, 2014).

A nivel mundial se han implementado diferentes acciones para enfrentar la vulnerabilidad y la adaptación, a fin de reducir, mitigar y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la perdida de hábitats, degradación de ecosistemas y extinción de especies. Los avances son mínimos en comparación con los cuantiosos daños ambientales tanto directos como colaterales. Las naciones del mundo han tenido un bajo compromiso y limitada acción para frenar el modelo actual de desarrollo que atenta contra la naturaleza e incluso contra la propia supervivencia del ser humano a mediano y largo plazo.

Socio-EcoSistemas (SES). El concepto de socio-ecosistema o sistema socio-ecológico fue desarrollado por el ecólogo argentino Gilberto Gallopin a principios de los 1990 (Gallopin, 1994). Se concibe como cualquier sistema que integra un componente biofísico y un componente social o humano. El concepto ha sido adoptado por quienes se interesan en cuestiones de desarrollo y medio ambiente en diversas disciplinas (ecología, economía, ciencias sociales y otras), como un modelo para a investigación e implementación de políticas de gestión ambiental.

Las ANP, son porciones terrestres o marinas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados (CONANP, 2015).

## 1. Cobertura vegetal y tipos de vegetación en México

La cobertura vegetal es el mejor indicador del estado de salud de los ecosistemas naturales, de la diversidad biológica, así como del impacto de las actividades antropogénicas. La vegetación como cobertura, es un componente del paisaje y es considerada como la síntesis de diferentes procesos: biogeográficos, geológicos y ambientales, es un buen indicador de la distribución de la

[1] La adaptación es la reducción de la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades humanas ante los impactos del cambio climático, así como el aumento de su capacidad de resilencia (CONANP, 2012a).

riqueza y diversidad biológica (Toledo et ál., 1993; Ordóñez, 2002). Sin embargo, la cobertura es un elemento altamente dinámico que presenta variaciones en el espacio y en el tiempo, en su composición, estructura y distribución (Ordóñez, 2002), aspectos que representan retos importantes para su estudio, monitoreo y evaluación de los recursos naturales que alberga.

**Cuadro1. Trabajos realizados para clasificar la cobertura vegetal de la República Mexicana y su representación cartográfica**

| Autor/Método | Enfoque clasificación | Categorías | Escala | Método de clasificación |
|---|---|---|---|---|
| Smith, 1940 | Fisiografía distribución de vertebrados "ideales" y su relación con hábitats | 2 Regiones geográficas, 3 subregiones y 23 Provincias bióticas | 1:10,000,000 | Recorridos de campo y colecta de vertebrados identificadas 85 formas de Sceloporus |
| Goldman y Moore, 1945 | Historia geológica, altitud, orientación, condiciones ambientales asociaciones de flora y distribución de aves y mamíferos | 18 Provincias bióticas | 1:20,000,000 | Recorridos de campo revisión y colecta de aves y mamíferos, relaciones biogeográficas y correlación de vegetación y fauna |
| Leopold, 1950 | Unidades biogeográficas definidas por altitud, pendiente, exposición, clima y composición florística | 2 Zonas de Vegetación 12 tipos de vegetación que incluyen numerosas comunidades | 1:10,000,000 | Observaciones de campo, colecta de material vegetal |
| Miranda y Hernández X. 1963 | Fisonómico, florístico, estructural con análisis de la relación clima vegetación y suelo. | 32 tipos de vegetación | sin mapa | Observaciones de campo, colecta de material vegetal |
| West, 1964 | Descripción del ambiente natural y su relación con desarrollo cultural clima y vegetación | 3 reinos 13 regiones naturales 16 subregiones | 1:25,000,000 | Relación clima altitud y vegetación con desarrollo de grupos culturales |
| Wagner, 1964 | Distribución espacial de la vegetación en base a estructura fisonomía morfología medio ambiente y etapa climax (Beard 1955) | 7 formaciones | 1:25,000,000 | Descripción de tipos de vegetación de México adecuándolos al sistema de Beard |
| Pennington y Sarukhan, 1968 | Ecológico-florístico fitogeográfico modificación de Miranda y Hernández X. 1963 | 17 tipos de vegetación | 1:30,000,000 | Recorridos de campo, colecta de material vegetal, revisión de colecciones descripciones taxonómicas y mapas de distribución por tipo de vegetación |
| Flores Mata, 1971 | Fisiografía, clima, fisonomía, ecología y composición florística | 4 Regiones 25 tipos de vegetación | 1:2,000,000 | Revisión de clasificaciones cartografía, síntesis, reclasificación y mapeo de unidades |
| Rzedowski, 1978 | Fisiografía, clima, altitud, afinidades geográficas, coeficientes de similitud entre floras y aspectos ecológicos | 2 reinos 4 regiones 17 Provincias florísticas y 9 tipos de vegetación | 1:10,000,000 | Análisis de afinidades geográficas, coeficientes de similitud entre floras y aspectos ecológicos, recorridos de campo y colecta de material vegetal |
| INEGI, 1980 | Inventario de recursos naturales, tipos de vegetación relación clima vegetación y suelo, fisonomía, estructura y composición | 6 grandes clases 50 tipos de vegetación y 6 de uso del suelo | 1:80,000 generalizada a esc 1:250,000 | 50 puntos de verificación por carta escala 1:250,000 datos de suelo, roca, tipo de vegetación y colecta de material vegetal interpretación visual de fotos aéreas escala 1:80,000 de 1980 |
| SARH, 1992 | Evaluar condiciones de áreas forestales en cuanto a existencias, incrementos, estado sanitario de bosques | 9 clases de cobertura en imagen AVHRR y 17 clases al sumar información de imagen LANDSAT y reportes de campo da 10 tipos de vegetación 7 de uso del suelo | 1:1,000,000 | Procesamiento digital de imagen AVHRR y 13 imágenes LANDSAT TM datos de 720 estudios dasonómicos y planes forestales, |
| Toledo y Ordóñez, 1992 | Precipitación, temperatura, altitud y biogeografía reclasificación de INEGI, 1980 | 7 zonas ecológicas | 1:1,000,000 | Revisión y síntesis de Flores Mata, 1971; INEGI, 1980 y Rzedowski, 1978 |
| Rzedowski, 1992 | mismo de 1978 | 9 tipos de vegetación | 1:4,000,000 | Síntesis de trabajos anteriores |
| SARH, 1994 | Actualizar información estadística y cartográfica de la superficie forestal por tipo de vegetación, formaciones y clases de uso. Determinar existencias y volúmenes maderables | 6 ecosistemas 9 formaciones 29 tipos de vegetación y 9 clases no forestales | 1:250,000 | Interpretación visual de 57 imágenes LANDSAT-TM |

**Fuente: Elaboración de Ordoñez, M.J. con información de Smith, 1940; Goldman y Moore, 1945; Leopold, 1950; Miranda y Hernández X. 1963; West, 1964; Pennington y Sarukhan, 1968; Flores Mata, 1971; Rsedowski, 1978, 1992; INEGI, 1980; SARH, 1981, 1994; Toledo et ál., 1993.**





Las 14 propuestas de clasificación más importantes de los tipos de vegetación de México, publicadas en el siglo XX, se muestran en el (Cuadro 1); los enfoques, criterios, tipos de vegetación (Cuadro 2), métodos y escalas empleados tanto en los términos y categorías utilizadas en las clasificaciones, como en la representación cartográfica de las comunidades vegetales, propuestas por cada autor han sido muy diversos. A la fecha se han identificado más de mil términos para describir la cobertura vegetal del país y numerosas leyendas a diferentes escalas, que no permiten su comparación entre sí. Los criterios más empleados consideran aspectos de composición florística, estructura fisonómica y aspectos ecológicos de distribución (Ordóñez, 2002).

La forma de evaluar y agrupar las comunidades vegetales depende básicamente del objetivo de la clasificación y el uso que se le dará al material generado como: cuantificar los volúmenes maderables disponibles; describir la cobertura vegetal; identificar regiones biogeográficas o culturales; asignar diferentes usos de suelo como uso potencial; agricultura de temporal y riego; o determinar los coeficientes de agostadero (Leopold, 1950; West, 1964; Wagner, 1964; Flores Mata et ál., 1971; Rzedowski, 1978; 1992, INEGI, 1980, 1994 y 2000; SARH, 1992 y 1994; FAO, 1981, 2006; Masera et ál., 1992 y 1997; Ordóñez, 2002).

El uso de las diferentes clasificaciones y mapas por los sectores académicos y gubernamentales del país hace más complejo y difícil la estimación de la cobertura vegetal y el seguimiento del proceso de cambio de uso del suelo del territorio nacional. En 1993 Toledo y Ordoñez publicaron "El panorama de la biodiversidad de México", trabajo que resume las características de la Regiones Ecológicas del País

**Cuadro 2. Tipos de vegetación de INEGI (2007), agrupados en cada Región Ecológica**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Templada Húmeda | Bosques | Coníferas | Bosque de táscate<br>Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)<br>Bosque de pino<br>Matorral de coníferas |
| | | Latifoliadas | Bosque de encino |
| | | Coníferas-Latifoliadas | Bosque bajo-abierto<br>Bosque pino-encino (incluye encino-pino) |
| Templada Subhúmeda | Bosques | Bosque Mesófilo de montaña | Bosque mesófilo de montaña |
| Tropical Húmeda | Selvas | Perennifolia y subperennifolia | Selva alta y mediana perennifolia<br>Selva baja perennifolia<br>Selva alta y mediana subperennifolia<br>Selva baja subperennifolia |
| Tropical Subhúmeda | Selvas | Caducifolia y subcaducifolia | Selva mediana caducifolia y subcaducifolia<br>Selva baja caducifolia y subcaducifolia<br>Matorral subtropical<br>Selva baja espinosa |
| Árida-semiárida | Matorral | Mezquital<br>Matorral xerófilo | Mezquital (incluye huizachal)<br>Matorral crasicaule<br>Matorral sarcocrasicaule<br>Matorral sarcocaule<br>Matorral sarcocrasicaule de neblina<br>Matorral desértico micrófilo<br>Matorral desértico rosetófilo<br>Matorral rosetófilo costero<br>Vegetación de desiertos arenosos<br>Matorral espinoso tamaulipeco<br>Matorral submontano<br>Chaparral |
| | Pastizal | Pastizal | Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)<br>Pastizal inducido<br>Sabana |
| Alpina | Pastizal | Pastizal | Pradera de alta montaña |
| Transición Tierra-Mar | Vegetación hidrófila | Vegetación hidrófila | Manglar |

**Fuente: Elaboración de Ordoñez, M.J. con información de Toledo y Ordóñez 1993 e INEGI, 2007**



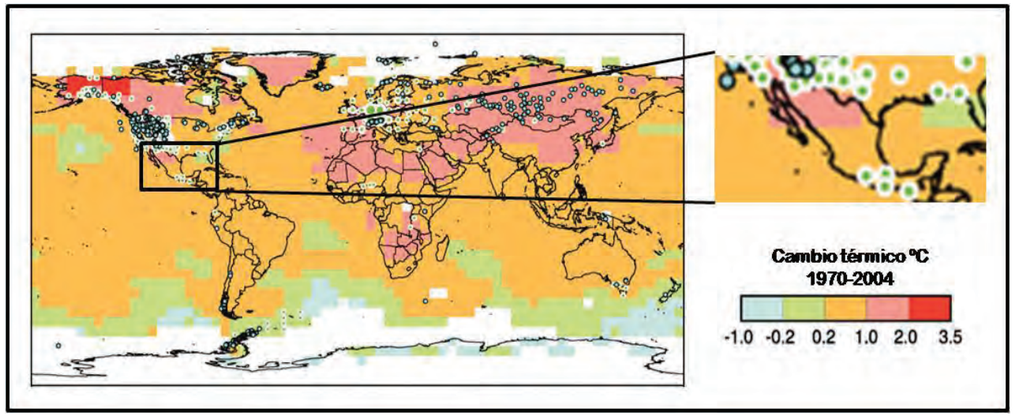


## 2. El cambio climático y sus impactos ambientales y ecológicos en México, hasta ahora

Entre las modificaciones en los variables climáticos observados en México debido al cambio climático antropogénico, a partir de 1960, se incluyen (Met Office, 2011):

- Aumento de la temperatura media anual de 1 °C en el centro y sur, y 2 °C en el norte, entre 1970 y 2004 (Figura 1);
- Aumento de la temperatura media anual por más de 2 °C, en diversas ciudades (Figura 2)[2] ;
- Frecuencia reducida de días fríos y mayor frecuencia de noches calurosas;
- Aumento generalizado en las temperaturas invernales, promediadas sobre el país, por lo que los inviernos fríos son menos frecuentes y los cálidos más frecuentes;
- Precipitación reducida en el sureste del país.

**Figura 1. Cambios en la temperatura de la superficie terrestre, 1970-2004**




**Fuente: Elaboración de Challenger, A. y Cervantes, S., modificado de Parry et ál., 2007, Fig. SPM1, p. 4.**

- Cambios en la temperatura del aire en la superficie, durante el periodo 1970-2004. El mapa se basa en un subconjunto de alrededor de 29,000 series de datos seleccionados de aproximadamente 80,000 series de datos de 577 estudios seleccionados por cumplir con criterios específicos. Las áreas en blanco no contienen un número suficiente de observaciones para poder estimar una tendencia en la temperatura. -

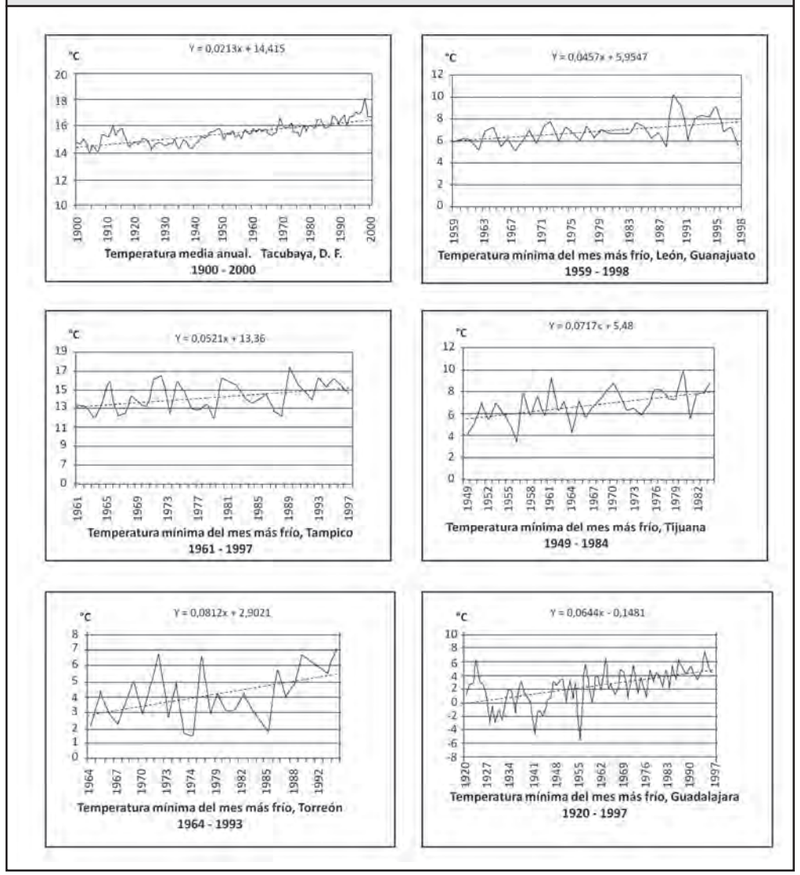
Entre los impactos actuales generados en los sistemas naturales y humanos de México a causa de estas modificaciones en los variables climáticos, se reportan:

- Retroceso y derretimiento de glaciares en montañas altas (Vázquez, 2004), para más información, consultar el capítulo de la Criosfera en México, del volumen I del Reporte Mexicano de Cambio Climático.
- Afectaciones a caudales de los ríos alimentados por el hielo glaciar (ibid).
- Cambios en las abundancias relativas y distribuciones naturales de especies de flora y fauna silvestres, en ecosistemas terrestres, como respuesta adaptativa (Brown, Valone y Curtin, 1997; Sinervo et ál., 2010; Parmesan, 2006).
- Extirpación local de poblaciones de especies silvestres, aun existiendo su hábitat (Parmesan, 2006).

[2]Las ciudades intensifican el calentamiento localizado debido a su efecto de "isla de calor".

- Cambios distribucionales de especies marinas (ibid).
- Aumento en la frecuencia de eventos de blanqueamiento y muerte de coral (Goreau y Hayes, 1994; Carriquiry et ál., 2001).
- Mayor distribución de enfermedades infecciosas por vectores, como el dengue (Koopman et ál., 1991).
- Bajas en los rendimientos en la producción agropecuaria causadas por mayores temperaturas y sequía (Feng, Krueger y Oppenheimer, 2010), lo que estimula la emigración de agricultores mexicanos a EE.UU.

**Figura 2. Registros de la temperatura media anual en diversas ciudades**




**Fuente: Modificado de Jáuregui, 2004, gráfica 2, pp. 285-286.**

- El aumento en la temperatura del aire de las zonas urbanas, que se percibe con mayor claridad al analizar el mes más frío, se debe en parte al cambio climático, y en parte debido al efecto de la "isla de calor" generado por la expansión urbana (sobre todo durante la segunda mitad del siglo XX). Aunque no es posible analizar por separados estos fenómenos, es casi siempre mayor el efecto de la "isla de calor". En esta figura, el incremento en la temperatura está expresado en ºC/año en el coeficiente x en la ecuación de regresión adjunta a cada gráfica. -





Si bien los eventos meteorológicos extremos de años recientes como las inundaciones en Tabasco y la prolongada e intensa sequía que afectó el norte del país pueden ser relacionados con, o haber adquirido su intensidad debido a, el cambio climático, de acuerdo con los escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Parry et ál., 2007), no existe aún evidencia científica que compruebe una relación directa de causa y efecto.

## 3. El cambio climático y sus impactos ambientales y ecológicos en México, al futuro

Desafortunadamente, la modelación de escenarios futuros del cambio climático, aunque cada vez más sofisticada, integral y confiable, en la medida en que se incorporan nuevos series de datos y nuevos variables[3] , no es capaz, aún, de generar escenarios confiables de resolución espacial mayores a la de la escala nacional. Debido a ello, la información disponible en términos de las proyecciones futuras del cambio climático en México, no permite desglosar a escalas subnacionales con grados de confiabilidad aceptables para que sean útiles para la planeación de medidas de adaptación a la escala regional o local. Inclusive, los escenarios actualmente existentes no concuerdan plenamente entre sí, sobre los impactos potenciales a la escala nacional (Met Office, 2011; OECD, 2009).

Solo se puede considerar que, debido a las cantidades de GEI ya emitidas a la atmósfera y bajo el escenario "A1B" de Business as usual (sin cambios sustantivos en el las tendencias actuales) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Parry et ál., 2007), que hacia el año 2100:

- El nivel del mar seguirá aumentando debido a la expansión térmica (los modelos no incluyen el derretimiento del hielo de los casquetes polares), alcanzando subir de 21 a 48 cm, siendo ciertas zonas de las costas del Golfo de México y del Caribe las más vulnerables a posibles inundaciones relacionadas (Ortiz-Pérez y Méndez Linares, 2000);
- La temperatura media anual del país seguirá en aumento, alcanzando subir hasta 4 °C en el norte, y cerca a 2.5 - 3.5°C en el resto del país;
- La intensidad de fenómenos hidrometeorológicos, como los huracanes, aumentará hacia el futuro;
- Se esperan cambios en la distribución espacial y temporal de la precipitación, pero sin poder decir con confianza las pautas más probables de tales cambios (Met Office, 2011; Parry et ál., 2007);

Es altamente probable que todos estos impactos presionarán a las especies silvestres a intentar desplazarse geográficamente para mantenerse dentro de sus rangos de tolerancia de temperatura y humedad (Walther et ál., 2002), o bien modificarán su comportamiento o fenología de acuerdo a las nuevas fechas de comienzo de las estaciones del año, en términos de las condiciones climáticas (Møller et ál., 2008).

Estos cambios podrían tener diversos efectos en los ecosistemas naturales, ya que algunas especies podrían desplazarse juntas, si tienden a formar y conservar asociaciones mutualistas (p.ej., plantas y sus insectos polinizadoras), lo que podría ayudar a conservar ciertas comunidades ecológicas. O bien, otras especies en relaciones mutualistas podrían desplazarse o cambiar otras pautas de comportamiento (brotar, romper la invernación, o eclosionar en fechas más tempranas, etc.), de manera desfasada, lo que provocaría que la sobrevivencia y éxito reproductivo de la especie más dependiente se viera afectado, quizás hasta amenazar su persistencia a largo plazo (Durant et ál., 2007; Møller et ál., 2008).

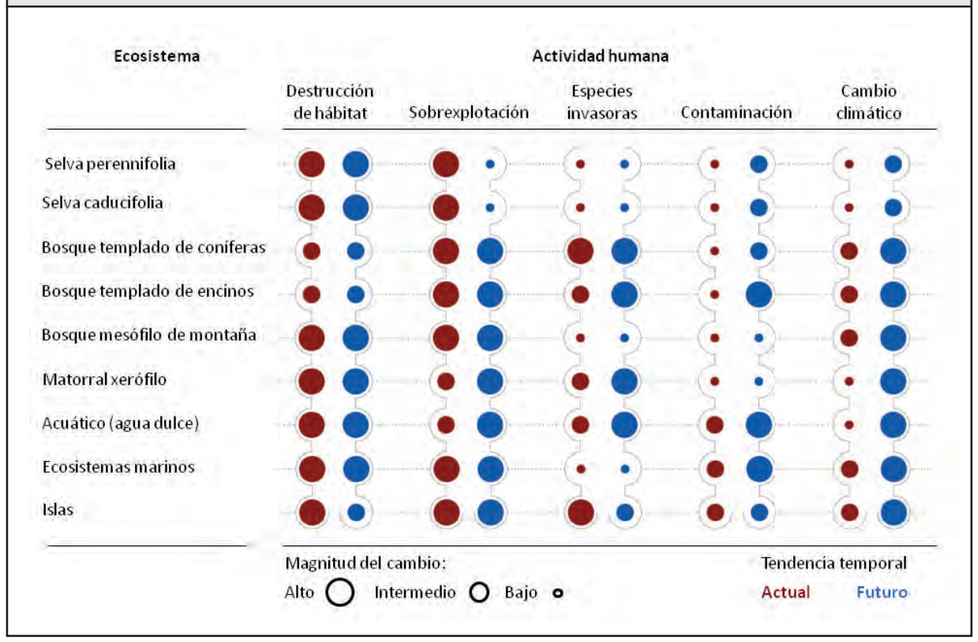
Ciertas especies, sobre todo de pastos, y otras especies vegetales de semillas pequeñas dispersadas por el viento, podrían cambiar sus vías y patrones de distribución con mayor velocidad que otras, volviéndose especies "invasoras" en otros ecosistemas, y tal vez alterando la ecología de estos, por ejemplo volviéndolos más propensos a los incendios forestales, debido a la acumulación de biomasa muerta (Chapin III et ál., 2000; Brooks et ál., 2004).

Además de los efectos del cambio climático sobre las especies y sus relaciones, también existen, y se esperan más y mayores

[3]Derivados de la fase 3 del Proyecto Inter-comparable de Modelos Acoplados (Coupled Model Intercomparison Project o CMIP3, en inglés), que utiliza y combina los resultados de diversos modelos de simulación del clima de diversas fuentes. Met Office, 2011.

impactos negativos sobre los demás componentes de los ecosistemas (abióticos), los cuales, aunados a los pasados, presentes y futuros impactos provenientes de las actividades humanas (aunque para ciertos ecosistemas, especialmente los de las islas, algunos de ellos están disminuyendo), se estima que afectarán un mayor número de ecosistemas en México, más que cualquier otra fuente de presión, contribuyendo con creces al deterioro de su biodiversidad y de la calidad y cantidad de sus servicios ecosistémicos (Fig. 3) (Dirzo y Miranda, 1991; Challenger y Elizondo, 1998; Challenger et ál., 2009).

**Figura 3. Impactos humanos en los ecosistemas de México**




**Fuente: Elaboración de Challenger et ál., 2009, Fig. 1.4, p. 48.**

## 4. Afectación ecosistémica ante el cambio climático

Entre los ecosistemas que reciben los mayores impactos negativos del cambio climático, y de manera más anticipada, son aquéllos de climas templados, húmedos y fríos, propios de las montañas (Villers y Trejo, 2004). En especial, aquéllos ecosistemas que existen en México en, o cercanos a, las cimas de las montañas más altas, como son **la tundra alpina** y los **pastizales alpinos**, los cuales no tienen, literalmente, hacia donde desplazarse, ni horizontal, ni verticalmente (son como "islas en el cielo"), de esta manera, corren el riesgo de extinguirse y de ser invadidos por especies de los ecosistemas de menor altura (Villers y Trejo, 2004; Lozano-García y Vázquez, 2005; Cannone, Sgorbati y Guglielmin, 2007).

Otro ecosistema bajo la extrema presión actual y futura de los efectos del cambio climático, es el **bosque mesófilo de montaña** (Challenger y Elizondo, 1998; Williams Linera, 2007; Sánchez-Ramos y Dirzo, 2014). Es un ecosistema de por sí amenazado, debido a su distribución natural fragmentaria y escasa entre las selvas tropicales de menores altitudes y los bosques templados de mayores, y a su característica mezcla de elementos tanto tropicales como templados, únicamente posibles debido a las condiciones de alta humedad atmosférica que se encuentran en las zonas en que se desarrolla, al nivel de las nubes, o bien en declives y laderas sujetas a neblinas durante casi todo el año.





El bosque mesófilo de montaña es el ecosistema más diverso de México, en relación con el espacio que ocupa (Challenger y Elizondo, 1998), y una proporción considerable de esta enorme biodiversidad es endémica, de la cual una buena parte se encuentra, también, amenazada (Sánchez-Ramos y Dirzo, 2014). Entre las especies en riesgo, se incluyen 71 % de los árboles del bosque mesófilo, que se encuentran en alguna de las categorías de riesgo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), e inclusive 37.9 % de estas especies se consideran en peligro, o en peligro crítico de extinguirse (González-Espinosa et ál., 2011; Challenger, 2011).

IUCN. Es la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, con sede en Gland, Suiza. Fundada en 1948, es la más antigua organización mundial que trabaja en asuntos del medio ambiente, y entre sus logros es la sistematización de la información sobre las especies en diversas categorías de riesgo, por medio de la publicación de las "Listas Rojas".

El bosque mesófilo no sólo es uno de los ecosistemas de mayor diversidad, mayor endemicidad y mayor proporción de especies amenazadas de México, sino su importancia para la provisión de servicios ecosistémicos es también de suma importancia. Debido a que se desarrolla en laderas escarpadas, ayuda a formar y conservar el suelo, que de otra manera se erosionaría con facilidad, o peor, podría provocar deslaves y desgajamientos de tierra peligrosos, debido a las altas lluvias típicas de estos ambientes. Por su parte, estas lluvias, más la captura de la "precipitación horizontal" que el bosque mesófilo logra debido a su altísimo índice de área foliar, cuando las neblinas y nubes atraviesan esta vegetación (y cuya aportación, mientras no muy cuantiosa, es importante en la temporada seca), alimentan algunos de los ríos más caudalosos de México, y contribuyen a la generación hidroeléctrica del país, además del abasto de agua para usos agropecuarios, humanos e industriales (Challenger y Elizondo, 1998, 2003; Holwerda et ál., 2010).

El cambio climático amenaza el bosque mesófilo no sólo porque el aumento en la temperatura puede afectar a sus especies de manera directa, sino también porque se prevé una reducción en la precipitación y en la humedad atmosférica que es tan crítica para estos ecosistemas (Golicher et ál., 2008; Rojas, Sosa y Ornelas, 2012; Ponce et ál., 2013). Diversos estudios recientes recalcan la importancia de estos ecosistemas para albergar una parte significante de la biodiversidad del país, incluyendo muchas especies icónicas (p.ej., el Quetzal, *Pharomachrus mocinno*) y endémicas (por ejemplo, el pavón, *Oreophasis durbianus*) amenazadas, y por lo tanto por su valor para la conservación, el ecoturismo y desde luego por el valor de los servicios ecosistémicos vitales que proveen (Cayuela et ál., 2006; Williams-Linera, 2007; Toledo-Aceves et ál., 2011). Algunos de ellos también señalan que este ecosistema está bajo riesgo crítico de prácticamente desaparecer de México dentro del siglo actual, quedando sólo 16 % de su actual área para 2080, si el cambio climático no se revierte (Golicher et ál., 2008; Ponce et ál., 2013).

**El bosque de oyamel** (*Abies religiosa*), crece a mayores alturas que el bosque mesófilo, ya que tolera mejor el clima más frío. Pero al igual que el bosque mesófilo, requiere de la alta humedad atmosférica, y también está bajo fuertes presiones por el cambio climático (Villers y Trejo, 2004). Un estudio reciente de los bosques de oyamel típicos del centro del México (que integran los paisajes de los Parques Nacionales en los Estados de México, Morelos y el D.F.), indica que el cambio climático afectará dramáticamente las condiciones que requiere este tipo de ecosistema, para su desarrollo. No sólo amenaza al bosque de oyamel en sí, sino a una de sus especies más icónicas, la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). Su hábitat de hibernación en estos bosques requiere de un microclima particular, que podría reducirse en 69.2 % para 2030, y en 96.5 % para 2090, de acuerdo con este estudio (Sáenz Romero et ál., 2012). Con ello, existe la posibilidad real de que México pierda por completo el honor de ser país anfitrión de la espectacular migración invernal de este insecto, y con ello la actividad turística tan importante para la economía de la región.

Si bien los **bosques de pino y encino** de las montañas de México cubren áreas territoriales mucho más amplias que los ecosistemas antes descritos, el impacto del cambio climático en ellos también sería alto (Villers y Trejo, 2004). No tanto porque amenaza la existencia de estos ecosistemas en sí, sino por sus efectos en la biodiversidad de los mismos. Esto es porque los bosques templados de pino y encino de México, aunque de apariencia similar, son muy distintos de una región a otra, en términos de sus

especies de flora y fauna (lo que se conoce como alta diversidad beta). Y es sobre las especies, más no sobre los ecosistemas en sí, que los efectos del cambio climático tengan su mayor impacto (Brusca et ál., 2013). Debido a que estos ecosistemas albergan un alto porcentaje de especies endémicas de flora y fauna, muchas de ellas restringidas a ciertas montañas, valles o serranías, y que muchas de ellas ya se encuentran bajo algún grado de amenaza, es muy probable que el cambio climático deje estragos mayores sobre esta diversidad (Rzedowski et ál., 1993; Villers y Trejo, 2004; Challenger, 2014).

En cuanto los ecosistemas de menor altitud, en las zonas tropicales del país, los impactos del cambio climático podrían ser menos graves, por ejemplo para algunas áreas de selva baja caducifolia, de acuerdo con un estudio reciente (Golicher, Cayuela y Newton, 2012). Este mismo estudio señala mayores impactos para las selvas perennifolias, sin embargo, al cambiar el régimen de precipitación en algunas regiones (ibid.). Debido a que la selva perennifolia es la más diversa de los ecosistemas de México, en términos del número de especies por hectárea (diversidad alfa), estos impactos, sobre todo la desecación relativa, podría provocar la extirpación regional, o aún nacional, de una parte importante de la biodiversidad.

Para las enormes áreas de **matorral xerófilo** y de **pastizal semi-desértico** que cubren 40 % del territorio nacional, sobre todo en el norte del país, pero extendiéndose al Valle de Tehuacán-Cuicatlán de Puebla y Oaxaca (un centro importante de biodiversidad y endemismo), también se pronostican impactos importantes y negativos (Dávila et ál., 1995; Challenger y Elizondo, 1998; 2014). En estas regiones, en su mayoría plana, el cambio climático conducirá a un reacomodo de especies dentro del paisaje, con una clara tendencia migratoria hacia el norte (Peterson et ál., 2002). Este proceso podría provocar la necesidad de tasas de recambio de especies relativamente veloces, en un sitio dado, para que estas pueden mantenerse dentro de sus umbrales de tolerancia de los factores climáticos (una parte esencial del nicho ecológico de cada especie). Para muchas especies esto no sería posible, lo que se estima conllevaría a tasas altas de extirpación y extinción de especies, en particular para las muchas especies endémicas y de reducida distribución, que comprende la biodiversidad de estos ecosistemas (Peterson et ál., 2002).

## 5. Ecología, sociedad y socio-ecosistemas: un destino compartido

Debido a las actividades humanas y a su fuerte interrelación con el ambiente, los ecosistemas, se encuentran muy vulnerables ante los efectos previsibles, y casi universalmente negativos, del cambio climático. Por ello, es menester que a la par de los esfuerzos para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que causan el fenómeno, se requieren otros esfuerzos para construir capacidad y realizar acciones que mejoren la resiliencia de los SES y sus subsistemas naturales y sociales (Fernández y Martínez, 2004; CICC, 2009; 2010a).

Los SES evolucionan con el tiempo debido a procesos de retro-alimentación, por ejemplo cuando la deforestación para abrir un terreno a la agricultura en medio de un bosque provoca una disminución en la retención del agua en la subcuenca, mayores tasas de erosión del suelo, y emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera. Estos efectos, a su vez, alteran la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos que los seres humanos reciben del ecosistema, quienes podrían responder con medidas de reajuste, como la aplicación de fertilizante (todo esto con afectaciones a otros socio-ecosistemas ubicados cuenca abajo), en una secuencia continua de ajuste y adaptación, que conduce la evolución del socio-ecosistema como un todo. Entendido así, es evidente que los efectos del cambio climático en los ecosistemas tendrán secuelas para los sistemas humanos (Fernández y Martínez, 2004; CICC, 2009; 2010a).

## 6. Pueblos indígenas y ecosistemas: una amalgama altamente vulnerable

México como uno de los 12 países megadiversos del mundo, alberga entre el 60 % y 70 % de la biodiversidad total del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992) y por ello tiene un estatus especial tanto en la conservación de las especies como de los ecosistemas (Boege, 2008). Aunado a lo anterior, la diversidad biológica del país es solo comparable a su diversidad cultural. En el 2008 el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI) registró 11 familias, 68 agrupaciones, y 364 variantes lingüísticas. De acuerdo con Boege (2008) la lengua es el principal instrumento cultural utilizado para desarrollar, mantener y transmitir conocimiento generado en la praxis cotidiana y en el ámbito ecológico para usar y transformar los ecosistemas. Oaxaca, Chiapas, Veracruz,





Guerrero y Michoacán concentran la mayor biodiversidad a nivel nacional y también tienen la mayor presencia de pueblos indígenas. Por ello, una de las líneas estratégicas para el manejo sustentable de los recursos naturales (biodiversidad, suelos, recursos hídricos, servicios ambientales) que se deben fortalecer, es el reconocimiento de los pueblos indígenas como sujetos sociales centrales para la conservación y el desarrollo a nivel nacional (Boege, 2008).

El 15 % de la superficie de la República Mexicana corresponde a territorios indígenas, los cuales se distribuyen de manera diferencial en las regiones ecológicas del país. El 51 % de la Región Templada Húmeda es ocupada por 19 grupos indígenas; en contraste, el uno por ciento de la región Árida semiárida concentra 22 grupos indígenas (Serrano, 2006). En orden de importancia, los zoques, mayas lacandones, chinantecos, tzeltales, mixes, tzotziles, mazatecos, nahuas y zapotecos tienen más de 100,000 hectáreas (cada uno) de selvas alta y mediana perennifolias (Boege, 2008). El mayor número de grupos se registra en la Región Templada Subhúmeda con 35 grupos que ocupan el 23.4 % de su superficie, situación similar a la que presenta la Región Tropical Subhúmeda donde se registran 34 grupos indígenas que se distribuyen en el 24 % de su superficie. Destaca la Región alpina donde un grupo cultural ocupa el 30 % de su superficie, en tanto que en la Región de transición tierra-mar el 9 % de su superficie es ocupada por nueve grupos indígenas (Serrano, 2006).

Cientos de trabajos científicos han documentado el conocimiento ecológico tradicional, mismos que se refieren a tecnologías, saberes y experiencias en el manejo de los recursos naturales, instituciones de acceso y prácticas simbólicas al interaccionar con la naturaleza (Boege, 2008). En estos trabajos con frecuencia se destacan los procesos adaptativos y dinámicos de las culturas a los distintos ambientes o paisajes naturales.

Estas investigaciones permiten desarrollar una teoría y práctica biocultural (Oviedo, Larsen y Maffi, 2000) a la crisis planetaria del medio ambiente. En otras palabras, esta manera de pensar implica que la sociedad en su conjunto reconozca que la conservación de la biodiversidad debe estar relacionada con la diversidad cultural de los pueblos indígenas. Lo "tradicional" de los pueblos indígenas se refiere a cómo es adquirido o usado el conocimiento por las culturas únicas de los pueblos indígenas, incluyendo las diferencias de grupos de edad y género. El enfoque biocultural para la conservación y el desarrollo sustentable alrededor de los pueblos indígenas es estratégico para países megadiversos como México (Boege, 2008).

## 7. Una vulnerabilidad primordial: el clima predecible como cimiento de la economía

Mientras se desarrollan mejoras en los sistemas de modelación para que logren mayor confiabilidad en los escenarios generados, sobre todo a nivel regional, existe bastante incertidumbre en cuanto los impactos potenciales del cambio climático en México. Ante ello, para que México transite hacia un desarrollo más sustentable bajo condiciones climáticas cambiantes, es necesario anteponer el principio precautorio, y emprender aquéllas iniciativas que servirán para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas y sus subsistemas respectivos, sean como sean las manifestaciones eventuales del cambio climático y sus impactos (Met Office, 2011, OECD, 2009; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2009; CICC, 2010a).

En este contexto, cabe recalcar un aspecto fundamental de la relación del ser humano con el entorno ecológico, que es la dimensión biofísica de nuestra existencia. Los alimentos y el agua en abasto abundante, confiable y de precio barato, constituyen el cimiento de cualquier economía productiva y son esenciales para la sociedad industrial moderna (Brown, 2003). Los adelantos tecnológicos han incrementado las cosechas de granos básicos hasta acostumbrarnos a considerar la disponibilidad de alimentos como algo normal, común y continuo, salvo cuando su precio se dispara (FAO, 2011), a la vez que su producción se ha vuelto tan ajena a los quehaceres de la mayoría (la población urbana), que se han perdido de vista el papel vital de los factores ecológicos y climáticos, que sustentan, e incluso condicionan dicha producción.

El deterioro ambiental inducido por las actividades humanas compromete la integridad funcional de los ecosistemas y las cuencas hidrográficas, y repercute en aquéllos factores naturales y servicios ecosistémicos que en un principio favorecieron ciertos usos del suelo (la "vocación" del territorio) (McRae y Burnham, 1981; Kalogirou, 2001). Para aquéllas actividades que dependen directamente de estos factores, como la producción agropecuaria, es posible contrarrestar, a cierto punto, estas reper-

cusiones, con suplementos de energía, fertilizantes y agroquímicos derivados del petróleo, y con la construcción de embalses y redes de conducción de agua para compensar variaciones interanuales en la precipitación, y mantener la productividad (Maass, 2012; MEA, 2005).

No existe, sin embargo, sustituto alguno para la predictibilidad climática, que es el factor organizacional principal del arreglo territorial de ecosistemas y servicios ecosistémicos a lo largo de los gradientes latitudinales (de los continentes) y altitudinales (de las cuencas y laderas), y que determina, en gran medida, la disposición territorial de los usos del suelo y las actividades humanas, incluyendo las zonas más aptas para la producción de alimentos (Challenger, 2003; Adams y Zeng, 2007; Brown, 2003).

Cabe recalcar, entonces, que el cambio climático amenaza con desestabilizar el carácter y la predictibilidad de las variables climáticas indispensables para la producción agropecuaria y el abasto confiable de alimentos sobre el cual está predicada la civilización industrial actual. Es debido a este abasto confiable de alimentos que se ha podido lograr una división de trabajo compleja y el desarrollo de las demás actividades económicas, apoyado por el flujo de recursos, bienes y servicios por medio del comercio, en vez de tener que ocuparnos cada quien en producir nuestro propio alimento (Diamond, 2005).

En un país como México, el terreno montañoso no permite un arreglo muy distinto a lo actual, en términos de la ubicación de las zonas de producción agropecuaria, aunque sí existen formas y técnicas mejores y más sustentables de llevar a cabo estas actividades, in situ (Altieri, 2004; Brandon et ál., 2005; Lustig, Yunez y Castañedo, 2012; (para más información, consultar el capítulo sobre Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria del volumen II de este reporte (Monterroso, et ál., 2015). Por ello, y tomando en cuenta no sólo la producción de alimentos, sino toda la gama de actividades económicas y usos del suelo en el territorio nacional, las medidas de adaptación al cambio climático deben de partir de la premisa de aumentar la resiliencia de los ecosistemas, que son el sine qua non de los socio-ecosistemas que formamos, al acoplárseles nuestros sistemas sociales, y con ellos, nuestras aspiraciones de desarrollo (OECD, 2009; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2009; CICC, 2010a).

Esto requiere implementar medidas de adaptación que restauran la funcionalidad ecológica e hidrológica al paisaje, conservan la provisión de servicios ecosistémicos, y restablecen los procesos ecológicos que permiten que los ecosistemas se regeneran in situ (Adams y Zeng, 2007), para así reducir la vulnerabilidad de ambos subsistemas del SES, el ecológico y el humano, ante los efectos negativos del cambio climático.





## 8. Resiliencia territorial: funcionalidad ecológica e hidrológica del paisaje como enfoque orientador para la adaptación de los socio-ecosistemas al cambio climático

Los servicios ecosistémicos (o ambientales) (Fig. 4), son a la vez producto de los sistemas ecológico, hidrológico y climático (que son funcionalmente inter-dependientes) e insumos para éstos, contribuyendo mediante relaciones retro-alimentarias, a conservarse in situ de manera indefinida y predecible, mientras las variables climáticas se mantienen estables (Redford, 1992; MEA, 2005; Adams y Zeng, 2007; Galán, Balvanera y Castellarini, 2013).

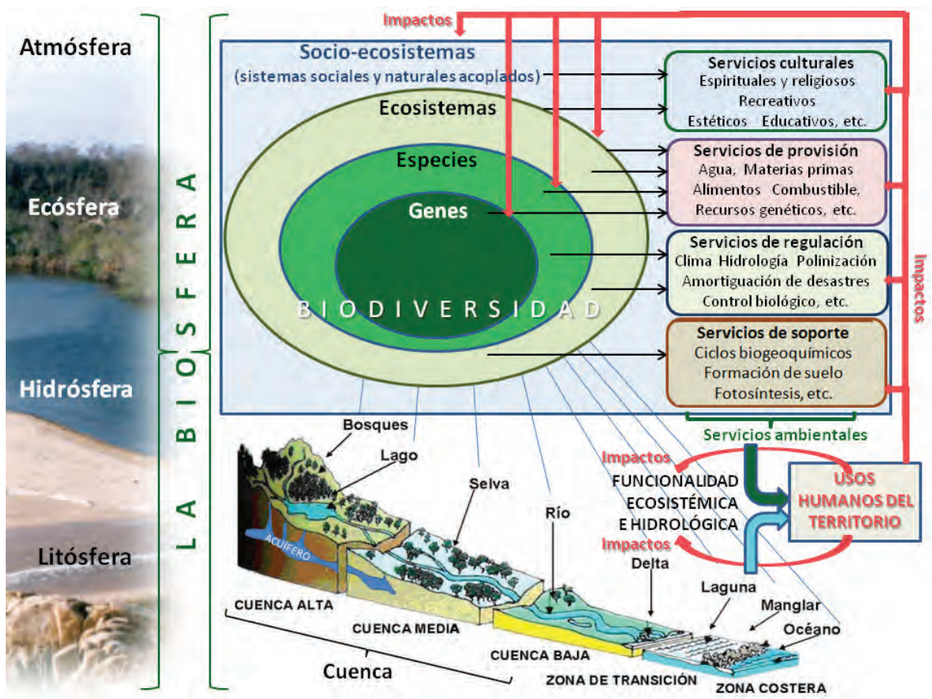
**Figura 4. Algunos ejemplos de los servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas**

**Fuente: MEA, 2005.**

Los distintos usos del suelo y actividades humanas que se pueden realizar en un terreno o paisaje dado, son condicionados por, y en buena medida supeditados a, la gama de servicios ecosistémicos disponible in situ, que a su vez es determinada por la funcionalidad hidrológica y ecológica de cada terreno (o sub-unidad de una cuenca): este hecho subyace las bases conceptuales del ordenamiento ecológico del territorio, y la vocación del suelo, como lo reconoce la Ley General de Cambio Climático [Artículos 28 (VII) y 29 (I)] (Fig. 5). Dado que la funcionalidad de los ecosistemas depende de su biodiversidad (especies y sus abundancias relativas) y de su estructura (altura, densidad y complejidad interna), los ecosistemas bien conservados son los que proveen los servicios ecosistémicos de mayor calidad y confiabilidad (Ostfeld y LoGiudice, 2003; Swift, Izac y van Nordwijk, 2004; Balvanera et ál., 2006).

Publicada en 2012, la Ley General de Cambio Climático representa un ejemplo del compromiso de México con la comunidad internacional y con la población del país, para enarbolar estrategias para hacer frente a este fenómeno. Esta legislación fue influida por la ley marco del Reino Unido (Climate Change Act, 2008), y México a nivel global, es uno de los 58 países con este tipo de legislación marco en la materia (Nachmany et ál., 2015).

**Figura 5. Dimensiones territorial y ecológica de los usos del suelo y las actividades humanas: relaciones retroalimentarías en "socio-ecosistemas"**




**Fuente: Elaboración de Challenger, A.**

Para resumir, la estabilidad en el tiempo de las variables climáticas y de la integridad (estado de conservación) de los ecosistemas y cuencas hidrográficas condicionan la funcionalidad hidrológica y ecológica del paisaje, que a su vez condicionan la permanencia, rango y calidad de los servicios ecológicos, que en última instancia determinan la factibilidad y grado de éxito de las actividades humanas y usos del suelo de un socio-ecosistema dado (Ostfeld y LoGiudice, 2003; Swift et ál., 2004; MEA, 2005; Balvanera et ál., 2006).

Como ello indica, tal integralidad funcional puede ser comprometida por las propias actividades e usos del suelo. Por ejemplo, mediante la deforestación, la pérdida de la biodiversidad, el drenaje de los humedales, la canalización de los ríos, la erosión y compactación del suelo, la minería, la sobreexplotación de las especies, la contaminación y la ruptura de la conectividad ecológica o hidrológica del paisaje, debido a la agricultura de monocultivos, zonas urbanas, la construcción de infraestructura de transporte, entre otros.

Es por esta razón, que las medidas que ayudan a amortiguar nuestros impactos en la ecología no sólo benefician al entorno y las demás especies, sino también confieren sustentabilidad a nuestras pautas de desarrollo, permitiendo que las generaciones futuras reciban sus beneficios, en vez de pagar los costos incurridos por generaciones anteriores.





Cabe recordar que muchos de los impactos humanos conducentes a la pérdida de la integralidad y funcionalidad ecológica son también fuentes importantes de emisión de GEI, tal y como se reconoce en la Ley General de Cambio Climático (Artículo 101, incisos I, II y VII, y Artículo 102, incisos VII y VIII), por lo que hay sinergias potenciales importantes entre las medidas de adaptación y las de mitigación en el sector AFOLU (DOF, 2012).

Estas sinergias solamente pueden realizarse y potenciarse mediante un esfuerzo real de alineación de los programas y políticas de todos los sectores del gobierno y de la economía, que conducen las actividades y prácticas que dañan la integralidad y funcionalidad de cuencas y ecosistemas (como se plantea en la Ley General de Cambio Climático, Artículo 102, inciso VI) (DOF, 2012). Esto requiere la reestructuración del marco legal que sustenta estas actividades, así como cambios tecnológicos y una búsqueda de las mejores prácticas, para mejorar el desempeño ambiental de las mismas.

En especial, urge la inclusión de criterios de sustentabilidad para toda actividad económica que afecta a los ecosistemas, a la biodiversidad y a los servicios ecosistémicos, sobre todo aquéllas que se realizan con dinero público, como la producción agropecuaria, o que son realizadas por empresas mineras, en especial, las extranjeras, que en diversas situaciones gozan de incentivos fiscales concedidos por el gobierno.

Así, un paso fundamental hacia la adaptación al cambio climático es sustituir las actuales políticas contradictorias en torno a los recursos naturales, con un marco legal, político, presupuestario y programático coherente, integral y sinérgico, como plantea la Ley General de Cambio Climático, en su Artículo 34, inciso III, apartado "g" (DOF, 2012; INECC-SEMARNAT, 2012, pp. 44-45; Galán et ál., 2013).

Esto implica transitar del uso del vocabulario y terminología del "desarrollo sustentable", a la adopción plena de sus principios en las quehaceres económicas del país, lo que requiere ajustes importantes en las bases conceptuales, los objetivos y la implementación de las leyes, políticas públicas y programas de gobierno en materia de producción agropecuaria, desarrollo rural sustentable, pesca, turismo, minería y energía, e infraestructura de toda índole, para cumplir con el espíritu y la letra de la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012).

## 9. Áreas Naturales Protegidas como herramientas ante el Cambio Climático

En México existen 177 ANP de carácter federal que representan más de 25´628,239 hectáreas, más de 12 % del territorio nacional. Estas áreas se clasifican en Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna y Santuarios. Su objetivo es mantener la representatividad de los ecosistemas de México y su biodiversidad, asegurando la provisión de sus servicios ecosistémicos mediante su conservación y manejo sustentable integrando a las comunidades y habitantes que se encuentran dentro de ellas o en sus zonas de influencia (CONANP, 2015).

Otros objetivos de relevancia son el manejo integrado del paisaje, conservación y manejo de la biodiversidad, economía de la conservación y la atención a los efectos del cambio climático y la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Este último objetivo es de vital importancia, ya que las ANP son una de las herramientas más efectivas para conservar los ecosistemas, permitir la adaptación de la biodiversidad y enfrentar los efectos del cambio climático. Los ecosistemas sanos y en armonía con las comunidades humanas, son elementos fundamentales para la absorción de carbono (mitigación) y la adaptación al cambio climático. En los diferentes tipos de selvas y bosques, humedales, arrecifes, pastizales y otros muchos ecosistemas de nuestro país, se almacenan grandes cantidades de carbono, se conserva la biodiversidad y se mantienen los servicios ecosistémicos (SEMARNAT-CONANP, 2014).

En la actualidad, a nivel internacional, poco a poco se ha reconocido y valorado el papel de las ANP como herramientas de mitigación y adaptación al cambio climático. Los ecosistemas prístinos o los que se encuentran bajo algún tipo de manejo, muchos de los cuales están inmersos en áreas protegidas, ayudan a mitigar el cambio climático y contribuyen a reducir sus impactos (CONANP, 2012a).

Existen otros instrumentos de conservación que pueden cumplir algunas de las funciones de las ANP, tales como sitios para la conservación y uso racional de los humedales, y el bienestar de las comunidades humanas locales (sitios RAMSAR), Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Regiones Prioritarias para la Conservación (RPC), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), ANP estatales y municipales o reservas probadas, entre otras modalidades de conservación, sin embargo, las ANP ofrecen ventajas únicas ya que tienen polígonos y fronteras definidas, lo que facilita la estimación de sus valores en términos de potencial de captura y almacenamiento de carbono, además poseen atribuciones legales lo que les brinda un mecanismo estable y a largo plazo para su administración, gestión y manejo de los recursos naturales que protege (CONANP, 2015). Además, cuentan con un amplio respaldo nacional e internacional y son instrumentos que han mostrado su efectividad y bajo costo (SEMARNAT-CONANP, 2014).

Las ANP brindan protección ante eventos climáticos extremos y mantienen el abastecimiento de servicios ecosistémicos esenciales, reduciendo la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales. El cambio climático ha comenzado a modificar los patrones de precipitación y con ello la disponibilidad de agua en algunas zonas. Los humedales, contribuyen a regular el flujo de agua, lo que incide en la obtención de agua potable y alimento para las poblaciones. En zonas de manglar, muchas de las cuales se encuentran dentro de ANP, pobladores de estas comunidades, han observado que las áreas reforestadas con mangle, atraen peces y otros organismos, que por la pesca descontrolada habían disminuido sus poblaciones en los últimos años. Esto es un ejemplo de cómo los pobladores y un manejo adecuado de los ecosistemas en las ANP, es fundamental para la adaptación a los impactos del cambio climático mediante la protección de los ecosistemas (SEMARNAT-CONANP, 2014).

Por otro lado, la mitigación es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como el incremento de la cantidad de carbono almacenado en sumideros naturales. Los múltiples y variados ecosistemas mexicanos son depósitos o almacenes naturales de carbono. Estos y su diversidad biológica funcionan como almacenes de carbono. Permanentemente, los ecosistemas, la vegetación y el suelo capturan de manera eficiente el bióxido de carbono de la atmosfera, con lo que contribuyen a mitigar el cambio climático (CONANP, 2012b).

Resultado de los procesos de cambio de uso de suelo, y principalmente la deforestación, gran parte del carbono almacenado en la vegetación se convierte en dióxido de carbono y es liberado a la atmosfera. En México, se calcula que cerca del 10 % de las emisiones de gases de efecto invernadero son consecuencia de la deforestación. Se estima que las ANP terrestres almacenan más del 15 % del total del carbono capturado en los ecosistemas terrestres (CONANP, 2012b).

Los sistemas de áreas naturales protegidas, son una respuesta efectiva ante el cambio climático, deben promoverse, incrementarse, reconocer y divulgar la importancia de los bienes y servicios ecosistémicos que nos brindan. Estrategias gubernamentales fuertemente articuladas con la participación de sus pobladores ofrecen una amplia gama de posibilidades de acciones que coadyuven al desarrollo sustentable de sus comunidades y la conservación de los recursos naturales. En contexto, la suma de estos esfuerzos son una respuesta natural palpable y visible frente a las afectaciones ya tangibles y las que vendrán derivadas del cambio climático (SEMARNAT-CONANP, 2014).

## 10. Medidas sinérgicas de adaptación y mitigación para el desarrollo sustentable

Para adaptar las actividades productivas y económicas en el sector rural a los impactos del cambio climático, y construir mayor resiliencia en los socio-ecosistemas en los cuales dichas actividades ocurren, es indispensable efectuar ajustes importantes en la manera de asignar fondos públicos (tanto inversiones como apoyos gubernamentales) y fortalecer los arreglos institucionales de todos los sectores y órdenes de gobierno, para que conduzcan a una mayor transversalidad de la política ambiental y a mejores condiciones de gobernanza en el territorio, logrando de esta manera que éstas actividades alcancen una verdadera sustentabilidad, ambiental, económica y social (OECD, 2007; 2009; 2013; DOF, 2012; Kissinger, 2015).

La sociedad mexicana exige el manejo eficiente del gasto público, lo que requiere eliminar los subsidios a actividades productivas a fondo perdido o sin rendimiento de cuentas sobre su buen uso, así como los subsidios a la explotación de recursos





no renovables (agua, combustibles fósiles, yacimientos mineros, etc.) que conducen a su agotamiento, o aquéllos que provocan deterioros ambientales de manera directa o indirecta (Myers y Kent, 2001; McNeely, 2006; OECD, 2012; Rivera, Muñoz y Montes de Oca, 2014). En particular, se requiere incluir criterios de sustentabilidad en las Reglas de Operación –y todo marco reglamentario- de cada política y programa de gobierno que apoya las actividades productivas primarias (sectores agropecuario, pesquero, minero y energético) y el desarrollo de la infraestructura turística, de comunicaciones, transporte, generación y conducción de energía, sus insumos y productos, para condicionar las actividades y/o el otorgamiento de apoyos al empleo de técnicas, prácticas y materiales que conservan o mejoran el estado del medio ambiente, su funcionalidad ecológica e hidrológica, y por ende su resiliencia al cambio climático (CICC, 2010a; OECD, 2012; 2013; DOF, 2012; Galán et ál., 2013; Rivera et ál., 2014, Kissinger, 2015).

Inclusive, dada la degradación actual de cuencas, acuíferos, ecosistemas y suelos en detrimento a los servicios ecosistémicos, con todo lo que esto implica para los sistemas y actividades humanas, resulta necesario diseñar apoyos y estímulos fiscales nuevos para productores y propietarios, con fines específicos de restauración ecológica y mejoramiento ambiental, como ocurre en otros países (OECD, 2008), para:

- Lograr la deforestación cero a la brevedad posible, para cumplir con los Artículos 33 y 34 de la Ley General de Cambio Climático, con la Visión de México sobre REDD+ (DOF, 2012; CICC, 2010b), y para que los sistemas naturales y humanos en el territorio rural no sigan perdiendo resiliencia y capacidad de adaptación.
- Recuperar la funcionalidad ecológica de paisajes al fomentar la conectividad entre remanentes de vegetación natural, para reactivar servicios ecosistémicos, y como la medida más eficaz y económica de conservar la biodiversidad, al posibilitar el reacomodo territorial de especies en respuesta adaptativa al cambio climático (CICC, 2010a; 2010b). En este punto, específicamente se considera:
  - ✓ Restaurar la vegetación de galería para restablecer la conectividad a lo largo del gradiente climático y altitudinal ("pisos ecológicos") de las cuencas.
  - ✓ Fomentar la regeneración natural de zonas de deforestación reciente (son tierras marginales) para revertir la fragmentación de ecosistemas.
  - ✓ Crear corredores biológicos "a la medida" para ciertas especies y para ciertos hábitats, de acuerdo con las prioridades del Análisis Gap. (CONABIO/CONANP, 2008).
  - ✓ Fomentar cercas vivas y "rompevientos" en los limítrofes entre parcelas y predios, plantar árboles de sombra al interior de éstos y reforestar tierras marginales, abandonadas o sub-utilizadas.
- Restaurar ecosistemas vinculados a la funcionalidad hidrológica[4], para aumentar servicios ecosistémicos de infiltración, conducción, drenaje y almacenamiento de agua, amortiguar desastres naturales (inundaciones y sequías entre otros) y aumentar la prestación de estos servicios ecosistémicos y con ello la resiliencia de los socio-ecosistemas.
- Reconvertir tierras de baja productividad agropecuaria, a sistemas agroforestales, silvopastoriles, agro-silvo-pastoriles, cultivo de perennes, o cubierta forestal.
- Fomentar la reconversión agropecuaria a cultivos, razas de ganado y sistemas de producción más acordes con las condiciones cambiantes del clima, incluyendo la agricultura orgánica, los policultivos, el cultivo de conservación (sin arar), la reforestación, las plantaciones forestales y una ganadería que permite la recuperación vegetal de los agostaderos (por ejemplo, con base en el Manejo Holístico [según Savory, 2005]), (CICC, 2010a; 2010b).

Todas estas medidas de adaptación aumentan la biomasa en el terreno, por lo que son también medidas de mitigación, al capturar carbono en la vegetación y el suelo. Así mismo, aunque algunos adaptan los sistemas naturales específicamente y otros las actividades agropecuarias, es importante dejar de lado la "lógica" de la división sectorial en las zonas rurales, que concibe las tierras de producción agropecuaria como independientes de las tierras de producción forestal, y ambas como independientes de la conservación de la biodiversidad, de las funciones hidrológicas de las cuencas y de los servicios ecosistémicos de los ecosistemas (CICC, 2010a; 2010b; DOF, 2010; OECD, 2013).

[4]Manglares y otros humedales costeros y continentales; vegetación de dunas costeros; vegetación riparia, de galería y la asociada con manantiales, zonas de recarga de acuíferos y mantos freáticos; selvas húmedas sobre laderas y cerros, y bosque mesófilo de montaña.

La resiliencia y la adaptación al cambio climático de todos estos sectores deberían basarse en una nueva lógica, que concibe la integralidad funcional del paisaje como uno de los productos de cada sector, tanto gubernamental como económico, en otras palabras, es la lógica de producir con la naturaleza y no a costa de ella (CICC, 2010a).

Para ello, se requiere desarrollar una serie de indicadores sobre la calidad o desempeño de diversos variables ambientales que sean fáciles de levantar en campo, a manera de asegurar el cumplimiento con los criterios de sustentabilidad a incorporarse en los programas de apoyo y de fomento gubernamental a las actividades productivas y de desarrollo económico (de cada sector y de toda índole) en el territorio. Dar seguimiento a estos indicadores informará sobre el desempeño ambiental de las actividades económicas y de las políticas públicas, y permitiría efectuar ajustes en los procesos de otorgar apoyos futuros a productores y beneficiarios de apoyos gubernamentales, para fomentar prácticas sustentables y desestimular aquéllas que provocan el deterioro ecológico. Esto permitiría transitar hacia políticas públicas basados en el manejo adaptativo de los socio-ecosistemas, para así encaminar el país hacia el desarrollo sustentable (Gallopin, 2001; Challenger et ál., 2014).

Medidas como estas no sólo ayudarán a asegurar que las actividades productivas que sustentan la economía rural del país sean coherentes con los objetivos de conservar la biodiversidad, mitigar y adaptarse al cambio climático, mejorar la resiliencia de los sistemas naturales y humanos, y amortiguar los efectos de los desastres naturales, sino también aseguran que la base de las actividades productivas mismas, se conserva –o aún se mejora (con medidas de restauración ecológica)- en el tiempo, en pro del bienestar de los productores, la población rural y el desarrollo económico del país. Como tal, son propuestas prácticas para la implementación de diversos incisos de los Artículos 27, 28, 29 y 30 de la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012).

Cabe recalcar, que para la planeación de la implementación coordinada de las medidas descritas, se requiere replantear los actuales instrumentos de ordenamiento y planeación territorial, dando importancia primordial al ordenamiento ecológico, y asegurando que los demás tipos de ordenamiento (territorial, forestal, turístico, regional, urbano, estatal y municipal) y de planeación (zonificación forestal, distritos de desarrollo rural, etc.), se encajan de manera anidada en éste. Es también recomendable, que el propio ordenamiento ecológico territorial incorpore como enfoque principal el manejo integrado de cuencas, ya que es un enfoque idóneo para la gestión (al incorporar todos los elementos y actores relevantes), aunque no ha tenido el éxito deseado para el manejo del agua, quizás debido a la manera poco integral y participativo de interpretarse e implementarse esto por la CONAGUA (Maass, 2012; Cotler y Caire, 2009).





## Conclusiones

Las actividades humanas han provocado la degradación de los sistemas naturales en todas las escalas, con pérdidas de especies, ecosistemas y funcionalidad, que ya amenazan con desestabilizar los sistemas planetarios, como en el caso del cambio climático (Rockström et ál., 2009; IPCC, 2014). México ha contribuido su parte a esta situación, como comparte sus secuelas, incluyendo especies extintas y amenazadas, ecosistemas reducidos a fragmentos aislados, y pérdidas sociales y económicas a causa de eventos hidroclimatológicos extremos, cuya frecuencia, severidad y costos aumentan en el tiempo, conforme los efectos del cambio climático se agravan (DOF, 2012).

Actualmente la protección de áreas naturales, es una de las mejores y más efectivas estrategias de conservación de especies y ecosistemas en México. Entre las demás estrategias de conservación, las Áreas Naturales Protegidas ofrecen ventajas únicas que facilita la estimación de captura y almacenamiento de carbono y poseen atribuciones legales que les brindan un mecanismo estable, a largo plazo, para la administración, gestión y manejo de los recursos naturales que protegen (CONANP, 2015). Sin embargo, la restauración de la funcionalidad ecológica e hidrológica del paisaje, en todo el país, debería ser una prioridad política y social, como componente de las estrategias nacionales para reducir la contribución de México al cambio climático, y de adaptarse, en lo posible, a sus impactos negativos.

El futuro desarrollo de México está condicionado por la resiliencia de sus socio-ecosistemas ante las presiones, entre las cuales el cambio climático es probablemente la más inmediata, intensa y duradera (Maass, 2012; DOF, 2012; Galán et ál., 2013). Una de las mejores maneras de robustecer tal resiliencia, es asegurando la de los ecosistemas, con medidas como la restauración ecológica, la reconversión productiva, los corredores biológicos, la regeneración natural y la reforestación entre otras. (CICC, 2010a; 201b; Galán et ál., 2013).

Para todo lo anterior, se requiere de una estrategia integral de desarrollo sustentable, mediante la cual la sustentabilidad ecológica informe y condicione las actividades de todos los sectores del gobierno, de la economía y de la sociedad, para que actúen en conjunto, con una visión y misión compartidas, para así aprovechar sinergias y crear oportunidades. La ventana de oportunidad para esto, existe, pero el tiempo apremia y la ventana no existirá por siempre (Rockström et ál., 2009; IPCC, 2014).

## Referencias


**Adams**, J. & Zeng, N. (2007). Vegetation-climate interaction. Praxis Publishing Limited, Chichester, UK.

**Altieri**, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment, 2*(1), pp. 35-42.

**Balvanera**, P., Pfisterer, A. B., Buchmann, N., He, J. S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D. & Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology letters, 9*(10), pp. 1146-1156.

**Boege**, E. & Chan, G. V. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

**Brandon**, K., Gorenflo, L. J., Rodrigues, A. S. & Waller, R. W. (2005). Reconciling biodiversity conservation, people, protected areas, and agricultural suitability in Mexico. *World Development, 33*(9), pp. 1403-1418.

**Brooks**, M. L., D'antonio, C. M., Richardson, D. M., Grace, J. B., Keeley, J. E., DiTomaso, J. M. & Pyke, D. (2004). Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience, 54*(7), pp. 677-688.

**Brown**, J. H., Valone, T. J. & Curtin, C. G. (1997). Reorganization of an arid ecosystem in response to recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 94*(18), pp. 9729-9733.

**Brown**, S. & de Proyecto, C. (2003). *Finalización de Líneas Base para Proyectos de Deforestación Evitada*. Reporte elaborado para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Winrock International. Disponible en: http://zunia.org/uploads/media/knowledge/Deforestation%20baselines-SP.pdf

**Brusca**, R. C., Wiens, J. F., Meyer, W. M., Eble, J., Franklin, K., Overpeck, J. T. & Moore, W. (2013). Dramatic response to climate change in the Southwest: Robert Whittaker's 1963 Arizona Mountain plant transect revisited. *Ecology and evolution, 3*(10), pp. 3307-3319.

**Cannone**, N., Sgorbati, S. & Guglielmin, M. (2007). Unexpected impacts of climate change on alpine vegetation. *Frontiers in Ecology and the Environment, 5*(7), pp. 360-364.

**Carriquiry**, J. D., Cupul-Magaña, A. L., Rodríguez-Zaragoza, F. & Medina-Rosas, P. (2001). Coral bleaching and mortality in the Mexican Pacific during the 1997–98 El Niño and prediction from a remote sensing approach. *Bulletin of Marine Science, 69*(1), pp. 237-249.

**Cayuela**, L., Golicher, D. J. & Rey-Benayas, J. M. (2006). The Extent, Distribution, and Fragmentation of Vanishing Montane Cloud Forest in the Highlands of Chiapas, Mexico1. *Biotropica, 38*(4), pp. 544-554.

**Challenger**, A. y Elizondo, S. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México*. Pasado, presente y futuro (No. 333.9516 C4).

**Challenger**, A. (2003). *Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (Coords.)* Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México. Diplomado de capacitación y actualización sobre conservación de ecosistemas templados de montaña en México. SEMARNAT-INE y USFWS, México, pp. 17-44.

**Challenger**, A. (2011). C. Boletín de la Sociedad Botánica de México 89: pp. 135-137.

**Challenger**, A., Dirzo, R., López, J. C., Mendoza, E., Lira-Noriega, A. & Cruz, I. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. Capital natural de México, 2, 3 pp. 7-73.

**Challenger**, A. (2014). *Paisajes naturales y humanos de México*. En: R. Valdez y A. Ortega-S. (Eds.) Ecología y Manejo de la Fauna Silvestre de México. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, pp. 41-71.

**Challenger**, A., Bocco, G., Equihua, M., Chavero, E. L. & Maass, M. (2015). *La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México*. Investigación ambiental Ciencia y política pública, 6(2).

**Chapin** III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., ... & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature, 405*(6783), pp. 234-242.

**CICC**. (2009). *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación, 28.

**CICC**. (2010a). *Marco de Políticas de Adaptación de Mediano Plazo*. Comisión Intersecretarial sobre Cambio Climático, Gobierno Federal de México, México.

**CICC**. (2010b). *Visión de México sobre REDD+*. Comisión Intersecretarial sobre Cambio Climático, Gobierno Federal de México, México.

Cohen, J. E. (1995). How many people can the earth support?. The Sciences, 35(6), 18-23.

**CONANP**. (2012a). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. *Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 24 p.

**CONANP**. (2012b). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. *Estrategia de cambio climático para áreas protegidas*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 21 p.







**CONANP**. (2015). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/ [Consulta: septiembre de 2015].

**CONABIO/CONANP**. (2008). *Análisis de Vacíos y Omisiones de Áreas Naturales Protegidas* . Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/gap/index.php/Portada

**Cotler,** H. y Caire, G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. Instituto Nacional de Ecología, México.

**Dávila**, P., Medina, R., Ramírez, A., Salinas, A, y Tenorio, P. (1995). *Análisis de la flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: endemismo y diversidad*. Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, 1995, pp. 33-41.1.

**Dirzo**, R. & Miranda, A. N. D. A. (1991). *Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understory: a case study of the possible consequences of contemporary defaunation*. Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions. Wiley, New York, pp. 273-287.

**DOF**. (2012). *Decreto por el que se expide la Ley General de Cambio Climático*. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección, 6 de junio de 2012, México, D.F.

**Durant**, J. M., Hjermann, D. Ø., Ottersen, G. & Stenseth, N. C. (2007). Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. *Climate Research (CR), 33*(3), pp. 271-283.

**Eldredge**, N. (1998). *Life in the Balance. Humanity and the Biodiversity Crisis*. Princeton University Press, Princeton.

**FAO**. (1981). *Los recursos forestales de la America tropical*. Rome.

**FAO**. (2006). *World reference base for soil resources—a framework for international classification, correlation and communication*. World Soil Resources Report, 103.

**FAO**. (2011). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Organización para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

Feng, S., Krueger, A. B. & Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(32), pp. 14257-14262.

**Fernández**, B. A. y Martínez J. (2004). *Cambio Climático: Una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.

**Flores** Mata, G., Jiménez-López, J., Madrigal-Sánchez, X., Moncayo-Ruíz, F, y Takaki-Takaki, F. (1971). *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*. Dirección de Agrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, DF.

**Galán**, C., Balvanera P. y Castellarini F. (2013). *Políticas Públicas hacia la sustentabilidad: integrando la visión ecosistémica*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

**Gallopin**, G. (1994). *Impoverishment and Sustainable Development. A Systems Ap-proach*. International Institute of Sustainable Development, Winnipeg, Canada.

**Gallopin**, G. (2001). *Science and Technology, Sustainability and Sustainable Development*. United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Sustainable Development and Human Settlements Division, Santiago, Chile.

**Golicher**, D. J., Cayuela, L., Alkemade, J. R. M., González-Espinosa, M. & Ramírez-Marcial, N. (2008). Applying climatically associated species pools to the modelling of compositional change in tropical montane forests. *Global Ecology and Biogeography, 17*(2), pp. 262-273.

**Golicher**, D. J., Cayuela, L. & Newton, A. C. (2012). Effects of climate change on the potential species richness of Mesoamerican forests. *Biotropica, 44*(3), pp. 284-293.

**González**-Espinosa, M., Meave, J. A., Lorea-Hernández, F. G., Ibarra-Manríquez, G. & Newton, A. C. (2011). *The red list of Mexican cloud forest trees*. Fauna & Flora International., Cambridge, U.K.

**Goreau**, T. J. & Hayes, R. L. (1994). Coral bleaching and ocean" hot spots". *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management, 23*(3), pp. 176-180.

**Holwerda**, F., Bruijnzeel, L. A., Muñoz-Villers, L. E., Equihua, M. & Asbjornsen, H. (2010). Rainfall and cloud water interception in mature and secondary lower montane cloud forests of central Veracruz, Mexico. *Journal of Hydrology, 384*(1), pp. 84-96.

**INECC-SEMARNAT**. (2012). *Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., México.

**INEGI**. (1980). *Sistema de clasificación de tipos de agricultura y tipos de vegetación de México para la cartografía de uso de suelo y vegetación del INEGI, escala 1: 125 000.*

**INEGI**. (1994). *Geomodelos de Altimetría del Territorio Nacional (GEMA) generados a partir de las cartas topográficas escala l:250 000 de INEGI*, Aguascalientes, México.

**INEGI**. (2000). *Metadatos del Inventario Nacional Forestal, Serie II.*

**IUCN**. (2015). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible en: http://www.iucnredlist.org

**Jáuregui**, E. (2004). *La variabilidad climática en los registros instrumentales de México. Cambio climático: una visión desde México*. Publicación del Instituto Nacional de Ecología y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF, pp. 279-289.

**Kalogirou**, S. (2002). Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Computers, environment and urban systems, 26*(2), pp. 89-112.

**Kissinger**, G. (2015). *Incentivos fiscales a la producción agrícola: opciones para forjar una compatibilidad con REDD+*. Programa ONU-REDD Boletín de Políticas No. 7. FAO, PNUD, PNUMA, Ginebra, Suiza. Disponible en: http://www.unredd.net/index.php?view=document&alias=14588-boletin-de-politicas-incentivos-fiscales-a-la-produccion-agricola-opciones-para-forjar-una-compatibilidad-con-redd&category_slug=policy-brief-series-3154&layout=default&option=com_docman&Itemid=134

**Koopman**, J. S., Prevots, D. R., Mann, M. A. V., Dantes, H. G., Aquino, M. L. Z., Longini, I. M. & Amor, J. S. (1991). Determinants and predictors of dengue infection in Mexico. *American journal of epidemiology, 133*(11), pp. 1168-1178.

**Leopold**, A. S. (1950). Vegetation zones of Mexico. *Ecology*, pp. 507-518.

**Lozano**-Garcial, S. & Vázquez-Selem, L. (2005). A high-elevation Holocene pollen record from Iztaccíhuatl volcano, central Mexico. *The Holocene, 15*(3), 329-338.

**Lustig**, N., Yunez A. y Castañeda S. A. (2012). *Los grandes problemas de México, XI: Economía rural*. El Colegio de México A. C., México, D.F., México.

**Maass**, J. M. (2012). El manejo sustentable de socio-ecosistemas. *Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable. Análisis Estratégico para el Desarrollo, 14*.

**Masera**, O., Ordóñez, M. J. y Dirzo, R. (1992). Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia, 43*, pp. 151-153.

**Masera**, O. R., Ordonez, M. J. & Dirzo, R. (1997). Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic change, 35*(3), pp. 265-295.

**McNeely**, J. A. (2006). A new approach to Incentives under the Convention on Biological Diversity. In *Eighth meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (COP8) Curitiba, Brazil* (pp. 20-31). March 2006. IUCN. Disponible en: https://www.cbd.int/doc/external/cop-08/ma-iucn-2006-03-16-incentives-en.pdf

**McRae**, S. G. & Burnham, C. P. (1981). *Land evaluation*. Clarendon Press.

**MEA**. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington.

**Met Office**. (2011). *Climate: Observations, projections and impacts. Mexico*. The Met Office, Exeter, RU.

**Mittermeier**, R. y Goettsch, C. (1992). *La importancia de la diversidad biológica de México*, pp. 57-62 en: México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México.

**Møller**, A. P., Rubolini, D. & Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*(42), pp. 16195-16200.

**Monterroso**, A., Gómez, J., Lluch, S., Cobos, M., Sáenz, C., Pérez, R., Martínez, C., Marquez, C. y Baca, J. ( 2015). *Sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación.* México: UNAM-PINCC.

**Moritz**, C. & Agudo, R. (2013). The future of species under climate change: resilience or decline?. *Science, 341*(6145), 504-508.

**Myers**, N. & Kent, J. (2001). *Perverse subsidies: How tax dollars can undercut the environment and the economy*. Island Press, Washington, D.C.

**Nachmany**, M., Fankhauser, S., Davidová, J., Kingsmill, N., Landesman, T., Roppongi, H., Schleifer, P., Setzer, J., Sharman, A., Singleton, C. S., Sundaresan, J. & Townshend, T. (2015). *The 2015 Global Climate Legislation Study: A review of Climate Change Legislation in 99 countries. Summary for Policy Makers*. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, the Global Legislators Organisation, and Inter-Parliamentary Union, UK.

**OECD**. (2007). *Estudios de política rural: México*. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris. Disponible en: http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/39076610.pdf

**OECD**. (2008). *An OECD Framework for Effective and Efficient Environmental Policies. Meeting of the Environment Policy Committee (EPOC) at Ministerial Level, 28-29 April, 2008*, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.

**OECD**. (2009). *Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation: Policy Guidance*. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.

**OECD**. (2012). Getting It Right: *Una agenda estratégica para las reformas en México*. Organization for Economic Co-operation and Development, OECD Publishing. Disponible en: http://www.oecd.org/centrodemexico/Getting%20It%20Right%20EBOOK.pdf

**OECD**. (2013). *Evaluación de Desempeño Ambiental 2013: México*. Organización para la Cooperación Económico y el Desarrollo, Paris.





**Ordóñez**, M. J. y Proceso, E. (2002). Evaluacion de la transformacion de los habitats naturales de Oaxaca (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

**Ortiz Pérez**, M. A. y Méndez Linares. A. P. (2000). Repercusiones por ascenso del nivel del mar en el Litoral del Golfo de México. *México, una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México. Instituto de Geografía, UNAM*.

**Ostfeld**, R. S. & LoGiudice, K. (2003). Community disassembly, biodiversity loss, and the erosion of an ecosystem service. *Ecology, 84*(6), pp. 1421-1427.

**Oviedo**, G., Larsen, P. B. & Maffi, L. (2000). *Indigenous and traditional peoples of the world and ecoregion conservation: an integrated approach to conserving the world's biological and cultural diversity*. WWF (World Wide Fund For Nature) International.

**Parmesan**, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, pp. 637-669.

**Parry**, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Van der Linden, P. J. & Hanson, C. E. (2007). Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2007. *Climate Change 2007: Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability.*

**Peterson**, A. T., Ortega-Huerta, M. A., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R. H. & Stockwell, D. R. (2002). Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature, 416*(6881), pp. 626-629.

**Ponce**-Reyes, R., Nicholson, E., Baxter, P. W., Fuller, R. A. & Possingham, H. (2013). Extinction risk in cloud forest fragments under climate change and habitat loss. *Diversity and Distributions, 19* (5-6), pp. 518-529.

**Redford**, K. H. (1992). The empty forest. *BioScience*, pp. 412-422.

**Rivera**-Planter, M., Muñoz-Piña C. & Montes de Oca-León M., (2014). *Economic instruments for sustainability in Mexico's marine protected areas and the perverse subsidy challenge. En: E. Y. Mohammed (Ed.) Economic Incentives for Marine and Coastal Conservation: Prospects, Challenges and Policy Implications*. Earthscan, Routledge, Abingdon y Nueva York, pp. 229-264.

**Rockström**, J., Steffen, W. L., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14(2), pp. 32-38.

**Rojas**-Soto, O. R., Sosa, V. & Ornelas, J. F. (2012). Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation, 21*(10), pp. 2671-2690.

**Rzedowski**, J. (1981). *The vegetation of Mexico*. Editorial Limusa. México, D. F. 432 pp.

**Rzedowski**, J. (1992). Diversidad del universo vegetal de México: perspectivas de un conocimiento sólido. *México ante los retos de la biodiversidad, J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, DF*, pp. 251-257.

**Rzedowski**, J., Ramamoorthy, T. P., Bye, R. A., Lot, A. & Fa, J. E. (1993). Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*, pp. 129-144.

**Rzedowski**, J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana, 35*, pp. 25-44.

**Sáenz**-Romero, C., Rehfeldt, G. E., Duval, P. & Lindig-Cisneros, R. A. (2012). Abies religiosa habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. Forest Ecology and Management, 275, pp. 98-106.

**Sánchez**-Ramos, G. y Dirzo, R. (2014). El bosque mesófilo de montaña: un ecosistema prioritaria amenazado. In M. Gual-Díaz and A. Rendón-**Correa** (Comps.) Bosques Mesófilos de Montaña en México, pp.109-139, CONABIO, México, D.F.

**SARH**. (1992). *Inventario Forestal Nacional de Gran Visión*; Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, México. 49 pp.

**SARH**. (1994). *Inventario Nacional Forestal Periódico*. Memoria Nacional. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, México. 81 pp.

**Savory**, A., (2005). *Manejo Holístico: un nuevo marco metodológico para la toma de decisiones*. INE-SEMARNAT, México, D.F., México.

**Secretariat of the Convention on Biological Diversity**. (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Technical Series No. 41. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

**SEMARNAT-CONANP**. (2014). *Las áreas naturales protegidas. Respuestas naturales frente al cambio climático*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 16 p.

**Serrano**, E. (2006). *Regiones indígenas de México*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

**Sinervo**, B., Mendez-De-La-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán-Santa Cruz, M., ... & Sites, J. W. (2010). Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science, 328*(5980), pp. 894-899.

**Swift**, M. J., Izac, A. M. & van Noordwijk, M. (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions?. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 104*(1), pp. 113-134.

**Toledo**-Aceves, T., Meave, J. A., González-Espinosa, M. & Ramírez-Marcial, N. (2011). Tropical montane cloud forests: current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management, 92*(3), pp. 974-981.

**Toledo**, V. M., Ordoñez, M. D. J., Ramamoorthy, T. P., Bye, R. A., Lot, A. & Fa, J. E. (1993). The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habitats. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*., pp. 757-777.

**Tompkins**, E. L. y W. Adger, 2004. Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change?. Ecology and society, 9(2), 10.

**Vázquez** Delem, L. (2004). *Investigaciones de los glaciares y del hielo de los polos. En: A. Fernández Bremauntz y J. Martínez (Comps.) Cambio Climático: Una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México, pp. 53-74.

**Villers**, L. y Trejo, I. (2004). Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. *Martínez, J. y Fernández-Bremauntz (comps.)*, pp. 239-254.

**Wagner**, R. H. (1964). The ecology of Uniola paniculata L. in the dune-strand habitat of North Carolina. *Ecological Monographs*, pp. 79-96.

**Walther**, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., Fromentin J. M., Hoegh-Guldberg O. & Bairlein F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature 416*(6879), pp. 389-395.

**West**, R. C. (1964). The Natural regions of middle America.

**Williams**, J. (2012). Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation. *Scottish Geographical Journal, 128*(1), pp. 83-86.

**Williams**-Linera, G. (2007). El bosque de niebla del centro de Veracruz: Ecología, Historia y destinos en tiempos de fragmentación y cambio climático. *CONABIO-Instituto de Ecología, AC, Xalapa, Veracruz, México*.

# Capítulo 7

## ÁREAS URBANAS

**Autor Líder:**

Juan Raymundo Mayorga Cervantes[33].

**Autores Colaboradores:**

Fernando Aragón-Durand[68], Liliana Eneida Sánchez Platas[35], Miguel Ángel Chargoy Rodríguez[33], José Antonio Soto Ruíz[33].

[33]Instituto Politécnico Nacional ESIA Tecamachalco Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,

[35]Universidad Tecnológica de la Mixteca, Instituto de Diseño, IPN,

ESIA Tecamachalco, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, [68]COLMEX El Colegio de México A.C.

**Palabras clave:** Medidas de adaptación, áreas urbanas, cambio climático.

## Resumen

Ante el fenómeno del cambio climático es necesario disminuir las condiciones de vulnerabilidad y riesgos de las áreas urbanas a través de medidas de adaptación concretas, acciones que adquieren mayor importancia si partimos de que los asentamientos humanos en las zonas urbanas de México representan el 77. 8 % del total de la población urbana, es decir 87'397,827 personas, según reporta el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010).

La adaptación de las áreas urbanas ante la vulnerabilidad y los riesgos provocados por el cambio climático, representan para los asentamientos humanos seguridad de sobrevivencia y mejora en su calidad de vida, por lo que es necesario promover la resiliencia en las actividades de desarrollo y habitabilidad de los grupos sociales que viven en las áreas urbanas (IPCC, 2014).

En el presente capítulo se abordan los trabajos destacados sobre medidas de adaptación en México, con la intención de servir como marco de referencia para los tomadores de decisiones, responsables de la gestión y de políticas públicas ambientales, al respecto, debe mencionarse que se citan diferentes trabajos donde se exponen distintas medidas de adaptación y donde se sigue la estructura general del 5.º Reporte de Evaluación (conocido como AR5) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en Inglés), elaborado por el grupo de trabajo II (WGII) sobre Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Debe mencionarse que los trabajos que se citan en este capítulo principalmente se refieren a medidas de adaptación a los impactos debidos al cambio climático y en pocos casos tratan con mayor profundidad la vulnerabilidad de las zonas urbanas en México, siendo esto último una labor pendiente a desarrollar por los cuerpos científicos.

El trabajo hace una breve descripción sobre las distintas formas de medidas de adaptación necesarias para su gestión y aplicación en las áreas urbanas de las ciudades mexicanas.

Se presenta la adaptación y planificación del desarrollo que incluyen los programas y estrategias gubernamentales para desarrollar medidas de adaptación frente al fenómeno del cambio climático como son la Estrategia Nacional de Cambio Climático [ENCC], (2013) y el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (2012), instrumentos de política pública que pretenden establecer puentes de acción entre las Secretarías de Estado y las instancias gubernamentales de los estados y municipios para elaborar e instrumentar los proyectos urbanos que permitan tomar en cuenta la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural.

Se plantean formas de adaptación de sectores clave como son la adaptación de la base económica de los centros urbanos, para lo cual se cita un trabajo donde señalan que la vulnerabilidad del sector turismo al cambio climático puede afectar seriamente la derrama económica y la generación de empleos en México y donde se establece que las medidas de adaptación se tienen que estructurar y planear a nivel local. Se citan trabajos sobre la adaptación de la vivienda y los asentamientos humanos urbanos, dentro de los cuales se exponen tópicos como la variación de temperaturas asociada al cambio climático con trabajos que abordan el confort térmico de las viviendas, así como el diagnostico de las condiciones a través del monitoreo y simulación del comportamiento térmico de la vivienda, el uso de estrategias pasivas de climatización y un modelo de adaptación de la vivienda de localidades de clima húmedo. Se refieren también a otro grupo de trabajos de investigación sobre vivienda, relativos a las propuestas de elementos arquitectónicos para promover el confort térmico y una menor producción de $CO_2$, una propuesta de un sistema de techo no convencional, otra para la conversión urbana bioclimática de la Colonia Tarahumara en Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua en México, se presenta también un estudio que contiene un análisis sobre el tipo de materiales que se usan en la construcción, los beneficios ambientales y económicos que generarán los materiales sustentables. Por último, se menciona el trabajo desarrollado por el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, que promueven la edificación sustentable, para elevar el bienestar en la región.

Se hace mención a los procesos de urbanización para alcanzar hábitats sustentables, donde se presentan trabajos que incluyen aquellas acciones que permitan el fortalecimiento de la capacidad local, y otros que permiten comparar diferentes tipos de





obra arquitectónica con enfoques de bioclimatismo y sustentabilidad, así mismo otro que establece que para medir la vulnerabilidad del hábitat a diferentes amenazas naturales existen varios métodos.

Se continúa con la adaptación urbana, los fenómenos meteorológicos y los residuos, abordándose entre ellos los microclimas urbanos e islas de calor, también se analiza el crecimiento urbano desde la época precolombina hasta nuestros días, estableciendo la relación que existe entre el crecimiento urbano y el cambio climático a nivel urbano. Posteriormente se establecen una serie de estudios proyectando las afectaciones que el cambio climático tendría en la salud, lo cual ha cobrado sus primeras repercusiones principalmente en la zona Noroeste del país, así mismo se presentan diferentes escenarios de bioclimas humanos para once ciudades mexicanas con más de un millón de habitantes.

Para este tipo de adaptación se presentan trabajos en un primer grupo donde se incluyen nuevos modelos empíricos que permiten calcular las condiciones de confort térmico de los usuarios de los edificios y permiten con esas medidas establecer condiciones de confort ambiental, en particular térmico, y otro donde se determina el efecto de la temperatura de bulbo seco en la sensación térmica de usuarios de áreas recreativas al aire libre en el exterior para clima cálido-seco. En el segundo grupo se muestran como referentes trabajos donde se establecen criterios para la selección de plantas para techos verdes analizando los niveles de tolerancia a la sequía.

Se muestra la adaptación en sistemas de energía y en particular lo correspondiente a la investigación y desarrollo tecnológico en este ámbito, se menciona el estudio donde se evalúa el potencial de un dispositivo que mejora el confort lumínico en edificios y se cita otro donde se explica la funcionalidad original, adecuación y reprogramación del software "Urban Growth Simulator" para su utilización en los procesos de planeación en el valle agrícola de Ensenada, B.C., México.

Sobre la adaptación de infraestructura verde y servicios, se citan trabajos, el primero donde se evalúan los servicios hidráulicos, estableciendo los riesgos y las oportunidades de adaptabilidad, otro más donde se propone el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para el suministro de agua potable, otro más donde se propone ubicación, finalmente otro trabajo donde se señala que para una adecuada adaptación, todos los programas de urbanización y desarrollo de infraestructura costera deben considerar al menos una elevación media del mar de 40 cm.

Se presenta la adaptación urbana en la gestión y la gobernanza con cita de trabajos, donde en el primero se expone el debate acerca de la forma, la estructura urbana y los lineamientos que pudieran guiar a los gobiernos locales hacia la sostenibilidad, otro donde se realiza un estudio de investigación urbana analizando el tema de la adaptación al cambio climático a través de la reducción del riesgo. Por último en esta sección, se menciona un trabajo donde se ve una metodología que permite proporcionar recomendaciones a los responsables políticos y los funcionarios de planificación de la comunidad.

De nuestra parte, consideramos importante hacer referencia al estudio de los riesgos y la vulnerabilidad de los asentamientos humanos irregulares, carentes de infraestructura básica, con viviendas de mala calidad, afectando la economía de dichos conglomerados y siendo por tanto áreas y grupos sociales con mayor vulnerabilidad al cambio climático. El presente capítulo aborda los trabajos sobresalientes sobre medidas de adaptación en México, con la intención de servir como marco de referencia para los tomadores de decisiones, responsables de la gestión y de políticas públicas ambientales.

## Introducción

En este documento se describen los principales estudios científicos sobre la adaptación al cambio climático de los asentamientos humanos en las áreas urbanas, y se toma como eje de referencia la estructura vertida en IPCC WGII AR5 (2014), donde de manera detallada se plantea la necesidad de abordar sectores clave como: la adaptación de la base económica de los centros urbanos; la adaptación de la vivienda y los asentamiento urbanos; la adaptación urbana, los fenómenos meteorológicos y los residuos; la adaptación en sistemas de energía y finalmente la infraestructura verde y los servicios.

Es posible llevar a cabo la adaptación al cambio climático si partimos de recomendaciones e incluso acciones sustentadas en investigaciones científicas enfocadas a reducir la vulnerabilidad en zonas urbanas, debiendo diseñarse también políticas públicas que fortalezcan la capacidad de gobernabilidad de las autoridades en sus diferentes niveles, permitiendo desarrollar trabajos integrales con el sector privado y el sector social, alcanzando resultados de adaptación conjuntos, mejorando las capacidades de la cada región y su interconexión con otros asentamiento humanos, ofreciendo respuestas regionales a las manifestaciones del cambio climático en México.

### Adaptación al cambio climático

El IPCC WGII AR5, plantea la adaptación como el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014).

La adaptación de los sistemas humanos y naturales se refieren a las medidas para controlar los efectos en las vidas de los habitantes, en sus medios de subsistencia, en su salud, en los ecosistemas donde se hayan insertos, en sus economías, en las sociedades que habitan, sus culturas; así como los servicios e infraestructuras de dichas áreas urbanas debido a como interactúan los fenómenos climáticos peligrosos, productos del cambio climático, que ocurren en un lapso específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos, así mismo, deben contemplarse los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos y donde se incluyen las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar (IPCC, 2014).

Es importante señalar que en las áreas urbanas se observa vulnerabilidad, entendida esta como la propensión o predisposición a verse afectado negativamente, como sensibilidad o susceptibilidad al daño y que presenta además la falta de capacidad de respuesta y adaptación. Debe señalarse que en las áreas urbanas hay diferencias en la vulnerabilidad y exposición a los riesgos que se manifiestan debido al cambio climático, dichas diferencias son de tipo multidimensional y son evidentes en los grupos de personas con marginación que son producto de procesos interrelacionados de tipo social, económico, político cultural e institucional que se traducen en desigualdades sociales y de ingresos económicos. Con relación a los procesos sociales, se puede mencionar a la discriminación por motivo de género, clase social, etnicidad, edad y discapacidades físicas (IPCC, 2014).

La Agencia de Cooperación Alemana en América Latina y Caribe (2010), plantea que la adaptación se refiere a las iniciativas y medidas que reducen la vulnerabilidad de los sistemas naturales y los sistemas antropogénicos frente a los efectos que ocurren o que se espera sucedan debido al cambio climático, es importante que los países y comunidades adopten medidas y prácticas de adaptación para protegerse de los daños probables, es decir, es aquel proceso en el que las sociedades mejoran para sobrellevar un futuro bajo las condiciones del cambio climático.

Conde (2010), señala respecto a la capacidad de adaptación que tienen los sistemas naturales o antropogénicos, que ésta se manifiesta cuando se dan respuestas o acciones, las medidas de adaptación pueden ser de tipo espontáneo o planificado y se pueden llevar a cabo antes o después de los impactos provocados por el fenómeno del cambio climático.

Es importante señalar que la adaptación requiere de cambios en las prácticas, procesos y estructuras de los sistemas humanos para moderar los posibles daños o lograr beneficios, de tal manera que la capacidad adaptativa se relaciona con factores





sociales y económicos que pueden proveer de flexibilidad a los sistemas humanos que les permitan tener estabilidad, regresando a condiciones previas ante eventos climáticos adversos, además que tengan acceso a los conocimientos y/o a recursos económicos (Conde, 2010).

Las medidas de adaptación deben enfocarse a corto y a largo plazo e incluir componentes de manejo ambiental, de planeación y de manejo de desastres, siendo las más generales en asentamientos humanos en áreas urbanas, las siguientes (Conde, 2010):

- De prevención y precaución.
- De desarrollo de investigación e información.
- De criterio de flexibilidad en prácticas de planificación con viviendas diseñadas para cambios extremos del clima.
- De ubicaciones más seguras de instalaciones, obras de infraestructura y viviendas (planeación).
- De la restauración y cuidado de la cubierta arbórea, los humedales y los pastizales para evitar la erosión y reducir los daños provocados por las tormentas e inundaciones en las zonas urbanas de acuerdo a su ubicación geográfica.
- Del establecimiento de planes de evacuación y sistemas de respuesta médica en caso de alguna catástrofe natural. Implica el diseño de edificios que puedan servir como refugios temporales y espacios de atención médica (ejemplo edificios escolares).
- De desarrollo de políticas públicas para la aplicación -bajo el concepto de equidad- de las medidas de adaptación en los diferentes núcleos poblacionales de las áreas urbanas.

En el caso de las medidas de mitigación, son aquellas de tipo reglamentario y obligatorio, como las normas de construcción y reglamentos de construcción, entre otras.

A continuación se presenta un compendio de artículos y documentos técnicos que muestran los avances del conocimiento en el campo de las medidas de adaptación en las áreas urbanas y que responden a lo establecido en el informe Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), cuyo hilo conductor es la relación que guarda el fenómeno del cambio climático y las medidas de adaptación, necesarias para instrumentar la disminución de riesgos y vulnerabilidad en las áreas urbanas de nuestro país, aclarando que hay apartados de dicha estructura del documento indicado, que en México no se han desarrollado trabajos al respecto.

## 1. La adaptación y planificación del desarrollo

Respecto a los programas y estrategias gubernamentales para desarrollar medidas de adaptación frente al fenómeno del cambio climático podemos señalar en México las siguientes:

- La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) publicada en el Diario Oficial de la Federación el tres de junio del 2013, la cual en su apartado No. 6 establece la adaptación a los efectos del cambio climático a través de un diagnóstico de la vulnerabilidad ante el cambio climático con ejes estratégicos, líneas de acción y criterios para la priorización de dichas medidas de adaptación.
- El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado el 7 de septiembre de 2012 en el Diario Oficial de la Federación, la cuál es una herramienta diseñada para caracterizar y diagnosticar el estado del territorio, así como sus recursos naturales, plantear escenarios futuros, y a partir de estos, proponer formas para utilizarlos de manera racional y diversificada con el consenso de la población.

Estos dos instrumentos de política pública pretenden establecer puentes de acción entre las diferentes Secretarías de Estado, que permitan la coordinación de estas con las instancias gubernamentales de los estados y municipios para elaborar e instrumentar los proyectos urbanos que tomen en cuenta la aptitud territorial, las tendencias de deterioro de los recursos naturales, los servicios ambientales, los riesgos ocasionados por peligros naturales y la conservación del patrimonio natural.

Sustaita, Martínez y Bautista (2013) platean la interconexión regional a través de la implementación de programas de prevención y control de la desertificación en la Mixteca del estado de Oaxaca en México, permitiendo rehabilitar el paisaje a través de acciones de conservación de suelo y agua.

## 2. La adaptación de sectores clave

### Adaptación de la base económica de los centros urbanos

Los crecimientos poblacionales de las áreas con asentamientos urbanos sólo pueden entenderse si se explican las actividades económicas que ahí se desarrollan, así Delgado et ál. (2010) señalan que el sector turismo genera más de 8 % del producto interno bruto en México, por lo tanto, la vulnerabilidad del sector turismo al cambio climático puede afectar seriamente la derrama económica y la generación de empleos en México, sin embargo las medidas de adaptación se tienen que estructurar y planear a nivel local.

Entre las medidas y actividades para las evaluaciones de impactos, vulnerabilidad y adaptación relativas al sector turístico, consideran los autores que los países y las regiones deberían contemplar las siguientes:

- Evaluación del papel del clima actual en el sistema turístico y los impactos que supondría el cambio climático por zonas y productos más vulnerables, integrando las diferentes escalas de manifestación del fenómeno.
- Elaboración de cartografía de zonas críticas y vulnerables para el turismo, bajo distintos escenarios de cambio climático.
- Desarrollo de sistemas de indicadores sobre la relación cambio climático —turismo para su medición y detección.
- Desarrollo de modelos de gestión para optimizar las principales opciones adaptativas y las implicaciones en las políticas turísticas.
- Evaluación de los potenciales impactos del cambio climático en el patrimonio cultural (tangible e intangible), y su repercusión en el turismo.

### Adaptación de la vivienda y los asentamientos humanos urbanos

Las viviendas y los asentamientos humanos adquieren relevancia como tema de las áreas urbanas, si partimos de la cantidad de unidades que conforman el parque edilicio de este género de edificaciones, que según datos de INEGI para fines de la primera década de este siglo se contabilizaron 28´138,556 viviendas en la República Mexicana (INEGI, 2010). Así mismo, debe mencionarse que en México es en este rubro donde más trabajos de tipo científico se han elaborado.

Se presentan referencias sobre investigaciones que abordan el tema de las viviendas sustentables y su adaptación al cambio climático, la primera de ellas es el trabajo de Conde et ál. (2011), donde se muestran los escenarios de cambio climático regionales empleados en los trabajos de impactos potenciales en México para el sector de asentamientos humanos entre otros, dichos estudios se realizaron dentro de los trabajos para la Cuarta Comunicación de México ante la Convención Marco de Cambio Climático, coordinados por el Centro de Ciencias de la Atmósfera. Para plantear dichos escenarios se emplearon modelos presentados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático en su último Reporte de Evaluación (IPCC, 2007) y los criterios establecidos por el Grupo de Trabajo sobre Datos y Escenarios para el Análisis de Impactos y Clima.

Se tienen también trabajos que corresponden a uno de los aspectos estrechamente relacionados con la variación de temperaturas asociada al cambio climático y es el confort térmico de las viviendas, que en gran parte del territorio nacional representa grandes consumos de energía para acondicionar mecánicamente dichos espacios arquitectónicos, y que describen en primer lugar el trabajo de Gómez et ál. (2009) y donde demuestran que los valores de temperatura de confort térmico, definidos por datos recogidos en campo son más altos que los valores de temperatura de confort térmico en las diferentes expresiones matemáticas convencionales, también destaca la importancia de contar con estándares de confort térmicos propios de cada lugar, los cuales deberían ser definidos a través de la respuesta directa de los individuos y el entorno en el que realizan sus actividades,





esto puede facilitar el trabajo de los diseñadores de la vivienda, que a menudo tienen que trabajar con hipótesis sin confirmar. A este respecto, cabe señalar la importancia del trabajo desarrollado por Mayorga (2012), donde justamente el modelo ahí presentado permite hacer las consideraciones antes señaladas en este trabajo.

Otros trabajos importantes a citar son el de Ochoa et ál. (2012), donde se diagnostican las condiciones a través del monitoreo y simulación del comportamiento térmico de la vivienda en temporadas cálidas y frías, estableciendo recomendaciones para mejorar la habitabilidad y la eficiencia energética, se encuentra también en este grupo el trabajo de Arredondo y Ruiz (2013) que proponen usar estrategias pasivas de climatización para reducir las ganancias térmicas, lo que propiciará la reducción del uso de sistemas mecánicos para climatización y por ende la disminución del consumo energético, además, Torres y Castañeda (2013) generan un modelo de adaptación de la vivienda de localidades de clima húmedo y en el que se puedan alcanzar mejores condiciones de confort térmico para evitar el uso de sistemas activos de climatización.

Un siguiente grupo de trabajos de investigación se refiere a las propuestas de elementos arquitectónicos en las viviendas para promover el confort térmico y una menor producción de $CO_2$, al generarse un menor consumo de energía eléctrica producida de manera convencional, así tenemos a Morgan (2013) que establece un sistema de techo no común, con la intención de reducir el paso del calor radiante al interior de la vivienda, procurando la mejora térmica para el habitante y previniendo los consumos energéticos cada vez más altos ante el cambio climático global; también Trujillo, Castañeda y Jiménez (2013) proponen no construir techos convencionales de concreto y acero, ya que presentan inconvenientes ambientales durante su construcción, vida útil y deconstrucción, que inciden en el cambio climático, por lo que diseñaron un techo térmico en la vivienda, de construcción sencilla y desempeño térmico positivo en beneficio del usuario. Por último, en este mismo rubro se da a conocer el estudio de Peña y Sandoval (2011) en el que realizan una propuesta para la conversión urbana bioclimática de la Colonia Tarahumara en Ciudad Cuauhtémoc, en el estado de Chihuahua en México, donde contemplan la mejora bioclimática de la vivienda, adaptándola al territorio natural, incorporando hábitos de diseño urbano y beneficios en las condiciones de vida de los residentes, todas estas investigaciones representan medidas de adaptación ante el fenómeno del cambio climático.

El Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, en su informe titulado Edificación sustentable en América del Norte, recomienda que los líderes de México, Estados Unidos y Canadá, promuevan la edificación sustentable como un factor de impulso para el mejoramiento ambiental, social y económico mediante una mejora en la ubicación, el diseño, la construcción, la demolición, el reacondicionamiento y la operación de sus edificaciones, elevando así el bienestar en la región (CCA, 2008).

Así el uso de tecnologías para el ahorro de energía en edificios, permite generar reducciones en el consumo de combustibles fósiles y en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), el desarrollar mejores prácticas en el diseño y construcción de las edificaciones permite enfrentar retos ambientales como son el agotamiento de recursos naturales, la eliminación de residuos y la contaminación de agua, aire y suelo repercutiendo en la mejora de la salud y la prosperidad de los grupos sociales. Sin embargo, en Estados Unidos en el año 2008 alrededor del 2 % de las edificaciones no habitacionales y el 0.3 % del mercado habitacional corresponden a edificios con diseño sustentable, presentándose en Canadá cifras similares (CCA, 2008), con relación a México no existen cifras confiables en cuanto a la cantidad de edificaciones sustentables en el país.

Sánchez y Sánchez (2013), hacen un análisis sobre el tipo de materiales que se usan en la construcción, los beneficios ambientales y económicos que generarán los materiales sustentables y donde se reconoce que la arquitectura orgánica permite estudiar a la naturaleza como un elemento doblemente inspirador del diseño arquitectónico.

### Los procesos de urbanización, los hábitats sustentables y los riesgos del cambio climático.

Los procesos de urbanización para alcanzar hábitats sustentables incluyen según Pelling (2012) aquellas acciones que permitan el fortalecimiento de la capacidad local (vivienda adecuada, preparación para desastres, la infraestructura y los medios de vida), que son cruciales para mejorar la resistencia cívica a los desastres, así como las alianzas entre las organizaciones comunitarias

locales, organizaciones no gubernamentales y gubernamentales externas, los sectores público y privado, y entre la ciudad y el gobierno nacional.

Así, se han desarrollado trabajos de investigación que permiten comparar diferentes tipos de obra arquitectónica con enfoques de bioclimatismo y sustentabilidad: De esta manera Tenorio y Duncan (2009) realizan una discusión comparativa entre la obra de Laurie Baker (India), Severiano Porto (Brasil), Fernando G. Gortázar (México) y Joao Filgueiras Lima (Brasil), donde buscan demostrar la razón de ser y los antecedentes del enfoque bioclimático como reacciones emergentes al funcionalismo reconociendo una demanda urgente para minimizar las grandes brechas entre la práctica y la academia, el arte y la ciencia, entre lo que actualmente se conoce y lo que se hace, esto es importante si reconocemos que estas prácticas arquitectónicas se ejecutan en el marco del fenómeno del cambio climático.

Audefroy (2013) establece que para medir la vulnerabilidad del hábitat a diferentes amenazas naturales existen varios métodos, lo que permite mejorar su diseño, así también presenta diferentes formas existentes de adaptación de la arquitectura contemporánea a los efectos del cambio climático con relación al consumo de energía, agua, suelo, inundaciones y emisiones de $CO_2$.

## 3. La adaptación urbana, los fenómenos meteorológicos y los residuos

### Microclimas urbanos e islas de calor

Un efecto generado por el cambio climático es la perturbación de microclimas urbanos, uno de los más destacados, producto de la transformación del medio ambiente son las 'islas de calor', Jáuregui (2006), a quien se le reconoce como uno de los pioneros del estudio de este fenómeno, analiza el crecimiento urbano desde la época precolombina hasta nuestros días estableciendo la relación que existe entre el crecimiento urbano y el cambio climático a nivel urbano. Señala que entre los años de 1960-1990 los datos de precipitación pluvial y temperatura fueron variando derivado de un crecimiento de la superficie de la ciudad, siendo en 1970 de 397 $km^2$ aumentando para 1990 a 834.7 $km^2$, provocando que la capa dominante en los flujos de ondas de calor incrementara la temperatura en la zona urbana.

Posteriormente Cueto, Martínez y Ostos (2010) establecen una serie de estudios proyectando las afectaciones que el cambio climático tendría en la salud, lo cual ha cobrado sus primeras repercusiones principalmente en la zona Noroeste del país donde se han reportado muertes derivadas del golpe de calor, provocadas a su vez por las ondas de calor producto del cambio climático y del crecimiento urbano, estableciendo tres etapas de estudio:

1. Analizar los valores del verano en la Ciudad de Mexicali entre el 1 de Junio y el 15 de Septiembre del periodo de 1951 al 2006.
2. Caracterizar de manera anual y mensual la evolución de los cambios en las temperaturas máximas, frecuencia, duración e intensidad y
3. Generar datos estadísticos combinando los resultados con el modelo de clima mundial (hadCM3) para proyectar los cambios climáticos bajo este modelo para 2020, 2050 y 2080.

Por último, Tejeda, Luyando y Jáuregui (2011) plantean diferentes escenarios de bioclimas humanos para once ciudades mexicanas con más de un millón de habitantes según datos del INEGI del año 2005, haciendo consideraciones a partir del calentamiento urbano y el calentamiento global, basados en el primer caso en datos demográficos y en el segundo a partir de las salidas de los modelos de circulación general que se utilizan para este efecto, de esta manera valoraron los incrementos en temperatura y las modificaciones en las condiciones de humedad del aire que sirvieron para hacer estimaciones del bioclima humano correspondiente al periodo de 1981 al 2000 y para las décadas de 2030 y 2050, incluyendo los consumos eléctricos domésticos por climatización de viviendas derivados de esos aumentos de temperaturas.





**Cuadro 1. Ubicación y población de las ciudades que tienen más de un millón de habitantes, además de Acapulco y Veracruz (INEGI, 2005).**

| Ciudad o área urbanizada. | Población 2005 en millones de habitantes | Latitud norte | Longitud oeste | Msnm de altitud |
|---|---|---|---|---|
| Cd. de México | 19.2 | 19.40 | 99.17 | 2309 |
| Monterrey | 4.1 | 25.73 | 100.30 | 515 |
| Guadalajara | 3.7 | 20.70 | 103.34 | 1551 |
| Ciudad Juárez | 2.4 | 31.77 | 106.49 | 1220 |
| Puebla | 1.6 | 19.00 | 98.17 | 2187 |
| Toluca | 1.6 | 19.29 | 99.65 | 2720 |
| Torreón | 1.6 | 25.54 | 103.44 | 1223 |
| Tijuana | 1.4 | 32.52 | 117.04 | 55 |
| León | 1.3 | 21.14 | 101.68 | 1818 |
| Acapulco | 0.8 | 16.76 | 99.74 | 3 |
| Veracruz | 0.7 | 19.20 | 96.13 | 19 |

La población y la tasa de crecimiento de las áreas de urbanización aumentan cada vez más, lo cual implica una serie de problemas ambientales producidos por la aglomeración, la mala planeación y organización de espacios. A nivel urbano la modificación de los espacios, con un mayor número de edificaciones de gran altura en las áreas urbanas promueve la formación de islas de calor con una menor circulación de vientos en dichos espacios, de tal forma que para reducir el problema de las islas de calor, se propone redensificar las áreas verdes existentes, así como el incremento de vegetación arbórea que permita mayores áreas de sombreado, una mayor producción de humedad y purificación del aire a través de la vegetación, así mismo es necesaria una modificación en los modos de vida de los habitantes en dichas áreas, como disminución o eliminación del transporte con automotores, promoventes de calor y contaminación del aire, incentivando la peatonalización en dichas áreas urbanas (Mérida, 2013).

Derivado de estas perturbaciones en las condiciones microclimáticas de las islas de calor, se han venido desarrollando investigaciones en México que permiten abordar en el diseño de las edificaciones medidas de adaptación, dichos trabajos van orientados en dos sentidos, el primero al estudio del ser humano y su respuesta a las condiciones térmicas, estableciendo condiciones microclimáticas que impliquen bienestar térmico, aporte a la salud y calidad de vida de los usuarios y un segundo grupo de trabajos orientado al estudio de los espacios físico arquitectónicos para aminorar el impacto del clima extremo producto de islas de calor para habitantes de zonas extremas, en ambos casos, se tiene como propósito el diseño ambiental pasivo que permita un menor consumo de energía eléctrica, que en México principalmente depende de la combustión de productos derivados del petróleo (Mayorga, 2012).

Así tenemos en el primer grupo mencionado, nuevos modelos empíricos que permiten calcular las condiciones de confort térmico de los usuarios de los edificios y permiten con esas medidas establecer condiciones de confort ambiental, en particular térmico, ejemplo de ello es el trabajo desarrollado por Mayorga (2012) donde se plantea un modelo empírico holístico (que considera al ser humano como un ente bio-psico-social) de tipo estadístico generado con trabajo de laboratorio de ambiente térmico controlado con población mexicana, que permite caracterizar a este tipo de población, superando con ello el uso de modelos determinados con poblaciones anglosajonas de Europa o de los Estados Unidos de América, y donde la parte novedosa es el enfoque holístico de variables cualitativas y cuantitativas con que se construyó el modelo citado, otro trabajo que aborda temáticas de sensación térmica es el desarrollado por Bojórquez et ál. (2011), donde se determina el efecto de la temperatura de bulbo seco en la sensación térmica de usuarios de áreas recreativas al aire libre en el exterior para clima cálido-seco, información que puede también ser considerada para microclimas urbanos afectados por las islas de calor.

En el segundo grupo se muestran como referentes, trabajos que estudian el aspecto físico de los espacios arquitectónicos que permiten determinar medidas de adaptación a partir de recomendaciones de diseño para obtener edificaciones cada vez más sustentables, así tenemos el trabajo de Farrell et ál. (2013) donde se establecen criterios para la selección de plantas para techos verdes, analizando los niveles de tolerancia a la sequía, con el objetivo de determinar si ciertas especies mejoran su rendimiento en techos verdes, mediante la evaluación de estrategias de disponibilidad de agua desarrollando un modelo conceptual utilizando rasgos fisiológicos de dichos elementos.

## 4. La adaptación en sistemas de energía

### Investigación y desarrollo tecnológico

En el ámbito de la investigación y el desarrollo tecnológico se puede mencionar el estudio de Chávez y Báez (2012), en el que se evalúa el potencial de un dispositivo sencillo, de diseño versátil, relativo bajo costo y adaptación a cualquier ubicación o latitud geográfica de México, en el que a través de espejos y luz solar se mejora el confort lumínico en edificios, lo cual permite tener un ahorro en la iluminación artificial y el consumo eléctrico.

En el año 2002, el Laboratorio de Geografía Aplicada de la Universidad Estatal de Kent desarrolló el software "Urban Growth Simulator (UGS)", y Sandoval (2011) explica su funcionalidad original, adecuación y reprogramación para su utilización en los procesos de planeación en el valle agrícola de Ensenada, B.C., México, mostrando a través de cartografía y datos cuantitativos lo que podría pasar con la aplicación de diversas políticas de desarrollo urbano, concluyendo con nuevas adaptaciones de planificación urbana.

## 5. Adaptación de infraestructura verde y servicios

Relativo a los servicios e infraestructura en las áreas urbanas se han desarrollado diversos trabajos de investigación, entre los cuales destacan el de Jiménez y Navarro (2010), quienes evalúan los servicios hidráulicos, estableciendo riesgos y las oportunidades de adaptabilidad, siendo los más importantes los siguientes:

- Desarrollar infraestructura para captar y almacenar agua en los sitios donde la precipitación pluvial se incremente, o bien, haya una mayor variabilidad en la precipitación.
- Considerar el almacenamiento de agua en acuíferos como una opción de bajo costo, con alta capacidad y en donde se evapora menos el agua.
- Contar con plantas potabilizadoras y depuradoras con tecnologías que puedan tratar adecuadamente volúmenes de agua con calidad y en cantidad variable.
- Reusar, reciclar y ahorrar agua durante su empleo en los sectores doméstico, industrial y agrícola.
- Planear los asentamientos humanos y sus actividades, considerando la cantidad y calidad del agua disponible.
- Desarrollar estrategias de adaptación para manejar tanto el suministro como la demanda de agua.
- Desarrollar medidas de adaptación que consideren el manejo integrado de los recursos de agua, los aspectos sociales, económicos, ambientales y de capacidad institucional.
- Mejorar el entendimiento y la modelación de los cambios del clima en relación con el ciclo hidrológico en escalas relevantes para la toma de decisiones.

Así mismo Sánchez et ál. (2013) proponen el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia para el suministro de agua potable, de acuerdo a la precipitación media anual del año 2012 y su proyección hacia el futuro.

En el ámbito de la planeación y el diseño como medidas de adaptación, y tomando en cuenta la importancia de la ubicación geográfica de las áreas urbanas costeras, Sosa, González y Valtierra (2013) proponen no colocar la infraestructura cerca de la costa del mar, porque esta es más vulnerable a los impactos directos e indirectos del cambio climático generados por huracanes





e inundaciones, así mismo, Cueto, Martínez y Ostos (2010) señalan que para una adecuada adaptación, todos los programas de urbanización y desarrollo de infraestructura costera deben considerar al menos una elevación media del mar de 40 cm entre el 2012 y el 2100.

## 6. La adaptación urbana en la gestión y la gobernanza

En el ámbito de la planificación urbana y como parte de un marco teórico necesario para entender la dinámica de crecimiento de los asentamientos humanos urbanos, Graizbord y Monteiro (2011) exploran como las megaciudades y urbes que experimentan tasas rápidas de crecimiento están -a través de ejemplos- respondiendo a los retos del desarrollo urbano presentados por el cambio climático, se expone el debate acerca de la forma, la estructura urbana y los lineamientos que pudieran guiar a los gobiernos locales hacia la sostenibilidad. Ofrecen también una gama de percepciones y de ejemplos de soluciones innovadoras, se complementa cada uno con estudios de caso de iniciativas exitosas, resaltando el liderazgo que se necesita para enfrentar este problema mundial y se destacan los retos específicos en cuatro áreas de desarrollo urbano que se verán afectadas de manera significativa por el cambio climático: energía; transporte y movilidad urbana; agua y saneamiento y planificación urbana.

Por otra parte Fernando Aragón realiza un estudio de investigación urbana analizando el tema de la adaptación al cambio climático a través de la reducción del riesgo, el autor advierte acerca de la necesidad de integrar la reducción de riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático en la gestión pública de las ciudades, algo de particular relevancia si se toma en cuenta de que en México tales políticas están desvinculadas. El asunto no es menor, pues las políticas de adaptación y las de prevención de riesgo tienen una concepción y percepción de las amenazas, riesgos y vulnerabilidades distintas, así como también lo son las escalas espaciales y temporales de las amenazas (Aragón, 2010). El autor ofrece una revisión de los obstáculos y de las estrategias de acción viables, incluyendo aspectos como la comunicación social, la toma de decisiones puntuales y el financiamiento.

Describe tres grupos de medidas de política pública que pueden servir como ejes de articulación entre la comunidad de gestión pública del cambio climático (CCC) y la comunidad de gestión del riesgo de desastres (CGD), esto da respuesta a la propuesta de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas para desarrollar marcos nacionales integradores en los países en conformidad con el Marco de Acción de Hyogo[1] y la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (Aragón, 2010):

1. Comunicación del riesgo en centros urbanos de rápida difusión de información.
2. Toma de decisión en la gestión del riesgo de desastres y financiamiento.
3. Concepción de los afectados y 'vulnerables' en las políticas públicas de protección civil y prevención de desastres.

Por último en esta sección, debe mencionarse que Houghton (2011) muestra un enfoque para el diseño de la resiliencia al cambio climático en los proyectos de construcción y planificación verdes basados en la evaluación del impacto a la salud (HIA por sus siglas en inglés), una metodología que permite proporcionar recomendaciones a los responsables políticos y los funcionarios de planificación de la comunidad, acerca de las probabilidades de salud y los co-beneficios y daños asociados con las políticas y uso de la tierra.

Finalmente y en cuanto a propuestas a nivel urbano Olea, Mojica y Castro (2013) presentan una evaluación de factibilidad técnica, ambiental, social y financiera para instalar una planta de biogás a partir de residuos sólidos urbanos en Veracruz, lo cual permite mostrar métodos de evaluación que promueven medidas de adaptación ante el cambio climático.

[1]En su novena sesión plenaria, el 22 de enero de 2005, la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres aprobó el Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.

## Conclusiones

La falta de medidas de adaptación al cambio climático en los asentamientos humanos irregulares en áreas urbanas, generan comunidades vulnerables y con mayor riesgo, donde se vinculan otros fenómenos sociales como la pobreza.

Con base al informe del IPCC es necesario diseñar una estructura temática y de acciones que nos lleven a medidas en el ámbito de la adaptación a corto, mediano y largo plazo, enfocadas a los diferentes tipos de asentamientos humanos de las áreas urbanas en México.

Sustentados en la estructura del IPCC, en el presente capítulo queda evidente la falta de artículos y literatura técnica y científica aplicada a México sobre la adaptación de la alimentación y la biomasa para las poblaciones urbanas, la adaptación del transporte y sistemas de telecomunicaciones, la habilitación de marcos, condiciones y herramientas para el aprendizaje de la gobernanza y el involucramiento de los ciudadanos, la sociedad civil, el sector privado y otros actores y socios en las medidas de adaptación.

Por último, podemos señalar que en México es necesario un mayor número de publicaciones producto de investigaciones en el ámbito de las medidas de adaptación ante el cambio climático de las áreas urbanas, abordando problemas como la pobreza, elemento detonador de los asentamientos humanos irregulares, razón por la cual es necesario que las instituciones educativas y los diferentes niveles de gobierno promuevan y patrocinen trabajos de investigación en nuestro país para la detección, análisis y construcción de medidas de acción en el ámbito de la adaptación.





## Referencias

**Audefroy**, J. (2013), Arquitectura sustentable y adaptación al cambio climático, en: *Sustentabilidad: base y criterios teórico-prácticos* (pp. 47-80). México: Plaza y Valdés.

**Agencia de Cooperación Alemana en América Latina y Caribe**. (2010). *Adaptación y mitigación. Adaptación al cambio climático para el desarrollo rural sostenible*. Disponible en: http://www.riesgoycambioclimatico.org/adapymitigacion.html

**Aragón**-Durand, F. (2010). La adaptación al cambio climático en ciudades a través de la reducción del riesgo: hacia un esquema articulador. *En México frente al cambio climático. Retos y oportunidades* (139-152). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

**Arredondo**, M. M. y Ruiz, T. R. (2013). Mejoramiento del comportamiento térmico en vivienda de interés social, en clima cálido subhúmedo por medio de simulación. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 437- 445. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

**Bojórquez** M. G., Gómez A. G., García C. R., Ruiz T. P. & Luna L. A. (2011). Thermal comfort temperature in outdoors for extreme warm dry climate. Architecture and Sustainable Development, *Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture* PLEA 2011, pp. 547-552.

**CCA**. (2008), Comisión para la Cooperación Ambiental, *Edificación sustentable en América del Norte. Oportunidades y Retos*. (Informe del Secretariado al Consejo conforme al artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte). Canadá: Departamento de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la CCA. Disponible en: http://www.cec.org/storage/61/5388_gb_report_sp.pdf

**Conde**, C., (2010). III Vulnerabilidad y adaptación de México ante el cambio climático. 3.1 El cambio climático observado. En *México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*. pp. 51-56. México: Greenpeace México. Disponible en: http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2010/6/vulnerabilidad-mexico.pdf

**Conde**, C., Estrada, F., Martínez, B., Sánchez, O. & Gay, C. (2011). Regional climate change scenarios for México, *Revista Atmósfera*, 24(1), pp 125-140. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/pdf/atm/v24n1/v24n1a9.pdf

**Chávez**, J. R. & Báez, A. D., (2012). The potential of an innovative sunlight system to improve luminous comfort in buildings application of a specular sunlight device in real buildings. *Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture*, PLEA 2012, 6 p.

**Delgado**, G., Gay, C., Imaz M. y Martínez, M.A. (2010). *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales § 6. Adaptación a los efectos del cambio climático. 2013.

**Farrell**, C., Szota, C., Williams, N.S., & Arndt, S. K. (2013) High water users can be drought tolerant: Using physiological traits for green roof plant selection. *Plant and Soil*. 372 (1-2), pp. 177-193. Doi: 10.1007/s11104-013-1725-x

**Gómez**, A, G., Bojórquez, G., Ruiz, P., Romero, R., Ochoa, J., Pérez, M., Reséndiz, O., & Llamas, A. (2009) Comfort temperatures inside low-cost housing: Case: Six warm climate cities in Mexico. *Proceedings - 26th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA* 2009, 6 p.

**Graizbord**, B. y Monteiro, F. (2011) *Megaciudades y cambio climático. Ciudades sostenibles en un mundo cambiante*. México, D.F: El Colegio de México.

**Houghton**, A. (2011). Health impact assessments a tool for designing climate change resilience into green building and planning projects. Journal of Green Building, 6 (2), pp. 66-87. doi: 10.3992/jgb.6.2.66

**INEGI**. (2010) Instituto Nacional de Estadista y Geografía. Conjunto de datos: Viviendas. *Censo de Población y Vivienda 2010*. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=cpv10_viviendas

Intergovernamental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability (AR4), Contribution of Working Group II.

**IPCC**. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. En C.B Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, (…) y L.L. White (Eds.). Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/.../ar5_wgII_spm_es.pdf.

**Jiménez** B. y Navarro I. (2010). Los servicios hidráulicos: riesgos y oportunidades. En *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades (83-96). México: Universidad Nacional Autónoma de México.*

**Jáuregui**, E. (2006). *El clima de la ciudad de México. México*, D. F: Plaza y Valdés.

**Mayorga**, C. R. (2012). *Arquitectura y Confort Térmico. Teoría, Cálculo y Ejercicios*. México: Plaza y Valdés.

**Mérida**, M. Y. (2013). Consideraciones de las de islas de calor dentro del espacio urbano. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 499- 503. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

**Morgan**, T. N. (2013). Propuesta de techo alternativo para vivienda en el Istmo de Tehuantepec, ante el cambio climático. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 521- 530. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoria-Pincc2012.pdf

**Ochoa**, J. M., Marincic, I., Alpuche, M. G., González, I., Barrios, G., Barajas, L. M. & Gómez, A. (2012) Thermal comfort and energy performance of social housing in hot-dry climates. *Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture*, PLEA 2012, 6 p.

**Olea**, L. F., Mojica, H. J. y Castro, G. A. (2013). Alternativa de generación de energía a partir de residuos sólidos urbanos. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 531- 543. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoria-Pincc2012.pdf

**Pelling**, M. (2012). *The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience*, DOI. 10.4324/9781849773379

**Peña**, L. & Sandoval, L. (2011). Bio-climatic urban conversion for the Tarahumara Colony in Cuauhtemoc City, Chihuahua, Mexico. *Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. PLEA 2011 pp. 333-338.

**Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales § III.** Estrategias ecológicas. 2012.

**Sánchez**, P. L. y Sánchez, L. J. (2013). Fusión de la Arquitectura Orgánica y sustentable ante el Cambio Climático. Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias. pp. 565- 512. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

**Sánchez**, T. G., Ospina, J., Vargas, R., Barragán, R. y Govea, A. (2013). Diseño hidráulico de un sistema de captura de agua de lluvia para suministro de agua potable considerando el impacto del cambio climático. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 573-584. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

**Sandoval**, F. J., (2011). Adecuación y reprogramación del software urban growth simulator para su utilización en los procesos de planeación de la ciudad de Ensenada, B.C, México. *Architecture, City and Environment,* pp. 159-171.

**Sosa**, F. A., González, N. I. y Valtierra, H. A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático en la Península de Yucatán. Percepción de la sociedad. *Primer Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 221-228. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2011.pdf

**Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales**. (2012). *Cambio climático una reflexión desde México*. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06_otras/Cambio_climatico_CD.pdf

**Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales**. (2012). *Informe de avances del Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*. Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/pecc12.pdf

**Sustaita**, R. F., Martínez, R. S., y Bautista, S. G. (2013), Prevención y control de la desertificación en la Región Mixteca, Oaxaca, México. *Primer Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. México. Pp. 271-275. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2011.pdf

**Tejeda**, M. A., Luyando, E. & Jáuregui, E. (2011), Average conditions of thermal stress in Mexican cities with more than one million inhabitants in the face of climatic change, *Revista Atmósfera*, 24 (1), pp. 15-30. Disponible en: file:///C:/Users/Liliana/Downloads/23800-41204-1-PB.pdf

**Tenorio**, R. & Duncan, O. (2009). Bioclimatic modernism in Mexico, Brazil & India: An overview after Brasilia. *29th ISES Biennial Solar World Congress*, Vol. 2, pp. 1548-1558.

**Torres**, R. R. y Castañeda, N. G. (2013), Estudio preliminar de Confort térmico en la vivienda de la ciudad sustentable Nuevo Juan de Grijalva. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias.* pp. 561- 564. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

**Trujillo**, S. R., Castañeda, N. G. y Jiménez, A. J. (2013) Sistemas de techo no convencional, viable para vivienda en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. pp. 585- 591. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

# Capítulo 8

## SALUD HUMANA

**Autores líderes:**

Ana Rosa Moreno Sánchez[8], María de Carmen Calderón Ezquerro[3],
Horacio Riojas Rodríguez[36], Marisol Anglés Hernández[37], Janine Ramsey[56].

**Autores colaboradores:**

Grea Litai Moreno Banda[56], Chuc Aburto S.[56], David Alejandro Moo Llanes[56] y José Francisco Pinto Castillo[51].

[3]UNAM CCA Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México,
[8]UNAM Facultad de Medicina Departamento de Salud Pública, [36]Secretaría de Salud Instituto Nacional de Salud Pública,
[37]UNAM Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México,
[51]UNICACH Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, [56]INSP CRISP Centro Regional de Investigación en Salud Pública,
Instituto Nacional de Salud Pública.

**Palabras clave:**

Dengue, modelos de nicho ecológico, enfermedades transmitidas por vector (ETV), vulnerabilidad, riesgo, eventos extremos, peligros naturales.

## Resumen

Existen diversas vías a través de las cuales el clima puede afectar a la salud humana. Estas son complejas y sensibles a factores individuales, sociales, económicos y ambientales. En México, los principales problemas identificados son los cambios en la temperatura y condiciones de humedad extrema que conducen a brotes de enfermedades como golpes de calor, enfermedades transmitidas por vector, así como por la ingesta de agua y alimentos. Las condiciones que hacen vulnerable a una población son diversas, y entre ellas están el estado de salud, los ingresos, la educación y la capacidad de respuesta del gobierno, siendo el mejor indicador de vulnerabilidad al cambio climático la tasa existente de enfermedades asociadas con el clima. Los principales temas que se discuten son la disponibilidad y calidad del agua, impactos en la producción de alimentos, cambios en la distribución de vectores, la contaminación del aire, calidad biológica del aire y las herramientas institucionales con las que cuenta el país, necesidades de investigación y conclusiones. Lo anterior, permite poner en perspectiva el problema y cómo la investigación está apoyando en el conocimiento para la toma de decisiones y cuáles son las necesidades, incluyendo aquellas para la instrumentación de políticas públicas de adaptación y mitigación.





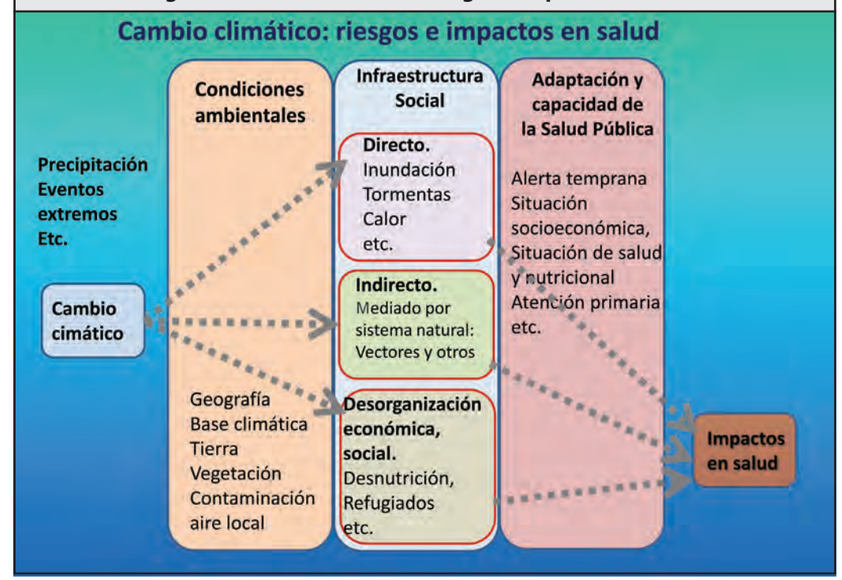
## 1. Antecedentes

Las vías causales por medio de las cuales la salud humana se ve afectada por las manifestaciones del clima son complejas y pueden ser modificadas por factores como enfermedades preexistentes, edad, acceso a servicios de salud, situación económica, ambientes naturales y construidos donde se asientan las poblaciones, así como diversos factores sociales.

Si bien desde 1997 la Organización Mundial de la Salud (OMS), se adhiere a la Agenda Internacional del Cambio Climático, en México es hasta 2009 cuando el sector salud se integra en las discusiones oficiales, lo que significa que el tema ha cobrado cierta relevancia solo recientemente. Los principales hallazgos reportados son eventos climáticos asociados a efectos en la salud de la población mexicana relacionados con temperaturas y condiciones de humedad extremas, que llevan a condiciones para la aparición de brotes de enfermedades como golpes de calor, enfermedades transmitidas por vector (ETV), por agua y alimentos.

Los efectos en México están relacionados a condiciones de la población, tales como su ubicación, situación geográfica, el grado de la degradación ambiental, el perfil epidemiológico y la vulnerabilidad social, raza y etnicidad. En la Figura 1 se señalan los riesgos e impactos a la salud por el cambio climático (Smith et ál., 2014).

**Figura 1. Cambio climático: riesgos e impactos en salud**




**Fuente: Modificado de: Smith et ál., 2014, pág. 716**

## 2. Condiciones que hacen vulnerables a las poblaciones ante el clima y sus variaciones

Existen algunos factores que actúan como causas genéricas de la vulnerabilidad, tales como el estado de salud, los ingresos, la educación y la capacidad de respuesta del gobierno. El mejor indicador de vulnerabilidad al cambio climático es la tasa existente de enfermedades relacionadas con el clima. No obstante, las causas precisas de la vulnerabilidad varían de una zona a otra (IPCC, 2014), aunque por diversas razones, todas las regiones en desarrollo son vulnerables a los daños económicos y sociales por el cambio climático (World Bank, 2010).

El lugar específico donde vive una población tiene mucha influencia sobre el potencial de daños a la salud causados por el cambio climático, por ejemplo, los riesgos para las personas que viven en zonas rurales difieren para aquellas de las ciudades.

Algunas condiciones ecológicas pueden influir en la vulnerabilidad, por ejemplo, eventos extremos pueden favorecer la transmisión de ciertas enfermedades infecciosas y la vulnerabilidad de las poblaciones a éstas enfermedades dependerá de los niveles de referencia de los patógenos y sus vectores.

Ciertas condiciones biológicas como edad, como en el caso de niños, jóvenes y ancianos, o enfermedades pre-existentes, propician un mayor riesgo de enfermarse debido a la susceptibilidad biológica.

Otros factores de vulnerabilidad que son de gran importancia para entender y atender los efectos en salud por el cambio climático son diversas condiciones sociales como género, etnicidad, educación, infraestructura, vivienda, acceso a los servicios de salud, y factores económicos como el ingreso, siendo la pobreza una condición grave.

Con base en lo anterior, se puede decir que las medidas de reducción de la vulnerabilidad más eficaces para la salud a corto plazo son los programas que aplican y mejoran las medidas de salud pública básica, como el suministro de agua limpia y saneamiento; asegurar una asistencia sanitaria esencial que comprenda servicios de vacunación y salud infantil; una mayor capacidad de preparación y respuesta frente a los desastres; y el alivio de la pobreza (Smith et ál., 2014).

## 3. Efectos por la disponibilidad y calidad del agua e impactos en la producción de alimentos

### 3.1 Disponibilidad y calidad del agua

Con el cambio climático un gran número de personas podrían verse afectadas por desnutrición y escasez de agua lo que se considera que pudieran ser las consecuencias sanitarias de mayor gravedad. Por consiguiente, en este siglo existen mayores riesgos de enfermedades transmitidas por alimentos y agua.

Los cambios extremos previstos ante el cambio climático en el país son la alternancia de sequías más intensas y olas de calor, con breves episodios de lluvia intensa (tormentas y granizadas). Dichas variaciones podrían agravar la escasez de agua, agotamiento de acuíferos (Garatuza, Rodríguez y Watts, 2009) e inundaciones, así como aumentar los riesgos de enfermedades transmitidas por el agua (Gobierno del Estado de México, 2009).

El cólera sigue siendo un agente importante en México (Greer y Fisman, 2008). El riesgo de enfermedades transmitidas por el agua es mayor entre los pobres, niños, ancianos, mujeres embarazadas, y las personas inmunocomprometidas (Rose et ál., 2001; CCSP, 2008a). Los cambios de temperatura y los ciclos hidrológicos pueden influir en el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua (Curriero et ál., 2001; Greer y Fisman, 2008; Harper et ál., 2011). Las inundaciones aumentan el potencial de escurrimiento para llevar sedimentos y contaminantes a las fuentes de agua, como diarreas (CCSP, 2008b). Las disparidades en el acceso a agua tratada fueron identificados como un factor determinante de morbilidad en menores de cinco años debido a enfermedades transmitidas por el agua en el Estado de México (Jiménez y Gómez, 2011).

A partir del escenario base se observa una vulnerabilidad baja en las regiones Balsas y Pánuco; en el escenario cálido-húmedo, la región Balsas se vuelve no vulnerable pero la región Pánuco tiene una alta vulnerabilidad. Los modelos para el escenario cálido-seco indican que en las regiones Pánuco y Lerma la vulnerabilidad se vuelve alta, mientras que en la del Balsas es baja (Gobierno del Estado de México, 2009).

Se ha documentado que las extracciones de agua son superiores a los niveles de estrés en el norte y centro del país, en particular en la Ciudad de México (Romero et ál., 2014), lo cual puede agravarse en condiciones de cambio climático. Además,





se podrían agravar las consecuencias negativas para la salud por la deficiente calidad del agua y los sistemas de saneamiento inadecuados existentes en el país (Romero, 2010). La preocupación aumenta si se considera que entre el 10 y el 30 % de los sitios de monitoreo de superficie en México tienen agua contaminada (CONAGUA, 2011).

Romero (2010) señala que los usuarios de agua que ya se enfrentan a la escasez recurrente durante la estación seca o cuando la sequía golpee la ciudad de México se verán particularmente afectados. El sector salud podrá perjudicarse por los impactos que se relacionan a la presencia de eventos extremos, donde la salud de la población se ve afectada por la irrupción de agua residual a los sistemas de agua potable, contaminación de suelos, acuíferos y sedimentos, y por consecuencia se hacen presentes enfermedades como hepatitis, criptosporidiasis y giardiasis, entre otras. Para dicho sector, se calcula que podría presentarse un desembolso adicional de 45 billones de pesos para el escenario A2 para el periodo 2008-2050. La inacción plantea que para 2050 se requeriría utilizar el equivalente hasta del 20 % del PIB para gastos en salud (Leal et ál., 2008).

Otra de las previsiones señala que en la mayor parte de México, excepto la zona tropical del sur, los suministros de agua se encuentren más estresados por el cambio climático, lo que resultaría en una menor disponibilidad de agua y un aumento de las condiciones de sequía (Romero et ál., 2014), lo que tendría impacto en la salud de las poblaciones vulnerables.

### 3.2 Producción de alimentos

Ante el cambio climático existe el riesgo de pérdida de medios de subsistencia e ingresos en las zonas rurales debido a insuficiente acceso al agua potable, agua para el riego y a una reducida productividad agrícola, afectando principalmente a las familias cuyas siembras son para autoconsumo (Smith et ál., 2014). En particular, eventos extremos hidrometeorológicos causan severos daños a los cultivos, a la productividad agropecuaria, erosionan el suelo, saturan los suelos de agua y se presenta un aumento en la mortalidad del ganado. Por ejemplo, los incrementos proyectados de inundaciones pueden afectar la agricultura y la ganadería en el sur tropical de México (Romero et ál., 2014).

SAGARPA (2012) ha hecho un análisis sobre algunos de los impactos más importantes en el sector agropecuario que pueden preverse con respecto a las alteraciones de la temperatura y entre estos se encuentra la disminución de los rendimientos de los cultivos en zonas más cálidas debido el aumento de plagas, enfermedades e incendios; el estrés causado por el calor; la reducción en el suministro de agua y problemas en su calidad; así como, florecimiento de algas. Tales daños pueden impactar la disponibilidad, costo y distribución de los alimentos, lo cual afectaría a las poblaciones más vulnerables en cuanto a pobreza, marginación y aislamiento, en particular a los niños pequeños (Cook y Frank, 2008).

## 4. Cambios en la distribución de vectores

Debido a los cambios en la temperatura y precipitación, resultado del cambio climático puede haber una variación en la distribución y carga de enfermedades transmitidas por vectores (ETV), como el dengue, paludismo, hantavirus (COFEPRIS, 2014) y otra enfermedad de interés reciente es la chikungunya.

Estos cambios afectan tanto a la distribución y la abundancia de las especies de huéspedes vertebrados, así como en la dinámica de poblaciones de vectores y por consiguiente en la transmisión de enfermedades. Lo anterior implica la modificación de procesos ecológicos complejos en los que intervienen factores ambientales y sociodemográficos, que dificulta la predicción de sus dinámicas (COFEPRIS, 2014).

Ramírez-Zepeda et ál. (2009) han señalado que si las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura, se mantienen en niveles que favorecen la diseminación de la infección y la población aumenta en forma proyectada, para 2055 aproximadamente 3,200 millones de personas estarán en riesgo de contraer dengue. Por ejemplo, en México, la incidencia de casos de dengue pasó de 5,220 casos en 2003 a 40,559 en 2007, con 1,776 y 7,897 casos de dengue hemorrágico, respectivamente. De

acuerdo con la SSA en Guerrero y Colima se reporta un incremento de 1.5 y 2.0 % en el número de casos de dengue por cada °C de aumento en la temperatura ambiente, respectivamente (COFEPRIS, 2014).

Las primeras investigaciones en México reportaron una asociación estadísticamente significativa entre la temperatura y el aumento del número de casos en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Colima, principalmente en épocas de lluvia. Por tal razón, el dengue es una de las principales prioridades de salud pública.

**Cuadro 1. Dengue**

Ante el cambio climático, se espera un aumento de la incidencia de las ETV, incluyendo el dengue (Morin et al., 2013; Brunkard et al., 2008). México es particularmente vulnerable debido a su topografía, ubicación geográfica y otros factores como la urbanización, la deforestación y el crecimiento relativo de la pobreza. Tradicionalmente, la fiebre del dengue (FD) se consideraba una enfermedad tropical con baja incidencia en la frontera entre México y EUA; sin embargo, existe una variedad de factores que han mostrado la vulnerabilidad, incluyendo las variaciones en la precipitación y la temperatura, el ingreso familiar, la presencia de formas larvarias, la falta de aire acondicionado y el drenaje (Brunkard et, al., 2007). Aunado a los vínculos existentes entre el microclima, el fenómeno del Niño y la incidencia del FD (Colón-González et al., 2012; Brunkard et al., 2008; Huratdo-Díaz et al., 2007), se ha suguerido que el cambio climático podría poner en riesgo de transmisón a ciudades con altitud superior a 1,800 (Lozano Fuentes etal., 2012). Además, se ha proyectado que para el 2030, todos los estados costeros presentarán alto riesgo de FD, siendo las regiones pobres y vulnerables las más afectadas (Riojas´Rodríguez et al., 2011).

**Cuadro 2. Aplicación de modelos de nicho ecológico para el análisis de ETV y cambio climático**

Los modelos de nicho ecológicos han sido aplicados para identificar los requerimientos biológicos y ambientales de la enfermedad de Chagas, dengue, leishmanioses y paludismo en la región Neotropical de México. Se utilizaron las ocurrencias para 1) Chagas (*Triatoma dimidiata y Trypanosoma cruzi*); 2) dengue (*Aedes aegypti Ades albopictus* y virus dengue); 3) leishmanioses (*Lutzomyia cruciata, Lutzomyia olmeca olmeca y Leishmania* spp.); y 4) paludismo (*Anopheles albimanus, Anopheles pseudo punctipennins y Plasmodium vivax*) y el Modelo de Circulación General ECHAM5 en los escenarios A2 y B2 en tres periodos (2030, 2050 y 2080). El porcentaje de superficie territorial y población con exposición al vector fueron consientemente mayores en el escenario A2 y los cambios de cobertura por enfermedad fueron heterogéneos en la región para las especies analizdas. Las proyecciones del peligro por exposición permiten analizar el impacto de las modificaciones ambientales o antropogénicas y proponer estrategias de vigilancia e intervenciones por el sistema de salud pública (Ramsey et al., 2013a). Estos análisis han sido aplicados a nivel estatal (López-Cárdenas et al., 2009; Moo-Llanes et al., 2013) y hasta nivel global.

## 5. Calidad del aire asociada a agentes químicos y biológicos

### 5.1 Antecedentes de contaminación del aire en el país

El crecimiento urbano desordenado ha provocado que en varias ciudades del país existan fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos que generan una mala calidad del aire para la salud humana. Si bien las condiciones del aire en la Ciudad de México han mejorado, aún se presenta un porcentaje importante de días donde la norma de calidad del aire de ozono es rebasada y el promedio de concentración media anual de PM10 está por encima de la norma recomendada para la protección de la salud. Además de eso, actualmente el país cuenta con más de 11 ciudades donde la población rebasa el millón de habitantes, las cuales





comienzan a tener problemas similares relacionados con la contaminación del aire. En términos de efectos a la salud, solamente en la ciudad de México se calcula que ocurren 2,000 muertes anuales debido a este problema (Riojas et ál., 2012). Entre los contaminantes presentes en estas zonas metropolitanas destacan dos, tanto por sus altas concentraciones, como por tener importancia desde el punto de vista del cambio climático. Se trata del ozono y de las partículas respirables menores de 2.5 µm; un porcentaje de estas últimas entra dentro de la categoría de carbón negro.

En el contexto de la priorización de elementos que contribuyen al cambio climático, el ozono y el carbón negro entran dentro de los denominados contaminantes de vida corta. Estos son sustancias con una vida relativamente breve en la atmósfera (desde unos días hasta dos décadas) y que tienen un efecto de calentamiento sobre el clima. Los principales contaminantes de vida corta son carbón negro, metano y ozono troposférico, además se consideran contaminantes que generan impactos sobre la salud humana, la agricultura y los ecosistemas. Además, son responsables de una fracción sustantiva de los cambios climáticos experimentados hasta ahora y contribuyen significativamente a la tasa de calentamiento en el corto plazo. De entre estos contaminantes, se han seleccionado al carbón negro y al ozono para ejemplificar el doble efecto que tienen sobre la salud y el cambio climático, así como para visualizar los co-beneficios que se tendrían en el caso de controlar su presencia en la atmósfera.

### 5.2 Carbón negro

El carbón negro (*blackcarbon* o BC, por sus siglas en inglés) es un componente de las partículas finas (Ver Capítulo de Nubes y aerosoles del Grupo I del Reporte Mexicano de Cambio Climático). En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) un estudio encontró que la composición elemental de las PM2.5, está representada por 11-12 % de carbón negro, 10-11 % de sulfatos, 10 % de nitratos y 52-55 % de sustancias orgánicas (Salcedo et ál., 2006).

En términos de efectos a la salud, los impactos del carbón negro deben contextualizarse dentro de los efectos que producen las PM2.5. Estas últimas se han asociado con un incremento en la mortalidad general, por enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Ostro et ál., 2006), además se asocian con un incremento en las visitas médicas por crisis asmáticas y en la incidencia de enfermedades respiratorias. Dentro de la fracción respirable, las PM2.5 son las de mayor relevancia por su capacidad de introducirse en los sitios más profundos del sistema respiratorio, es decir, bronquiolos y alveolos (Sanín y Guzmán, 2007). Sus efectos provienen de su capacidad para irritar las mucosas respiratorias, para modificar la respuesta inflamatoria e incluso modificar el ritmo normal del corazón, lo cual es de relevancia para los pacientes con cardiopatía previa.

Algunos estudios han mostrado el efecto específico del carbón negro sobre la mortalidad general y cardiovascular aun cuando se toman en cuenta las concentraciones de PM2.5 (Geng et ál., 2013). En un estudio en niños de la Ciudad de México, se encontró un efecto negativo en la función pulmonar por la exposición a este contaminante (Barraza-Villareal et ál., 2011). Otros efectos estudiados son los neurocognitivos, encontrando que un incremento de 0.4 mg/m3 en la exposición se asocia con la disminución de 4.0 puntos en el coeficiente intelectual de niños de ocho a once años (Suglia et ál., 2008).

### 5.3 Ozono

El otro contaminante relevante tanto para el tema de cambio climático como el de salud, es el ozono. Las preocupaciones que vinculan al ozono troposférico con el cambio climático, se dan por la creciente evidencia del incremento en el número de días calurosos en las ciudades y por el incremento en los registros de las temperaturas medias y máximas. En escenarios de cambio climático, eso se traduce en mayores probabilidades de contribución de la temperatura sobre las concentraciones de ozono.

El ozono es un contaminante bastante estudiado por sus efectos en la salud. Estos daños se producen básicamente por la capacidad irritante del ozono sobre las células de la mucosa respiratoria, la alteración de la respuesta inflamatoria y por su capacidad de generar radicales libres (Romieu et ál., 2008). En poblaciones susceptibles, como los asmáticos, esto funciona como un disparador de crisis y un incremento en la asistencia a las salas de urgencia; además, por estas mismas razones, genera una

mayor propensión a las infecciones de vías respiratorias altas y bajas. En enfermos crónicos, puede incrementar el número de visitas hospitalarias en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y se ha mostrado que también incrementa el riesgo de cáncer pulmonar. En los niños expuestos crónicamente a este contaminante junto con las partículas respirables, se ha encontrado una asociación con un desarrollo pulmonar incompleto (Rojas et ál., 2007).

Si bien las concentraciones de ozono en la Ciudad de México han disminuido, aún ahora, más del 40 % de los días exceden los máximos permisibles para la protección de la salud y es muy probable que este porcentaje se incremente cuando entre en vigor la nueva norma. La Ciudad de México no es la única que tiene problemas con este contaminante. Las tendencias de las concentraciones han ido a la alza en las zonas metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y León. En esta última, las concentraciones crecieron más del 25 % de 2006 al 2009; por ejemplo, durante 2012, las concentraciones en Guadalajara fueron mayores a las de la Ciudad de México, y otras zonas metropolitanas también exceden las normas diarias y anuales de este contaminante (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, 2014).

Lo antes mencionado, ejemplifica cómo se genera la interacción entre contaminantes atmosféricos, cambio climático y riesgos a la salud. Es por ello que existe un creciente interés a nivel internacional, para generar estudios regionales sobre los contaminantes de vida corta y contribuir a su mitigación. Por ejemplo, un trabajo reciente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, indica que si se implementaran 16 medidas identificadas para controlar las emisiones de carbón negro, precursores de ozono y metano, se evitarían anualmente alrededor de 2.4 millones de muertes prematuras (UNEP, 2011).

### 5.4 Calidad biológica del aire y cambio climático en México

La calidad del aire se deteriora por la presencia de diversos tipos de partículas suspendidas en la atmósfera, entre las cuales se encuentran aquellas de origen biológico que pueden significar un riesgo, no solo para la salud humana, sino para la del ambiente.

Diversos pólenes y esporas de hongos pueden influir negativamente en la salud de la población causando alergias y asma, asimismo, la exposición a partículas biológicas, como bacterias, virus, insectos, toxinas, proteínas y otros metabolitos causan efectos a la salud.

El estado de salud de un ecosistema puede determinarse por la cantidad y la calidad de la carga atmosférica generada por el mismo y por aquella que proviene de zonas más lejanas, para lo cual es necesario conocer las partículas biológicas que se encuentran en la atmósfera, no sólo para caracterizar su tipo y nivel de concentración a la que estamos expuestos, sino para identificar el estado de salud del entorno. Para ello, se llevan a cabo investigaciones aerobiológicas (Isard y Gage, 2000).

Los cambios en el clima causan graves desequilibrios en la estructura y el funcionamiento de los distintos tipos de ecosistemas, afectando principalmente el ciclo biológico de especies vegetales y animales. El uso de la aerobiología y la fenología como herramientas útiles aplicadas al cambio climático, permiten considerar a la especie como bioindicadora del área donde se encuentra su hábitat natural (García, Mestre y Galán, 2002; Menzel, 2002; Orlandi et ál., 2010).

Un ejemplo importante del efecto del cambio climático en un sistema biológico se observa en la producción de polen. Factores meteorológicos, bioclimáticos, edáficos o bióticos afectan directamente a los procesos fisiológicos, y por tanto, al ciclo biológico de cada especie. Debido a lo anterior, cualquier cambio en el entorno causado por variaciones climáticas podría afectar a la viabilidad y la supervivencia de las poblaciones vegetales, tanto silvestres como cultivadas. Diversos estudios (Clot, 2003) han demostrado que las plantas y el polen son un indicador del cambio climático ya que cambios en el ambiente como la temperatura, provocan un ajuste en los procesos fisiológicos de las plantas. Asimismo, debido al incremento del $CO_2$ atmosférico y de otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) se producen aumentos en la temperatura, la humedad, la precipitación, y fenómenos meteorológicos extremos, lo que puede influir en el mecanismo de polinización, determinando cambios en los periodos de floración, duración, producción polínica, distribución, dispersión, lo que repercute, no solo en el contenido de aeroalergenos polínicos en la atmósfera, sino en su concentración y época anual en la se presentan, ocasionando daños a la salud de la población,





como ocurre por ejemplo, con pólenes de *Fraxinus* (fresno) cuya presencia y concentraciones máximas en el aire de la Ciudad de México se registran en los meses de diciembre a marzo, con máximos en enero, así como por la presencia de algunas de sus proteínas adheridas a aeropartículas, lo que se relaciona con la entrada a urgencias de pacientes con enfermedades de alergias respiratorias y asma causadas por la exposición a dichos pólenes (Robledo et ál., 2015a; CCA, 2015).

Por tal motivo, la generación de bases de datos históricos que se generan a lo largo del tiempo (Bonofiglio et ál., 2013; Zhang et ál., 2013), han permitido determinar los efectos de estas variaciones climáticas sobre los principales factores biológicos que afectan las concentraciones promedio y valores máximos de polen en diferentes regiones geográficas. La información registrada es utilizada para determinar la presencia estacional de aeroalergenos polínicos en el aire.

El polen atmosférico fue reconocido por primera vez en México en 1940 por Salazar-Mallén (Salazar-Coria, 1995), posteriormente se realizaron diversos estudios sobre el tema (Rosales, 1985; González et ál., 1999; Torres, 2006); sin embargo, los resultados realizados no son comparables entre sí, debido a las diferencias en los métodos y análisis utilizados y los periodos intermitentes de monitoreo, lo que no ha permitido generar bases de datos que permitan determinar los efectos en la variabilidad climática sobre las plantas. Como un esfuerzo para abordar problemas de salud, a partir de 2008 se creó la Red Mexicana de Aerobiología en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para el monitoreo de polen del aire de la Ciudad de México (Fuentes-Rojas, 2012; Calderón et ál., 2015). El registro de esta información a futuro (>10 años) servirá para evaluar los efectos del cambio climático en las plantas y su floración, y para determinar la variación estacional de aeroalergenos polínicos causantes de enfermedades respiratorias y alergias. A nivel internacional el polen se ha reconocido como un indicador de salud ambiental para el cambio climático.

**Cuadro 3. Impacto de los eventos extremos en la transmisión de ETV en México**

El análisis del impacto de desastres naturales sobre ETV's requiere construir modelos de peligro combinado entre la distribución de los vectores infectados y los eventos y condiciones extremas. Los modelos del "E-Atlas forVulnerability Risk and Analysis Mapping" de la OMS fueron adaptados para México. Una de las principales ventajas de esta metodología es que requiere series de tiempo de siete años como mínimo, lo que no siempre se encuentran registrados o disponibles en diversas bases de datos. Se aplicaron para el país cinco modelos de desastres naturales (inundaciones, deslizamientos, temblores, olas de calor y velocidad de viento) con información de dominio público, logrando la adaptación de los modelos de peligro para particularidades hidrometeorológicas y geológicas a una escala a 90 m para deslizamiento e inundación, y a 1 km para calor extremo, eventos sísmicos y viento extremo (Ramsey et al., 2013b). Estos modelos fueron validados a nivel estatal para Oaxaca y Chiapas, mientras que los productos de valor generados son los mapas de riesgo a nivel estatal, municipal, y local, instrumentos que puede servir para generar políticas públicas a nivel estatal y municipal enfocados en la adaptación a peligros naturales.

## 6. Herramientas institucionales para abordar la salud y el cambio climático

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) establece que la instrumentación de la política nacional de mitigación debe priorizar los sectores de mayor potencial de reducción. La Estrategia de Cambio Climático (ENCC) y el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC) son los dos principales instrumentos de planeación de la Ley General de Cambio Climático. En ambos, se han definido acciones para atender los impactos del cambio climático en salud, mismas que resumo en la siguiente tabla.

| Estrategia Nacional de Cambio Climático |
|---|
| **Líneas de acción** |
| **P1.18** Fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica existentes e incluir en el diseño de acciones de atención los impactos en la salud relacionados con el cambio climático, tales como enfermedades infecciosas intestinales, respiratorias agudas, intoxicación por alimentos, relacionados a fenómenos como la marea roja y atención a población afectada. |
| **P5.12** Fortalecer el diseño de indicadores de salud relacionados con cambio climático en donde se analicen factores ambientales, laborales y sociales de la población con el fin de proveer al Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de información actualizada para llevar a cabo acciones de prevención y atención a población vulnerable. |
| **A1.8** Instrumentar y fortalecer políticas públicas enfocadas a reducir riesgos a la salud asociados a efectos del cambio climático; para ello considerar a los grupos más susceptibles y sensibles por sus condiciones biológicas y de salud. |
| **A1.10** Incrementar y fortalecer políticas públicas enfocadas a reducir riesgos a la infraestructura de la salud pública. |

En el PECC 2014-2018, la Secretaría de Salud incluyó cuatro líneas de acción y cuatro actividades complementarias en el componente de adaptación. Éstas se encuentran en los siguientes objetivos y estrategias.

| Objetivo | Etrategia | Línea de acción |
|---|---|---|
| 1. Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica. | 1.2 Instrumentar acciones para reducir el cambio climático de la población rural y urbana. | **1.2.6** Diseñar un sistema de alerta temprana con información epidemiológica de padecimientos específicos relacionados con el cambio climático. |
| | | **1.2.7** Actualizar el marco normativo y programático del sector salud en materia de riesgos sanitarios asociados al cambio climático |
| | 1.3 Fortalecer la infraestructura estratégica e incorporar criterios de cambio climático en su planeación y construcción. | **1.3.7** Elaborar un diagnóstico de la infraestructura estratégica actual del sector salud e incorporar el enfoque de vulnerabilidad en los nuevos proyectos. |
| 5. Consolidar la política nacional de cambio climático mediante instrumentos eficaces y en coordinación con las Entidades Federativas, municipio, poder legislativo y sociedad. | 5.4 Fortalecer esquemas e instrumentos de capacitación, investigación e información en materia de cambio climático. | **5.4.10.** Contar con un diagnóstico para evaluar la vulnerabilidad frente al cambio climático en el sector salud. |
| **Actividades complementarias** | | |
| Actividades de capacitación | | Desarrollar un programa de capacitación para el personal e instituciones del sector salud ante las amenazas derivadas del cambio climático. |
| Actividades de educación en cambio climático | | Diseñar e implementar en los municipios una estrategia de comunicación educativa sobre los efectos de cambio climático en salud, con enfoque de género. |
| Actividades para reforzar los instrumentos de política pública en materia de cambio climático | | Consolidar un Grupo de Trabajo Intrasectorial para la evaluación de las acciones del sector salud en materia de cambio climático. |
| | | Incorporar en los Planes Estatales de Cambio Climático el componente de salud con enfoque de género. |

De manera adicional, en este subtema se han hecho precisiones y aclaraciones respecto a la implementación de la Estrategia de Cambio Climático del Sector Salud, destacando las líneas de acción, dependencias participantes y la coordinación.





Una institución que fortalece el trabajo y las políticas públicas es el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) cuya misión es generar e integrar conocimiento técnico y científico e incrementar el capital humano calificado para la formulación, conducción y evaluación de políticas públicas que conlleven a la protección del medio ambiente, preservación y restauración ecológica, crecimiento verde, así como la mitigación y adaptación al cambio climático en el país (COFEPRIS, 2014; PECC, 2014).

La Comisión para la Protección de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) de la Secretaría de Salud es la instancia administrativa encargada de la difusión del conocimiento sobre el proceso del cambio climático en México y sus repercusiones presentes y futuras en la salud de la población, enfocado principalmente en algunos de los determinantes más importantes de la salud, como son el aire, agua y alimentos. Uno de los objetivos principales es lograr que haya una sociedad bien informada y comprometida pues de esta manera puede contribuir con su actitud y acciones a disminuir las presiones a las que está sometido el ambiente.

Una de las acciones de la COFEPRIS ha sido establecer la "Red Mexicana sobre Cambio Climático y Salud" en la que se pretende que los usuarios puedan difundir e intercambiar información y experiencias; crear sinergias para la generación de conocimiento; realizar consultas especializadas; hacer disponible información para la toma de decisiones y el desarrollo de planes de cambio climático y salud a nivel federal y estatal; establecer vinculación con otras redes existentes a nivel nacional e internacional; además de facilitar la vinculación del sector salud con otras disciplinas y sectores gubernamentales y no gubernamentales que estén trabajando el tema de cambio climático.

Una de las acciones que a corto plazo el Sector Salud deberá hacer es la revisión y actualización del marco normativo vigente y la construcción de los instrumentos jurídicos y administrativos necesarios para cumplir con los compromisos adquiridos a través de la publicación de la Ley General de Cambio Climático (COFEPRIS, 2014).

## 7. Prioridades de investigación

El tema de salud se ha venido incorporando progresivamente en los planes regionales y nacionales de adaptación al cambio climático. Sin embargo, muchas veces estas propuestas no están basadas en conocimiento científico sólido y sobre todo, generados en nuestro país. Ante un problema emergente como éste, la inversión en investigación ha sido mínima y aun menores los productos generados de alta calidad y con aplicación directa. Las búsquedas de artículos científicos con las palabras "cambio+climático+salud+México", generan muy pocas salidas reportando artículos indexados. Los pocos que existen se refieren a la asociación entre variables climáticas y enfermedades trasmitidas por vectores. De esta manera, muchos de los problemas que se abordan en los programas de prevención carecen de base científica sólida.

| Cuadro 4. Vulnerabilidad para el riesgo de ETV en eventos extremos y por cambio climático |
|---|
| *El Vulnerability Risk and Analysis Mapping* (VRAM) tiene por objetivo evaluar riesgos a peligros y la vulnerabilidad social con base en criterios geográficos y para producir modelos a ser usados en la planificación, la alerta temprana y/o fortalecimiento de la respuesta social. Debido a que el riesgo implica la probabilidad que un peligro ocurra donde hubiera presencia de la población humana, la vulnerabilidad requiere modelar tanto la capacidad general social, como la resiliencia específica para el tema analizado. El marco del modelo VRAM incluye por primera vez componentes sociocultures, demográficos, económicos, del estatus y necesidades de salud, y de la respuesta civil y sanitaria. Este modelo fue construido a nivel nacional, y para Chipas y Oaxaca, en dos fases, el primero con solo información de dominio público (57 variables en 4 subcomponentes) y el segundo, agregando 27 variables, mediante encuestas en comunidades y cabeceras municipales. Ambos modelos han sido validados para todo el estado de Chiapas y de Oaxaca, tanto a nivel municipal como comunitario, incluyendo el análisis de gobernanza de riesgo, aunque los gobiernos de ningún estado han colaborado con la información de protección civil y el IMSS no ha compartido sus datos de infraestructura (Ramsey et ál., 2013b). |

Una agenda de investigación sobre cambio climático y salud debería contener:

a) El diseño de proyectos regionales que apoyen los planes estatales y municipales de adaptación.
b) Efectos del incremento de temperatura. Se incluye el impacto del calor sobre eventos cerebrovasculares y cardiovasculares en adultos mayores; riesgos en trabajadores agrícolas, de la construcción y ambulantes; riesgos vinculados a la deshidratación en niños; interacción con contaminantes atmosféricos especialmente los de vida corta, así como incremento de riesgos en biopartículas.
c) Efecto de la variabilidad de la temperatura y la precipitación en enfermedades zoonóticas y trasmitidas por vectores.
d) Proyectos de investigación para el desarrollo de sistemas de alerta temprana (SAT) en salud con indicadores climáticos, así como mapas de riesgo interactivos, lo cual estaría dirigido su desarrollo por regiones y estados.
e) Efectos del cambio climático en la disponibilidad de alimentos, riesgo de hambrunas y migración. El enfoque regional de este tópico incluye tanto los riesgos de sequía en el norte, como los de inundación de campos agrícolas y pecuarios en diversas zonas del país.
f) Profundizar en estudios de vulnerabilidad para cada uno de los indicadores de salud, vinculados con el cambio y la variabilidad climática.
g) Determinar la magnitud de los impactos, tanto positivos como negativos, en la morbilidad y mortalidad relacionados con el cambio climático a través de estudios locales específicos.

Con el fin de fortalecer la investigación, así como la elaboración de políticas públicas de adaptación y mitigación en salud se ve la necesidad de promover la formación de recursos humanos. Esto permitirá contar con un mejor abordaje interdisciplinario e intersectorial que promuevan la obtención de recursos económicos, diseños de tecnología y al final, la optimización en la toma de decisiones.

## 8. Recomendaciones generales

A continuación se señalan algunas recomendaciones que se consideran prioritarias en el tema de cambio climático y salud humana.

- Establecer sistemas de información que recopilen oportunamente datos pertinentes sobre las poblaciones y regiones vulnerables, y la incidencia y el alcance geográfico de los resultados de salud susceptibles a los efectos del clima.
- Implementación de sistemas de vigilancia del clima, de manera que sea posible pronosticar cuándo existen condiciones climatológicas o ambientales que pueden conducir a pandemias, epidemias, etc.
- Desarrollo de sistemas de vigilancia para la emergencia o resurgencia de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores o por el agua, a fin de aplicar de manera inmediata acciones para controlar la proliferación de insectos o roedores e informar al público sobre cómo protegerse o qué hacer en caso de contagio.
- Estudiar y abarcar los riesgos a la salud humana desde un enfoque ecosistémico.
- Implementación de una colaboración intersectorial de manera que todo lo pertinente a la salud humana sea considerado dentro de técnicas de manejo ambiental. Por ejemplo, el sector salud podría utilizar información generada por los pronósticos del clima para elaborar una planeación adecuada en este campo.
- Fortalecer los sistemas de salud para abordar los riesgos adicionales del cambio climático en la salud de la población, reduciendo así la carga de morbilidad actual y futura.
- Instrumentar sistemas de alerta temprana (SAT) en zonas de riesgo para proteger a grupos vulnerables, por ejemplo adultos mayores, niños y poblaciones viviendo en zonas de inundaciones y deslizamientos.
- Se debe promover la difusión del conocimiento de los riesgos del cambio climático para la salud y la diversidad de respuestas necesarias para reducir los efectos nocivos en la salud actuales y proyectados, entre los diversos sectores, incluyendo a los tomadores de decisiones y al público.
- Proporcionar liderazgo y gobernanza, promoviendo la salud en todas las políticas.





## Conclusiones

Por sus condiciones geográficas, de intensificación de la degradación ambiental, y sociales; el país se encuentra en condiciones particulares de vulnerabilidad en salud frente al cambio climático.

Los escenarios futuros nos muestran variaciones serias en cuanto a la distribución y disponibilidad del agua que generará riesgos de inundaciones por un lado y sequías en el norte del país. En términos de riesgos a la salud, se verá expuesto a una menor productividad de alimentos, así como con problemas en su distribución. Las inundaciones, cada vez más frecuentes, generan un peligro latente de brotes de enfermedades relacionadas con la contaminación y la distribución del agua. La amplitud de las costas y la intensificación de los fenómenos hidrometeorológicos, en particular en zonas de riesgos, obligan a la consolidación de los SAT que incluyan indicadores de salud.

El crecimiento urbano y la contaminación potencian diversos riesgos, tales como el impacto de los contaminantes atmosféricos, en específico partículas respirables con carbono negro y ozono vinculadas a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como ondas de calor.

Los cambios en los patrones climáticos y de precipitación aunados con factores demográficos como las migraciones y la urbanización desordenada, incrementan la probabilidad de la creación de nuevos nichos para vectores, tales como el del mosco trasmisor del dengue, entre otros.

Ante este panorama, se hace necesario e imperativo contar con atlas de riesgos nacionales y regionales que apoyen la toma de decisiones en el sector salud. Si bien se han incorporado políticas y programas al interior del sector, es necesario que estos sean fortalecidos y que además consoliden su abordaje multisectorial.

El atraso en investigación sobre cambio climático y salud es significativo. Tanto los fondos como los productos científicos en esta área son escasos. El tema cobra relevancia si consideramos que es necesaria la generación de conocimiento a nivel nacional y regional para apoyar, tanto el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, como los programas estatales y municipales.

El cambio climático representa un reto emergente para la salud pública en México que requiere ser abordado en toda su complejidad a partir de aproximaciones transdisciplinarias y transectoriales.

## Referencias


**Barraza**-Villarreal, A., Escamilla-Nuñez, M.C., Hernández-Cadena, L., Texcalac-Sangrador, J.L., Sienra-Monge, J.J., & Del Río-Navarro, B.E. (2011). Elemental carbon exposure and lung function in school children from Mexico City. *Eur Respir J, 38*, pp. 548–52.

**Bates**, B.C., Kundzewicz, Z.W. & Palutikof J.P. (Eds.). 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC Secretariat. 210 pp.

**Behera**, S. N., Cheng, J., Huang, X., Zhu, Q., Liu, P., & Balasubramanian, R. (2015). Chemical composition and acidity of size-fractionated inorganic aerosols of 2013-14 winter haze in Shanghai and associated health risk of toxic elements. Atmospheric Environment, 122, pp. 259-271

**Bonofiglio**, O. F., Ruga, L., Romano, B. & Fornaciari, M. (2013). Climate change impact on the olive pollen season in Mediterranean areas of Italy: air quality in late spring from an allergenic point of view. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, pp. 877-890.

**Brunkard**, J., Cifuentes, E. & Rothenberg, S. (2008). Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud Pública de México, 50*, pp. 227-234.

**Brunkard**, J., Robles-López, J., Ramirez, J. & Cifuentes, E. (2007). Dengue Fever Seroprevalence and Risk Factors, Texas–Mexico Border, 2004. *Emerging Infectious Diseases, 13*, pp. 1477-1483.

**Calderón**-Ezquerro, C., Guerrero-Guerra, C., Martínez-López, B., Fuentes-Rojas, F., Téllez-Unzueta, F., López-Espinoza, E.D., (…). Trigo-Pérez, M. M. (2015). First Airborne pollen calendar for Mexico City and its relationship with bioclimatic factors. *Aerobiologia Springer*, (Enviado: AERO-D-15-00006).

**Centro de Ciencias de la Atmósfera** [CCA]. (2015). Red Mexicana de Aerobiología. México, D.F.: UNAM. Disponible en: www.atmosfera.unam.mx/rema (Consultada el 5 de marzo de 2015).

**Climate Change Sciencie Program** [CCSP]. (2008a). Analyses of the Effects of Global Change on Human Health and Welfare and Human Systems. In J.L. Gamble, (Ed.) and K.L. Ebi, A.E. Grambsch, F.G. Sussman, & T.J. Wilbanks (authors)]. *Synthesis and Assessment Product 4.6.: Final Report*. Washington, DC, USA: United States Climate Change Science Program, Subcommittee on Global Change Research and United States Environmental Protection Agency [EPA]. 283 pp.

**CCSP**. (2008b). Weather and Climate Extremes in a Changing Climate: Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean and U.S. Pacific Islands. In T.R. Karl, G.A. Meehl, C.D. Miller, S.J. Hassol, A.M. Waple, & W.L. Murray (Eds.). *Synthesis and Assessment Product 3.3, Report*. Washington, DC, USA: United States Climate Change Science Program, the Subcommittee on Global Change Research Department of Commerce and NOAA's National Climatic Data Center. 162 pp.

**Clot**, B. (2003). Trends in airborne pollen: An overview of 21 years of data Neuchatel (Switzerland). *Aerobiologia, 19*, pp. 227- 234.

**Colón**-González, F., Lake, I. & Benthman, G. (2011). Climate Variability and dengue fever in Warm and Humid Mexico. *American Journal Tropical Medicine and Hygiene, 84*, pp. 757-763.

**Cook**, J.T., & Frank, D.A. (2008). Food security, poverty, and human development in the United States. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1136*, pp. 193-209.

**Comisión Federal para Protección contra Riesgos Sanitarios** [COFEPRIS]. (2014). Cambio Climático México, D.F.: Secretaría de Salud. Disponible en: http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Cambio%20climatico%20y%20salud/Cambio-climatico-y-salud.aspx (Consultada el 5 de marzo de 2015).

**Comisión Nacional del Agua** [CONAGUA. (2011). Atlas del Agua en México. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Curriero**, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B, & Lele, S. (2001). The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health, 91*, pp. 1194-1199.

**Fuentes**-Rojas, F. (2012). *Estudio aeropalinológico del sur de la Ciudad de México*. (Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales). Universidad Simón Bolívar. México, D.F.

**Garatuza**, P., Rodríguez, J.C. y Watts, (2009). Monitoreo ambiental y necesidades hídricas de cultivos. En J.L. González Barrios y C.I. Sánchez (Coords.). *Manejo comparado de cuencas hidrológicas: Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.43-61). Torreón, México: SMCS, Conacyt e INIFAP.

**García**-Mozo, H., Mestre, A. & Galán, C. (2002). Climate change in Spain: Phenological trends in Southern Areas. In H. Kheradmand, (Ed). *Climatic Change- Socioeconomic Effects*. Disponible en: http://www.intechopen.com/books/climate-change-socioeconomic-effects/climate-change-in-spain-phenological-trends-in-southern-areas

**Geng**, F., Hua, J., Mu, Z., Peng, L., Xu, X., Chen, R. y Kan, H. (2013). Differentiating the associations of black carbon and fine particle with daily mortality in a Chinese city. *Environ Res., 120*, pp. 27-32.







**Gobierno del Estado de México**. (2009). *Iniciativa ante el cambio climático en el Estado de México. Tlalnepantla*, Estado de México: Secretaría de Medio Ambiente.
Disponible en: http://portal2.edomex.gob.mx/sma/cuida_medioambiente/cambio_climatico/groups/public/documents/edomex_archivo/sma_pdf_iniciativa_cam_clima.pdf (Consultada 30 de julio de 2014).

**González**-Lozano, M.C., Cerezo-Moreno, A., González-Macías, M.C. y Salazar-Coria, L. (1999). Comportamiento de las partículas suspendidas y polen en la atmósfera de la región norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Revista de la Sociedad de Química Mexicana, 43*, pp. 155-164.

**Greer**, A., Ng, V. & Fisman, D. (2008). Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *Canadian Medical Association Journal, 178*, pp. 715-722.

**Harper**, S.L., Edge, V.L, Schuster-Wallace, C., Berke, O. &. McEwen, S.A. (2011). Weather, water quality and infectious gastrointestinal illness in two Inuit communities in Nunatsiavut, Canada: potential implications for climate change. *Eco Health, 8*, pp. 93-108.

**Hurtado**-Díaz, M., Riojas-Rodríguez, S., Rothenberg, H., Gomez-Dantés, E. & Cifuentes. (2007). Short communication: impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Trop Med Inter Health, 12*, pp. 1327-1337.

**Ibarra**-Cerdeña, C.N., Sánchez-Cordero, V., Peterson, A.T. & Ramsey J.M. (2009). Ecology of North American Triatominae. *Acta Tropica, 110*, pp. 178–186.

**Intergovernamental Panel on Climate Change** [IPCC]. (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. En C.B Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, (…) y L.L. White (Eds.). *Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial. 34 pp.

**Isard**, A.S. & Gage, (2000). Flow of Life in the Atmosphere. *Michigan State University Press*.

**Jiménez**-Moleón, M.C. & Gómez-Albores, M.A. (2011). Waterborne diseases in the state of Mexico, Mexico (2000-2005). *Journal of Water and Health, 9*, pp. 200-207.

**Leal**, A.M., Millán, G.D. Méndez, J.C. y Servín, J.A. (2008). *Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático*. México, D.F.: INE, SEMARNAT e IMTA.

**López**-Cárdenas, J., González Bravo, F.E., Salazar Schettino, P.M., Gallaga Solórzano, J.C., Ramírez Barba, E., Martínez Méndez, J. (…) J.M. Ramsey. (2005). Fine-scale predictions of distributions of Chagas disease vectors in the state of Guanajuato, Mexico. *J Med Entomol, 42*, pp. 068-1081.

**Lozano**-Fuentes, S., Hayden, M., Welsh-Rodriguez, C., Ochoa-Martinez, C. & Tapia-Santos, B. (2012). The Dengue Virus Mosquito Vector Aedes aegypti at High Elevation in México. *American Journal Tropical Medicine and Hygiene, 87*, pp. 902-909.

**Menzel**, A., (2002). Phenology its importance to the Global Change Community. *Climatic Chang. 54*, pp. 379-385.

**Moo**-Llanes, D., Ibarra-Cerdeña, C.N., Rebollar-Téllez, E.A., Ibáñez-Bernal, S., González, C. & Ramsey, J.M. (2013). Current and future niche of North and Central American sand flies (Diptera: Psychodidae) in climate change scenarios. PLoS Neglected Tropical Diseases. 7, e2421.

**Morin**, C., Comrie, A. y Ernst, K. (2013). Climate and dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environ Health Perpect, 121*, pp. 1264-1272.

**Orlandi**, F., Sgromo, C., Bonofiglio, T., Ruga, L., Romano, B. & Fornaciari, M. (2010). Yield modelling in a Mediterranean species utilizing cause-effect relationships between temperature forcing and biological processes. *Scientia Horticulturae, 123*, pp. 412-417.

**Ostro**, B., Broadwin, R., Green, S., Feng, W-Y. & Lipsett, M. (2006). Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect, 114*, pp. 29–33.

**Programa Especial de Cambio Climático** [PECC]. (2014). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018: México. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación, 28 de abril de 2014.

**Peterson**, A.T., Sánchez-Cordero, V., Beard, C.B. & Ramsey, J.M. (2002). Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico. *Emerging Infectious Diseases, 8*, pp. 662-667.

**Ramírez**-Zepeda M.G., Velasco-Mondragón, H.E., Ramos, C., Peñuelas, J.E., Maradiaga-Ceceña, M.A, Murillo-Llanes, J., y Chaín-Castro, R. (2009). Caracterización clínica y epidemiológica de los casos de dengue: experiencia del Hospital General de Culiacán, Sinaloa, México. *Rev Panam Salud Pública, 25*, pp. 16-23.

**Ramsey**, J.M., Moo-Llanes, D.M., Danis-Lozano, R., Pinto, J.F., Ibarra-Cerdeña, C.N. y Casas-Martínez, M. (2013a). Peligro de exposición actual y futuro para Chagas, dengue, leishmanioses y paludismo en México. En *Memorias del Futuro de la Investigación en Cambio Climático*, (pp.1-9). México, D.F.: 14 al 18 de octubre de 2012. PINCC, UNAM.

**Ramsey**, J.M., Pinto Castillo, J.F., El Morjani, Z.E.A., Ebener, S. y Colombo, L.R. (2013b). Atlas para los Riesgos de Desastres, Aplicación a México: Metodologías y Procesos de Implementación. *Códice Roseta*. 151 pp. ISBN 978-607-00-6824-9.

**Riojas**-Rodríguez, H., Álamo-Hernández, U., Texcalac, J.L. y Romieu, I. (2012). Evaluación del impacto en salud por exposición a ozono y material particulado (PM10) en la Zona Metropolitana del Valle de México. México: Gobierno del Distrito Federal, Instituto Nacional de Salud Pública e Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.

**Riojas**-Rodríguez H., Hurtado-Díaz, M., Moreno-Banda, G. y Castañeda, A. (2011). Atlas de la vulnerabilidad la salud humana al cambio climático en México. Abstracts of the 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology [ISEE]. September 13-16, 2011, Barcelona: Spain. *Environ Health Perspect*: Disponible en: http://dx.doi.org/10.1289/ehp.isee2011

**Rojas**-Martinez, R., Perez-Padilla, R., Olaiz-Fernandez, G., Mendoza-Alvarado, L., Moreno-Macias, H., Fortoul, T., (...) & Romieu, I. (2007). Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med, 176*, 377–384.

**Robledo**-Retana, T.E., Zenteno, C., Agundis-Mata, C., Pereyra-Morales, A., Calderón-Segura, M.E. & Calderón-Ezquerro, M.C. (2015). Detection of immunogens from Fraxinus spp. Pollengrains in Mexico City. *Aerobiología*. doi: 10.1007/s10453-015-9373-7.

**Romero**, L.P. (2010). Water in Mexico City: what will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities? *Environment and Urbanization, 22*, pp.157-178.

**Romero**-Lankao, P., Smith, J., Davidson, D., Diffenbaugh, N., Kinney, P., Kirshen, P. (…). Villers, R.L. (2014): North America. In C. Field, y V. Barros, (Eds). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, (pp.1439-1498). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO/UNEP.

**Romieu** I., Castro-Giner, F., Kunzli, N. & Sunyer, J. (2008). Air pollution, oxidative stress and dietary supplementation: a review. *Eur Respir J., 31*, pp. 179-97.

**Rosales**-Lomelí, J. (1985). *Análisis aeropalinológico anual del norte de la Ciudad de México, implicaciones en la contaminación ambiental y en la alergología*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

**Rose**, J.B., Epstein, P.R., Lipp, E.K., Sherman, B.H., Bernard, S. M. & Patz, J.A. (2001). Climate variability and change in the United States: potential impacts on water and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environ Health Perspect, 109*(2), pp. 211-221.

**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación** [SAGARPA] (2012). México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. Volumen I. México, D.F.: FAO y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/37/Cambio%20Climatico.pdf (Consultada el 5 de marzo de 2015).

**Torres**-Valdos, J. E. (2006). *Determinación de los agentes principales de polinosis en la Ciudad de México*. (Tesis de Especialidad en Alergia e Inmunología Clínica). Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.

**Salazar**-Coria, L. (1995). *Estudio anual de polen atmosférico en la zona sur de la Ciudad de México*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

**Salazar**–Mallén, M. (1940).. *"Estudio de los pólenes en la atmósfera de la ciudad de México"*. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 1(3), pp. 147–164.

**Salcedo** D., Onasch, T. B., Dzepina, K., Canagaratna, M. R., Zhang, Q. Huffman, J.A., et ál. (2006). Characterization of ambient aerosols in Mexico City during the MCMA–2003 campaign with Aerosol Mass Spectrometry: results from the CENICA Supersite. *Atmosph. Chemistry and Physics, 6*, pp. 925–946.

**Sanín**, L.H. y Guzmán, I. (2007). *Género, salud y ambiente: un paso a la integración*. Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Chihuahua.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. (2014). Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco. Guadalajara, México: Gobierno del Estado de Jalisco. Disponible en: http://siga.jalisco.gob.mx/aire/Datos.html. (Consultado 28 de julio de 2014).

**Smith**, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D., Yasushi, H. & Liu, Q. et ál. (2014). Human Health: Impacts, Adaptation, and Co-Benefits. In C. Field & V. Barros, (Eds.), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability, (pp.709-754). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO/UNEP.

**Suglia**, S.F., Gryparis, A., Wright, R.O., Schwartz, J. y Wright, R.J. (2008): Association of black carbon with cognition among children in a prospective birth cohort study. *Am J Epidemiol, 167*, pp. 280-286.

**United Nations Environment Programme** [UNEP]. (2011). Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers. A UNEP Synthesis Report. Nairobi: Autor. 78 pp.

Disponible en : http://www.unep.org/pdf/Near_Term_Climate_Protection_&_Air_Benefits.pdf

**World Bank**. (2010). World Development Report 2010. Washington, D.C.: Development and Climate Change. The World Bank, p. xxi, 417 pp.

**Zhang**, R., Duhl, T., Salam, M.T., House, J.M., Flagan, R.C., Avol, E., (...) & VanReken, T. M. (2013). Development of a regional-scale pollen emission and transport modeling framework for investigating the impact of climate change on allergic airway disease. *Biogeoscience,* 10(3), p. 3977.

# Capítulo 9

## SEGURIDAD HUMANA

**Autora:**
Úrsula Oswald Spring[38].

**Palabras claves:**
seguridad humana, doble vulnerabilidad, ausencia de desastres, migración ambiental, conflictos por recursos naturales, empoderamiento.

## Resumen

La seguridad humana es entendida como ausencia de miedo, ausencia de necesidades, ausencia de eventos extremos y vivir en libertad dentro de un Estado de derecho. Esta seguridad está progresivamente amenazada conforme se agravan los impactos del cambio climático. La inseguridad humana se relaciona con múltiples factores interrelacionados y es rara vez monocausal. La movilidad es una estrategia común para conservar el bienestar ante cambios sociales y ambientales. Pero el cambio climático impactará en las formas de migración y afectará la seguridad humana de los que se van y los que se quedaron ante la falta de capital financiero y social. El cambio climático puede afectar valores culturales que son cruciales para la comunidad y el bienestar individual y comunitario. Diversos factores que aumentan los riesgos por conflictos violentos pueden agravarse ante el cambio climático y el deterioro de las condiciones de bienestar. Personas que viven en zonas del crimen organizado están particularmente expuestos a la doble vulnerabilidad: la climática y la socio-política, donde se pueden generar escenarios de "conflictos complejos". El cambio climático representa retos nuevos al Estado, que aumentan conforme se agravan los impactos y puede amenazar tanto la seguridad nacional como la seguridad humana.






## 1. Introducción y observaciones metodológicas

Este capítulo enfoca la seguridad humana dentro de un marco que rebasa el de los derechos, aunque los derechos humanos a la vida, la salud, la alimentación, la vivienda y al agua son derechos fundamentales y tanto la seguridad humana como estos derechos humanos se verán amenazados por el cambio climático (Sanjurjo y Welsh, 2005). Mientras que los derechos humanos son más bien de índole legal, la seguridad humana es inclusiva de los derechos económicos, sociales, culturales y políticos (CHS, 2003) y puede ser instrumental en su implementación (Bell, 2013; Annan 2005).

El texto se basa en la búsqueda de términos específicos en bancos de datos científicos y de literatura gris existentes, que fueron publicados a partir de 1994 en relación con el cambio climático y la seguridad humana. Los términos buscados fueron cambio climático en México con relación al bienestar, crisis económica, migración, indígenas, campesinos, mujeres, saberes tradicionales; así como conflictos por recursos transfronterizos, incluidos los de agua, acuíferos, manglares, servicios ecosistémicos, vías de comunicación y electricidad. La estructura del capítulo trata de dar una visión ordenada de los estudios encontrados y refleja los resultados más sobresalientes de la literatura científica y los análisis en la literatura gris (Reyes, Castro y Larrosa, 2012). Además, revisa los factores que tienen mayor resistencia ante el cambio climático y aquellos que impactan regional (Reyes et ál., 2009) y socialmente (Morales, 2014) más en la seguridad humana.

### 1.1. Definición y alcance del concepto de seguridad humana

Diversas cuestiones amenazan la seguridad humana en México relacionadas con el cambio climático antropogénicamente generado en agua, suelo, alimentos, salud, energía y bienestar, y pueden generar impactos como migración, pobreza, crisis y violencia (Oswald, 2014). Históricamente, el concepto seguridad ha sufrido cambios. Amplió la visión del control militar y político con la legítima defensa del Estado (ausencia de miedo) para proteger la soberanía territorial hacia una seguridad orientada a los humanos (PNUD, 1994). El fin de la Guerra Fría, teorías del riesgo global (Beck, 2011), posmodernidad reflexiva (Giddens, 1994), globalización destructiva (Stiglitz, 2010), así como la distinción entre seguridad objetiva y subjetiva (Wolfers, 1962) e intersubjetiva (Wendt, 1992) llevaron a la Escuela de Copenhague a analizar procesos de seguritización (Wæver, 2008), donde actores -generalmente políticos- declaren una situación de tal emergencia para que justifique medidas extraordinarias, que deberían ser aceptadas por una audiencia (Buzan et ál., 1998), aun a costa de su libertad (Brauch et ál., 2009). Así, el entendimiento de la seguridad se convierte en acto del discurso. Todas estas conceptualizaciones incidieron en la definición de seguridad humana propuesta por Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (1994, p. 3), entendido como "ausencia de constante amenaza de hambre, enfermedad, crimen y represión", así como "protección ante la interrupción súbita y dolorosa en el patrón de nuestra vida cotidiana". Posteriormente, la Comisión de Seguridad Humana añadió a la "ausencia de miedo" la "ausencia de necesidades", donde la seguridad humana "complementa la seguridad del Estado, mejora los derechos humanos y fortalece el desarrollo humano " (CHS, 2003). Bogardi y Brauch (2005) completaron un tercer pilar: "ausencia de impactos de desastres" y Kofi Annan (2005) integró la "libertad de vivir con dignidad y en un Estado de derecho". Al revisar la evolución del concepto, nos percatamos que la mayoría de las definiciones carecían de una referencia al ambiente. Fue hasta los programas internacionales (GECHS, 1999) y autores diversos (Barnett, 2001; Barnett, Matthew y O'Brien, 2010), cuando se relacionó la seguridad humana con la dimensión ecológica y climática.

En el ámbito político, la Red de Seguridad Humana retomó en su ministeriales (2006, 2008) la ausencia de impactos por desastres como un elemento central de la seguridad humana, mientras que el Consejo de Seguridad de la Organización de las Naciones Unidas (CSONU) incluyó la degradación ambiental, el cambio climático, los desastres y la migración forzada (Wisner et ál., 2007) como las mayores amenazas a la seguridad humana. Desde los años 70, el concepto de cambio climático se ha cientizado gradualmente con los Informes del IPCC y en 2014 se ha incluido la seguridad humana. Desde 1988 se ha también politizado el concepto, cuando las Naciones Unidas y la Organización Mundial Meteorológica establecieron el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Cuando el CSONU en 2007 declaró el deterioro de la seguridad humana por el cambio climático de "extrema importancia", que requiere de "medidas extraordinarias", se ha seguritizado el entendimiento del concepto.

No obstante, Estados Unidos ha definido a la seguridad humana sólo como un "multiplicador de amenazas" y orientó el tema del cambio climático hacia el debate de la seguridad nacional (Brauch et ál., 2008; 2009; 2011). Cuando se centran las perspectivas del cambio climático en la seguridad humana, los seres humanos se ponen como objeto de referencia en el debate. Las preguntas se centran entonces ¿cómo pueden los impactos físicos (temperatura, aumento en el nivel del mar, variabilidad en la precipitación, mayor número de eventos extremos más severos) y los impactos sociales (migración, bienestar, cultura, conflictos) generar riesgos a la seguridad humana, y cómo pueden los humanos, el Estado y la comunidad internacional intervenir preventivamente para evitar catástrofes humanas y ambientales mayores?

Dentro del contexto socio-político y ambiental, este acercamiento analiza las cuestiones de seguridad de manera objetiva, subjetiva, intersubjetiva e interdisciplinaria (Oswald y Brauch, 2009; Oswald, 2012). Revisa las presiones entre sistemas natural y humano, sus efectos (estrés ambiental y escasez; Oswald, 2011a), su impacto (Zapata, 2011), sus salidas sociales (migración, crisis, conflictos y prevención) y sus respuestas políticas (Karaisl y Domínguez, 2011; Álvarez, 2011) para reducir riesgos relacionados con el cambio climático (Salas, 2012; Sánchez, 2008b) y alcanzar una gobernanza (Provencio, 2012; Ivanova y Estrella, 2012).

El acercamiento político prioriza las amenazas del cambio climático que pudiera enfrentar la humanidad en este siglo. Desarrolla políticas ambientales de mitigación (Kreimer et ál., 1999), adaptación (Conde, 2012) y resiliencia (Ibarrán et ál., 2010) que permitan proteger y empoderar a poblaciones afectadas (ONU-Habitat, 2011). Rebasa las estrategias de supervivencia (Oswald, 1991, 2011b), encadena microempresas (Cadena 2009) y promueve una cultura solidaria (Eakin et ál., 2007; Empinotti et ál., 2014), que gradualmente decarbonizan (Martínez y Masera, 2012; Chapela/Madrid 2012), dematerializan (Álvarez, 2011; INECC, 2012) y reciclan los desechos a nivel mundial y local (Oswald, 2009). Conocimientos científicos (Tapia, 2011) e integración con saberes tradicionales (Boege, 2012) ayudan a reducir las amenazas del cambio climático (Fundación F. Ebert, 2011).

Un acercamiento a la seguridad humana incluye también aprendizajes anticipatorios (Guerra, 2011) que permiten al ser humano comprender mejor la interrelación entre fenómenos naturales (Maas, 2012) y amenazas antropogénicas (Macías, 2012) que enfrenta la humanidad, tanto a nivel global como local (Velasco et ál., 2012). Este acercamiento científico puede contribuir a entender mejor los peligros por el cambio climático (Gay y Rueda, 2012). Al orientarse la política hacia la seguridad humana se pueden dar cambios en las políticas de corto plazo (Graizbord, 2005) hacia las que logran compromisos globales y locales (Lara / Giner 2013) en dirección hacia una transición sustentable (Grin et ál., 2010; Oswald, 2015), donde se estabiliza la química atmosférica (Martínez y Masera, 2012; Centro Mario Molina, 2006) y se recuperan los servicios ecosistémicos (Chapela y Madrid, 2012).

### 1.2. Seguridad humana con otros conceptos de seguridad y sus escalas

Desde una visión de seguridad humana (Barnet, 2001) hay impactos directos en otras seguridades sectoriales: seguridad del agua (Ávila, 2012; Oswald 2014a; Oswald y Hernández, 2005), suelo (Brauch y Oswald, 2009), alimento (Gay et ál., 2004), salud (Colón, Lake y Bentham, 2011; Oswald et ál., 2014) y bienestar (Skoufias y Vinha, 2013; Manson et ál., 2009; Pérez et ál., 2014). El cambio climático deteriora la calidad y cantidad del agua (Oswald 2014c) y el aumento del mar (Orti y Méndez, 2000) agrava la intrusión de agua salina a acuíferos costeros (Flores et ál., 1998). Hay riesgos a la seguridad de salud por enfermedades de vectores (Colón et ál., 2011), agua contaminada (Cortés y Martín, 2012), temperaturas extremas (Arreguín et ál., 2011), falta de agua (Neri y Briones, 2012; Reyna, 2008) y abasto seguro de agua (Martín et ál., 2011). El agua es crucial para mantener los ecosistemas (Jujnovsky et ál., 2011), la biodiversidad (Mendoza et ál., 2012), los suelos (Brauch y Oswald, 2009) y la seguridad alimentaria (Turrent, Wise y Garvey, 2013; Oswald, 2009). La contaminación, basura, tóxicos y desastres son agravantes y amenazan progresivamente a la seguridad del agua, del suelo, de la biodiversidad, de alimentos y de salud (Hansen y Corzo, 2011; Avelar et ál., 2011; Oswald, 2013a).

La interacción entre humanos y naturaleza depende de ecosistemas sanos (Ponce et ál., 2013) para proveer agua, aire, alimentos y energéticos; para regular el clima; controlar las avenidas y tempestades; purificar el agua y el aire; aportar nutrientes en suelo y mantener su fertilidad natural; incluso, desintegrar desechos y eliminar tóxicos; y finalmente permite ofrecer bienes culturales y beneficios inmateriales que coadyuven al bienestar, la paz y la recreación. Estas interrelaciones complejas apoyan la supervivencia, la felicidad, las relaciones sociales y también la seguridad humana.





Ante esta complejidad interrelacionada, la agenda política de desarrollo ha evolucionado de la reducción de pobreza hacia nuevos paradigmas de desarrollo, donde la Comisión Brundtland (1987) introdujo el término de sustentabilidad. Hoy día la agenda política exige contar con los recursos necesarios para promover el capital humano, social político, económico, ambiental y cultural (Sen, 1995; Bourdieu, 1983) que se han convertido en seguridades sectoriales (véase Cuadro 1) de la seguridad humana.

**Cuadro 1. Seguridades sectoriales de la seguridad humana y una gran (HUGE) seguridad**

1. La *seguridad del agua* fue desarrollada por los ministros del Segundo Foro Mundial del Agua en La Haya (2000) y se refiere a: "recursos de agua y ecosistemas relacionados que proveen y sostiene el vital líquido que está amenazado por contaminación, manejo insustentable, cambio de uso de suelo, cambio climático y muchas otras fuerzas… Garantizar que agua dulce, ecosistemas de costa y las relacionadas están protegidos y mejorados; que se promueva un desarrollo sustentable y estabilidad política de modo que cada persona tenga acceso suficiente a agua limpia a un costo accesible que facilita una vida sana y productiva y que los vulnerables estén protegidos de riesgos de eventos hidrológicos" (Segundo Foro Mundial del Agua, 2000).
2. La *seguridad del suelo* puede analizarse desde una perspectiva estatal o humana. De acuerdo a la UNCCD (2009) "seguridad del suelo se logra cuando los esfuerzos de conservar la fertilidad del suelo tengan éxito, contengan la degradación del suelo, luchen contra la desertificación y cuando se reduzcan las consecuencias de la sequía mediante el mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar humano... La inseguridad del suelo desafía los servicios de los ecosistemas básicos, especialmente el agua, así como la producción y el suministro de alimentos"
3. FAO (2003) entendió *seguridad alimentaria* cuando "toda la gente, en todo momento, tenga acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfaga sus necesidades y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana". Este concepto no incluye el derecho a la producción, la tierra y los medios para producir alimentos culturalmente aceptados, por lo que Vía Campesina (1996) acuñó el concepto de soberanía alimentaria (Oswald, 2014d).
4. La falta de alimentos y agua, y su mala calidad, afectan la *seguridad de salud*. Mientras que la Organización Mundial de Salud (WHO, 2008) utiliza un entendimiento de *seguridad de salud* centrado en el Estado, que se relaciona con bioterrorismo, epidemias y su prevención (Rodiere/Kindhauser 2009). Los países emergentes presionan por un entendimiento comunitario, donde se integra también los esfuerzos de los pueblos en el cuidado de la salud (Leaning, 2009). Este segundo acercamiento relaciona la seguridad de salud con los servicios ecosistémicos como un proveedor crucial de salud, que expresan una interrelación básica entre agua, alimentos y salud. Es más apto a las condiciones de la mayoría de los países, dados los recursos públicos limitados y por lo tanto, obliga al conjunto de la sociedad a cuidar los servicios ecosistémicos (Velasco et al., 2012) para conservar y recuperar la salud (Avelar et al., 2011) para garantizar una seguridad del bienestar (Bohle, 2002, 2007) a todos los habitantes y al entorno natural (Hansen/Corzo 2011).
5. *Una seguridad humana, de género y ambiental* –una gran (HUGE) seguridad (Oswald, 2009) analiza científicamente el potencial de la integración de estas tres seguridades con el fin de abrir el campo a la acción política que integra la vulnerabilidad ambiental con la social y en especial la de las mujeres quienes están más expuestas durante un desastre (Oswald, 2011b). El cambio climático va agudizar esta gran –HUGE- inseguridad, si las comunidades y los grupos organizados no son capaces de crear las estrategias de mitigación, adaptación y resiliencia (Ibarrarán et al., 2010) para enfrentar las condiciones climáticas crecientemente más adversas en México (Sánchez et al., 2011).

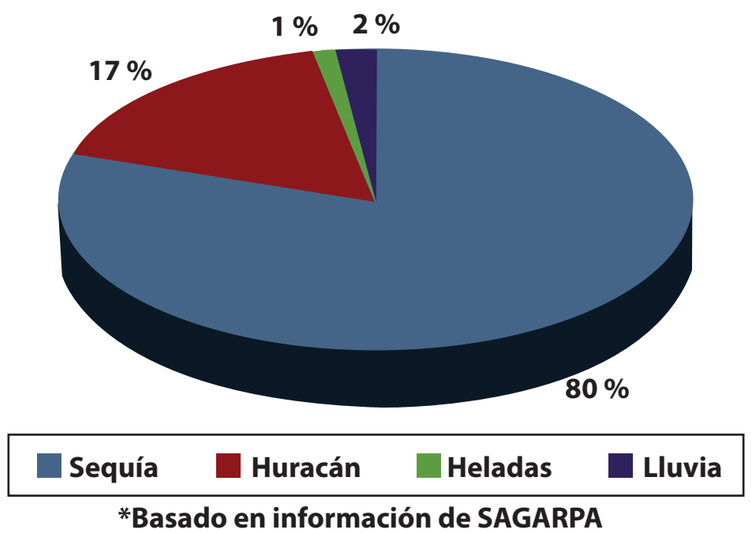
## 2. Dimensiones económicas y bienestar en riesgo por el cambio climático

Los ingresos monetarios y la producción de subsistencia garantizan mínimos de bienestar y calidad de vida, así como ausencia de necesidades, esto es uno de los pilares centrales en la seguridad humana. Las condiciones estructurales de pobreza y desigualdad en México se suman a los impactos por el cambio climático. La seguridad de bienestar incluye los accesos a alimentos, vivienda, agua potable, empleo y la creación de resiliencia para reducir los riesgos directos ante cualquier evento extremo que frecuentemente se convierten en desastre por un mal manejo gubernamental y la poca resiliencia entre los afectados.

El cambio climático impacta en el bienestar material e inmaterial en dos vertientes principales: se trata de la pérdida de bienes y de la destrucción de los medios de producción -que impide trabajar-. Agroasemex (2012) estima el impacto de eventos

hidrometeorológicos en la agricultura (Figura 1), se trata de tierras de temporal donde puede verse afectada directamente la subsistencia. Entre 1996" y 2006 el maíz ocupó 51 % de la superficie cosechada y generó 7.4 % del volumen producido con un valor de 30 % (SIAP, 2007). Este maíz fue básicamente producido en tierras de temporal más expuestas a eventos climáticos. Destacan pérdidas en 80 % por sequías en el centro y norte, mientras que los huracanes destrozaron más localmente 17 %, pero generaron lluvias en amplias partes del país. Mercer et ál. (2012) cuantifican la pérdida de ganado durante la sequía 2009-2011, la más severa en cinco siglos (INECC, 2012). Skoufias y Vinha (2013) indican que cambios en lluvia y temperatura reducen el consumo alimentario y de otros bienes. Los hogares están más duramente afectados por eventos al principio de la época de lluvia. Feng, Kruegera y Oppenheimer (2010) y Oswald (2015a; 2014e) reportan mayor migración en tierras secas y zonas afectadas por la variabilidad climática.

**Figura 1. Catástrofes agrícolas por eventos climáticos: 1995-2003**




Fuente: Agroasemex. 2006

**Fuente: Agrosemex 2006**

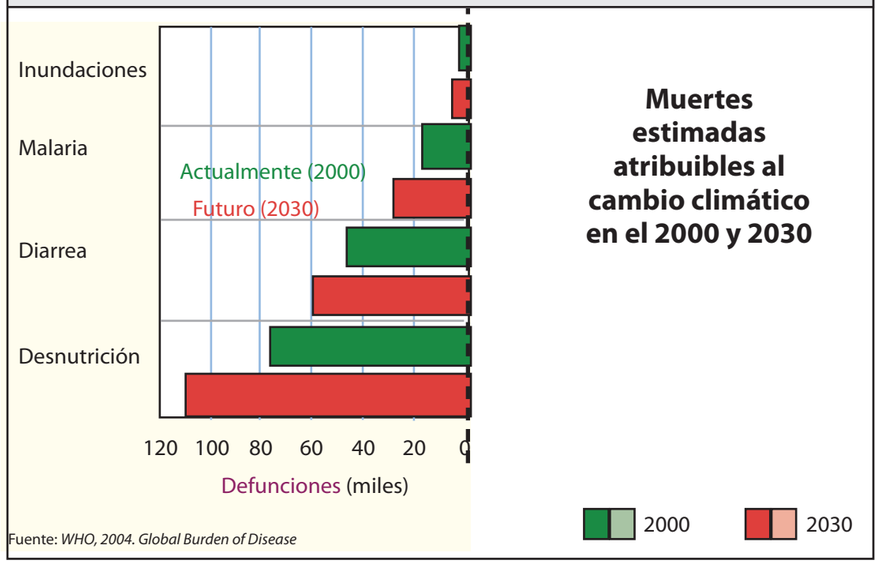
Riojas et ál. (2011) proyectan muertes atribuibles al cambio climático entre 2000 y 2030, donde predomina la desnutrición, diarreas y paludismo, mientras que inundaciones tienen menor importancia (Figura 2). El aumento de temperatura provoca golpes de calor, enfermedades y eventualmente muertes por escasez y falta de calidad de agua, temperaturas extremas, enfermedades transmitidas por vectores (dengue, paludismo, chikungunya), contaminación atmosférica en grandes ciudades, desastres hidrometeorológicos, así como infecciones respiratorias y gastrointestinales. No obstante, las mujeres están más expuestas a padecimientos durante el embarazo (Oswald, Moreno y Tena, 2014), además de que sus representaciones sociales asignadas y asumidas de cuidar a los demás, aumenta su vulnerabilidad social (Oswald, 2013; 2013b; 2009a). En la Zona Olmeca de Veracruz, la tasa de incidencia o el riesgo de dengue es mayor durante los eventos El Niño y en la temporada cálida y húmeda. Después de 10 semanas, cuando se eleva la temperatura superficial del mar en 1 °C aumentan en 41 % los casos semanales de dengue y las





enfermedades diarreicas en niños menores de 5 años se vinculan con temperaturas altas y se presenta con un rezago entre 1 a 3 semanas (Colón et ál., 2011).

**Figura 2. Muestras proyectadas y atribuibles al cambio climático: 2000-2030.**




**Fuente: Riojas et al.: 2011:**

El Cuadro 2, sintetiza ejemplos ilustrativos de impactos por variabilidad climática y cambios en las necesidades básicas. Hace ver a mediano plazo las pérdidas en capacidades humanas y patrimonio por proyecciones. La figura 3 Ilustra la doble vulnerabilidad -la ambiental y la social- (Bohle, 2002; Oswald, 2013; Oswald et ál., 2014), así como el reforzamiento negativo entre ambas, que se agrava con una globalización excluyente, una urbanización caótica, crecimiento poblacional, consumo insustentable, conflictos locales, crimen organizado y desigualdad social (Figura 3).

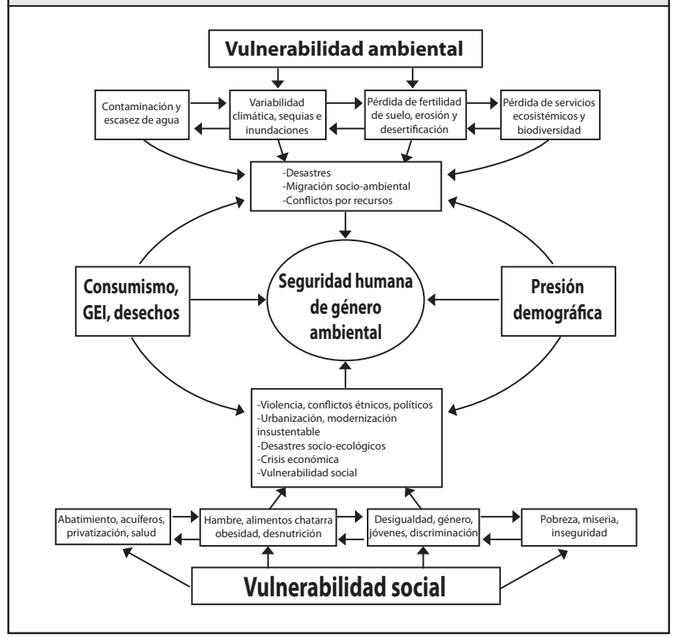
**Cuadro 2. Ejemplos ilustrativos de variabilidad y cambio climático en las necesidades básicas. Fuente: Autora.**

| Dimensiones del Impacto | | Ejemplos ilustrativos de impactos observados relacionados con estrés climático | Ejemplos de cambios potenciales en bienestar y capacidades como consecuencia de la variabilidad y del cambio climático |
|---|---|---|---|
| **Privación de necesidades básicas** | Bienestar y calidad de vida | Pérdida de ganado por sequía ha afectado el bienestar de la gente (Mercer et al. 2012). Erosión de cuencas y agotamiento de acuíferos con salinización asociados con cambios en el régimen hidrológico y variabilidad climática ha reducido los rendimientos en productos agropecuario (Feng et al. 2010) y ha obligado a la población a migrar dentro (Oswald et al. 2014) y fuera del país (Feng et al.2010; Sánchez et al. 2012). Desastres afectan más a mujeres y niñas, aumentan su riesgo de perder la vida (Oswald 2009a, 2013) por su vulnerabilidad social (Oswald 2013a y b). Huracanes reducen el turismo, destruyen empleos formales e informales y afectan el bienestar de la población expuesta (Cepal 1999, 2006). Riesgos obligan a mejorar la prevención y la resiliencia desde las comunidades expuestas (Villagrán 2006). | Modelos prospectivos de cambio climático reducen la disponibilidad de tierras agrícolas para la producción del maíz que afectan al campesino minifundista (INECC 2013; Johnesa/Thornton 2003).<br>Pérdida en ganadería pequeña por cambio climático que afecta el bienestar de campesinos y los obliga a emigrar (Greenpeace 2010). Proyecciones de aumento en el nivel del mar, erosión de orillas de ríos, y sobreexplotación de acuíferos por cambio climático sugieren estrés en el bienestar y la supervivencia de la gente (Rangel et al 2011). Riojas (2011): aumenta mortalidad por golpes de calor, además hay desnutrición, diarreas, paludismo y dengue. Rodiere/Kindhauser (2009) predicen futuras epidemias relacionadas con el cambio climático. |
| | Estrés y escasez de agua | Variabilidad climática afecta el manejo integral del agua en cuencas hidrológicas (Sánchez et al 2009) con impactos en dimensión social (Ávila 2012), económica (Martín et al. 2009), cultural (Paré 2012, Ávila 2012), política (Hernández 2009), ambiental (Sánchez 2011; Garatuza et al. 2009; Conabio 2006) y de salud (Colón et al. 2011).<br>Aumento de sequía por cambio climático reduce el suelo como sumidero de carbono y su fertilidad natural del suelo (López et al 2009).<br>Pérdida de agua proveniente del glaciar del Popocatépetl (Estrada 2015) aumenta sequía y afecta cultivos al igual que el cambio en sequía interestival (Reyna 2008).<br>Reducción en recarga de acuíferos por cambio climático aumenta escasez y genera conflictos políticos e impactos sociales (Hernández 2009).<br>Intrusión de agua marina al acuífero (Rangel et al 2011; Deheza 2011)<br>Escasez de agua en megalópolis genera islas de calor (Jáuregui et al. 2008), aumenta la escasez de agua (González/Sánchez 2009) y promueve migración de retorno a zonas rurales (Estrada 2015) | Proyecciones de estrés hídrico reducen disponibili-dad y acceso a agua limpia (Arreguín et al. 2011). Presión sobre recurso agua aumentará en 2030 (Ibarrán/Rodríguez 2007; INE 2007) y tierras de temporal se reducen para cultivar alimentos (Conde et al. 1999). Pérdida de glaciares reduce agua para actividades productivas y bienestar (Sánchez et al. 2009). Monzón norteamericano tiende a reducir en México la disponibilidad del agua (Lizarraga et al. 2009), afectando cultivos y seguridad alimentaria (Garatuza et al. 2009). Intrusión de agua salina a los acuíferos costeros aumentará (Rangel et al 2011), cambiará la hidrodinámica y contaminará cuerpos de agua costeros (Gómez 2009). Escasez de agua proyectada aumentará la contaminación y obligará a estrategias de potabilización (Martín et al. 2009). |
| | Pérdida de propiedades | Inundaciones destruyen vivienda, bienestar y limitan supervivencia (Tabasco; Saldaña 2008). Aumento en el nivel del mar y ciclones más frecuentes aumentan riesgos de perder la vida, el hogar y la infra-estructura; limitan actividades productivas y destruyen los sistemas de transporte (Jaúreguí 2008). Marejadas por huracanes destruyen casas y salinizan tierras agrícolas (Cepal 2006). Variabilidad climática aumenta avenidas extraordinarias, inunda planicies y afecta bienes (Oswald 2015), procesos productivos (Garatuza et al. 2009) y salud (Oswald 2013).<br>Tormentas tropicales destruyen viviendas y disminuyen el bienestar personal y familiar (Pérez/Batista 2006). | Cambios en ciclones e inundaciones aumentan pobreza y pérdida de bienes (Pérez/Batista 2006; Pérez et al. 2014). Mayor número de ciclones con más potencia destruye propiedades, deteriora ambiente y afecta seguridad humana (Oswald 2013, 2011b). McLeman (2013) integra factores locales, regionales, mercados de trabajo y alimentos para proyectar flujos migratorios relacionados con el cambio climático. |
| **Pérdida de bienestar y capacidades humanas** | Agricultura e inseguridad alimentaria | Interacción entre pobreza, crimen organizado (Astorga 2013) y otros factores sociales, políticos, económicos, institucionales y ambientales (Boege 2008, 2012) afectan la producción agropecuaria (Conde 2006) y agravan la seguridad alimentaria (Conde 2012).<br>La falta de integración de elementos culturales tradicionales campesinos, indígenas (Declaración de Pueblos Indígenas en México 2010) y de mujeres (Imaz et al 2014).<br>Pago por servicios ecosistémicos aumentan bienestar (Muñoz et al 2005; Nadal 2012)<br>Eventos extremos y modernización sin participación de los directamente afectados aumenta pobreza (Pérez et al 2014; Oswald et al 2014), deteriora suelos (Brauch/Oswald 2009) y genera conflictos por tierras, agua (Phumpiu 2014) y alimentos (Empinotti et al. 2012; Fetzek 2011).<br>60% de la agricultura bajo condiciones de temporal (Conde 1999) está expuesta a la variabilidad climática que afecta cosechas (Agroasemex 2006) y exacerba pobreza (Ibarrán et al. 2006).<br>Huracanes pueden obligar a importar alimentos e insumos agrícolas del exterior (Cepal 1999). | Pérdida de la ganadería extensiva por sequía y contaminación aumenta pobreza en el norte del país.<br>Proyectada inseguridad de bienestar entre campesinos de temporal de maíz, implica la pérdida de la semillas tradicionales por el estrés climático (Bellona et al. 2011).<br>Los rendimientos de cultivos se reducirán sustancialmente por el aumento de temperatura y la variabilidad en el monzón y la sequía interestival (García et al. 2004). |
| | Capital humana (salud, educación pérdida de vid | Escasez de alimentos, falta de acceso a agua limpia y sanitación y desplazamiento afectan negativamente la salud humana (Cortés/Martín 2012). Sequía e inundaciones obligan a niños a trabajar o a ayudar en el hogar (FAO/Sagarpa; Oswald2014b). Densidad poblacional crea islas de calor en ciudades, aumenta contaminación, afecta salud y el calor se concentra más en edificios masivos (Jáuregui et al. 2008). Sequías incre-mentan incendios forestales (Villers/Hernández 2007; Villers/Trejo 2000) | Análisis prospectivos de temperatura estiman que el dengue se expande a zonas templadas y aumenta el número de enfermos también de malaria y chikun-gunya (INECC 2012, Greenpeace 2010). Estudios sobre futuras sequías con escenarios climáticos y socioeconómicos indican un aumento en la mortali-dad (Moreno/Uribe 2008;Skoufias/Vinha 2011,2013). |





**Figura 3. Doble vulnerabilidad**




Fuente: Oswald 2013: 8

## 3. Acciones de adaptación para consolidar la seguridad humana

Las estrategias de adaptación se orientan en reducir la doble vulnerabilidad y consolidar la seguridad humana. Evaluaciones de desarrollo muestran que se puede mejorar el bienestar, cuando se combina con procesos de adaptación, de manejo preventivo de desastres (Villagrán, 2006) y de empoderamiento de la población local (Conde, 2011). Al contrario, procesos de modernización impuestos crean riesgos nuevos que frecuentemente se agravan por conflictos ante el despojo de tierras y otros recursos naturales (Empinotti et ál., 2014) o cuando no se toman en cuenta los procesos de resiliencia local entre las poblaciones vulnerables (Soares, 2014). Microseguros pueden transferir los riesgos que procesos productivos o turismo (Wilma en Cancún, Odile en Baja California Sur) sean afectados. Los riesgos mayores por sequía no están cubiertos por los seguros agropecuarios (Agroasemex, 2012). Prácticas de diversificación de ingresos y producción de subsistencia con ganadería o pesca han mejorado el bienestar.

Hay también estrategias de adaptación que pueden reducir la inseguridad humana, especialmente cuando falla la prevención, pues los desastres obligan a una reubicación o que haya crimen organizado. (Oswald, 2012; Astorga, 2013). Las vulnerabilidades se relacionan con la tala masiva en la cuenca alta de Michoacán o Morelos, donde la tala por el crimen ha aumentado el riesgo de avenidas torrenciales. Altas temperaturas y tandeos provocan estrés hídrico y pueden

causar enfermedades y muertes (Riojas et ál., 2011). Al evitar los flujos subterráneos del Río Colorado hacia el Valle de Mexicali se ha afectado la producción agropecuaria (Fundació Solidaritat, 2014; Garatuza et ál., 2009).

## 4. Dimensiones culturales de la seguridad humana

### 4.1. ¿Cómo interactúa la cultura con los impactos del cambio climático y la adaptación?

La cultura incluye símbolos materiales e inmateriales que expresan entendimientos colectivos. Se expresan en saberes y crean una visión del mundo, creencias, normas, valores y representaciones sociales diferentes (Flores, 2014; Serrano, 2013; Serrano y Oswald, 2014). Se vinculan con respuestas de sociedades tradicionales ante los cambios (Ortíz et ál., 2012), eventos extremos (Manson, et ál., 2009), desastres (Macías, 2012) y cómo prevenir riesgos (Salas, 2012) y adaptarse a condiciones más adversas (Conde, 2012; 2011), especialmente mediante una cultura de agua (Perevochtchikova, 2012).

En la percepción social del cambio climático (Ortíz y Velasco, 2012) en el medio rural (Andrade, 2012) y urbano (Urbina, 2012) los saberes tradicionales se convierten en elementos importantes de la epistemología ecológica (Moura y Steil, 2012) orientados a cambios en actitudes, hábitos y estilos de vida, pero también en pautas de consumo y de producción, con el fin de reducir los riesgos. Leff (2004) muestra "una nueva racionalidad que resignifiqué el sentido de la vida" entre los afectados y los antropólogos enfocaron su interés en la identidad (Rocha, 2012), la organización comunitaria (Estrada, 2014, Estrada, 2014a) y los procesos productivos (Estrada y Oswald, 2014). Al afectarse las actividades agropecuarias, se han presentado cambios en el bienestar (Mansón et ál., 2009) y los desastres han llevado a estas comunidades a perder su subsistencia (Robles y Ruiz, 2012). Las mujeres están particularmente afectadas y han desarrollado prácticas para conservar agua (Salazar et ál., 2014) y establecer huertos de traspatio (Estrada, 2014b).

### 4.2. Pueblos indígenas y campesinos

Según INEGI (2011) hay entre 7 y 15 millones de indígenas que hablan 68 lenguas diferentes, algunas en proceso de extinción. Dos tercios de los indígenas viven en poblaciones rurales y junto con los campesinos ascienden a 28.9 % de la población mexicana. Existen 5.7 millones de jornaleros agrícolas. La migración rural produjo una feminización del campo y 1.4 millones de campesinas son dueñas de su tierra. La mayoría vive en condiciones de pobreza extrema (Robles y Ruiz, 2012) y del total de 53.3 millones de pobres (CONEVAL, 2014), la pobreza urbana está en aumento.

No obstante, desastres y en especial, sequía y pérdida de fertilidad del suelo han obligado a múltiples comunidades a abandonar sus actividades primarias y la subsistencia representa cada vez un menor ingreso. Scott (2010, p. 89) muestra que entre 1992 y 2004 el ingreso propio del campo por actividades productivas y jornal se ha reducido de 38 % a 17 % y el trabajo asalariado no agrícola se ha incrementado de 23 a 36 %, pero sin siquiera garantizar condiciones mínimas de bienestar, especialmente por las sequías. Desnutrición y hambre se localizan en el medio rural indígena, en particular en zonas montañosas de Guerrero (Estrada, 2014b), Oaxaca y Chiapas (ENSANUT, 2012).

A pesar de las contingencias relacionadas con tratados de libre comercio, junto con la importación de granos básicos subsidiados y la reducción del apoyo al campo (Bartra, 2012), las unidades domésticas campesinas se han hecho multifuncionales ante la variabilidad climática. Estos cambios han afectado la cosmovisión (Arizpe, 2014a), aunque sigue el anclaje en la tierra (García, 2012), las fiestas religiosas y las civiles (Arizpe y Pérez, 2014) que facilitan los procesos de adaptación ante desastres inesperados.

### 4.3. Sabiduría tradicional y campesina

Los pueblos originarios han generado saberes para conservar sus recursos naturales. Han transmitido conocimientos mediante cuentos, mitos y fiestas (Arizpe, 2014). La conquista, la modernización, minas a cielo abierto y contaminación han afectado estos





procesos civilizatorios. La práctica diaria, experiencias traumáticas y educación (Ríos, 2014) son elementos cruciales en la prevención de desastres, donde la educación ambiental formal e informal interviene (Ayala et ál., 2012). La cultura interactúa también con procesos de adaptación y hay múltiples ejemplos que aprovechan exitosamente estos capitales comunitarios (Soares, 2014). Pero saberes tradicionales pueden también impedir acciones preventivas, lo que obliga a autoridades a mejorar la política de comunicación (Encalada 2012; Marín et ál., 2008) para limitar la pérdida de vidas humanas, como lo mostró el huracán Stan en 2005, tanto en Guatemala como en México (Oswald, 2012b). Sin duda, la variabilidad climática ha agravado los impactos y es necesario combinar los conocimientos tradicionales con los modernos para entender los riesgos y proteger la vida humana, la natural y los procesos productivos. En estos casos la etnoecología puede reducir impactos del cambio climático (Ortíz y Toledo, 2012). Es más, Ortíz y Velasco (2012a) insisten que la educación ambiental puede construirse en un poder social capaz de reducir los impactos del cambio climático.

## 5. Dimensiones de la seguridad humana en relación a la migración y movilidad humana

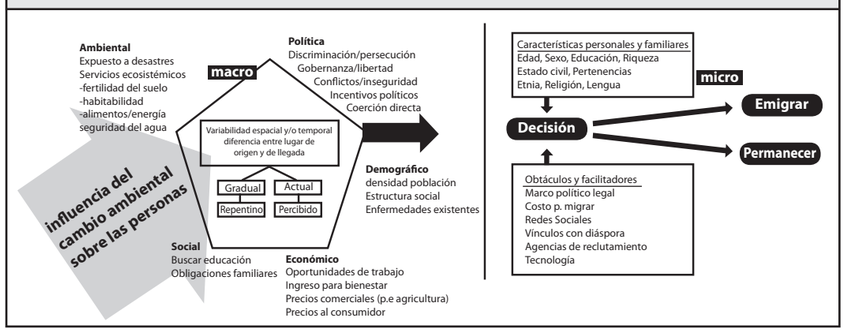
La migración o movilidad por razones climáticas es resultado de una compleja interacción entre factores económicos, sociales, culturales, vulnerabilidad, poca capacidad de adaptación y pérdida de la subsistencia (Serrano et ál., 2014). La seguridad humana puede afectarse seriamente por la migración, sobre todo cuando las mujeres se quedan solas frente al hogar, tienen que pagar la deuda por el traslado y cuidan a la familia dejada (Oswald 2014e; 2013). Los datos empíricos han mostrado que las remesas mejoran el bienestar de las familias quedadas atrás (Canabal, 2002; 2001).

### 5.1. Impactos del cambio climático en relación con desplazamientos y migración

La migración asociada con el cambio climático está imbricada con varios factores. La contaminación, los desastres, el deslizamiento de la tierra, la pérdida de tierras productivas por huracanes (Stan) y la destrucción de casas e incluso comunidades (Ingrid y Manuel en Guerrero), obligan a la población a reubicarse, al igual que aquella que ha sido desplazada por presas y proyectos de modernización.

La siguiente gráfica interrelaciona los factores macro, asociados con la vulnerabilidad ambiental y temporal que induce a la población a emigrar, sobre todo cuando las condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales se están deteriorando rápidamente y la presión demográfica y la falta de alimentos obligan a tomar decisiones familiares e individuales de irse. Dehays (2010) encuentra en los Altos de Jalisco diferencias generacionales Schmidt (2010) insiste que la migración es un fenómeno importante en México, donde el cambio climático está afectando diversos aspectos de la vida (Figura 4). Las decisiones de ir o permanecer dependen de características personales y familiares y los obstáculos o facilidades que apoyan dichos pasos. En el caso de la migración indocumentada a Estados Unidos existen generalmente redes transnacionales que apoyan el costo del cruce y su integración.

**Figura 4. Complejidad de la migración climática**




**Fuente: Serrano et ál., 2014 p. 81, adaptado del Gobierno del Reino Unido para la Ciencia 2011**

El cambio climático influye de manera directa e indirecta en el desplazamiento de personas. México ha sido altamente expuesto a fenómenos hidrometeorológicos, tanto por ciclones, como por sequías de lenta aparición o pérdida de fertilidad de suelos, que han provocado el desplazamiento de personas. McLeman y Smit (2006) parten del concepto de vulnerabilidad, exposición a riesgo y capacidad adaptativa para entender los impactos por reiterativas fallas en cosechas, sequía o inundación para explicar la migración climática. Entienden que las condiciones climáticas afectan de manera diversa a comunidades y familias, al dejarlos sin vivienda, suministro de agua o sin los medios de subsistencia. México es además un país de tránsito de una numerosa población centroamericana, de migrantes que se han visto obligados a abandonar su lugar de origen por el recrudecimiento de la pobreza, el crimen organizado y los desastres.

Jungehülsing (2000) encuentra en un estudio en Chiapas diferencias importantes entre género y migración. Mientras que las mujeres prefieren estudiar (carrera universitaria), casarse y ser amas de casa, los varones consideran su lugar de origen desagradable y esperan migrar lo más pronto posible y encontrar fuera los medios para construirse una casa y poder trabajar en el sector industrial o de servicios, pero no en la agricultura.

### 5.2. Migración como mecanismo de adaptación ante los impactos del cambio climático

La migración es una estrategia mexicana de adaptación, sobre todo cuando hay mayor variabilidad climática y poco apoyo gubernamental. Grupos sociales sin recursos financieros, sociales y capacidades personales para migrar (los atrapados), sufren más ante desastres (Estrada, 2014a). Los riesgos ante sequías, avenidas y huracanes aumentan en grupos sin recursos para migrar (Salas y Salinas, 2012; Oswald, 2011; Deheza, 2011). Oportunidades de movilidad pueden mejorar la seguridad humana (Oswald, 2012a) o las remesas pueden mejorar la resiliencia local. Ante eventos más frecuentes y destructores, queda sólo la reubicación de la comunidad expuesta, especialmente en las costas, pero existen pocos ejemplos exitosos de reubicación de personas por los fenómenos de variabilidad climática (Oliver, 2009).

La adaptación requerida se debería dar a diferentes niveles y ámbitos, aunque ante poco apoyo gubernamental, la población afectada desarrolla su propia resiliencia. Particularmente expuestas están comunidades que dependen de recursos naturales y servicios ecosistémicos (Maderey y Jiménez, 2000; Masera y López, 2000), cuando eventos extremos y cambios abruptos (ciclones, deslizamiento de tierra) o lentos (sequía, aumento en el nivel del mar) obligan a migrar. Los migrantes pueden convertirse en vulnerables también en las zonas de destino por el cambio climático o las condiciones socioeconómicas adversas, especialmente mujeres indígenas pobres en megaciudades, que sufren ante una cuádruple discriminación (Estrada, 2014), pero cuya seguridad física está adicionalmente expuesta (Oswald, 2013b).

## 6. Cambio climático, violencia y conflictos armados

Diferentes investigaciones han mostrado la consolidación y destrucción de civilizaciones destacadas (Maya, Azteca) por variabilidad climática (Gill, 2000). El clima ha incidido además en la violencia, incluso en el crimen personal, organizado y conflictos comunitarios (Astorga, 2013). Pero no hay evidencias científicas sólidas que pudieran indicar futuros colapsos políticos y guerras entre países (Fgan, 2009) por el cambio climático.

### 6.1. Cambio climático como causa de conflictos

El gobierno mexicano insistió en su Estrategia (INECC, 2007) que los escenarios posibles del cambio climático se pudieran convertir en "un problema de seguridad nacional". Propone ampliar el acceso y disponibilidad al agua, cubrir las necesidades básicas de agua limpia, higiene, saneamiento y control de lixiviados. En 2012 el agua se convirtió en un derecho humano constitucional (art.4), con el fin de garantizar la seguridad del agua a todos los habitantes del país (Oswald, 2014ª; 2014c).

Hay coincidencia que conflictos locales o riesgos de consolidación del crimen organizado sean resultado de varios factores como bajo crecimiento del PIB/cápita, desempleo, crisis económicas, jóvenes desempleados, desigualdad creciente, aumento





de pobreza, gobiernos y legislativos corruptos e ineficientes, donde las crisis ambientales por sequía e inundaciones pueden aumentar la violencia regional (Guerrero, Michoacán). Jiménez et ál. (2013) muestran que falta precisar las interrelaciones entre estos factores y jerarquizar los más importantes.

### 6.2. Conflictos e inseguridad asociados a respuestas de políticas climáticas

Los procesos tanto de mala adaptación, como de modernización impuestos a comunidades (presas, desarrollos turìsticos, minas), afectan los derechos de propiedad comunal o ejidal; aumentan los riesgos de respuestas violentas ante el surgimiento de conflictos por agua y tierra; e incluso está el riesgo de la pérdida de saberes de pueblos originarios al afectarse sus sitios arqueológicos, tierras de cultivo, flora y fauna naturales (Oswald, 2005). Además, importaciones indiscriminadas de alimentos subsidiados han colapsado el mercado interno ante precios incosteables (Turrent et ál., 2013), han empujado a campesinos a producir enervantes, lo que ha dispersado al crimen organizado hacia lugares remotos. El número de muertes y desaparecidos han obligado a pueblos enteros a emigrar (Guerrero, Nayarit, Sinaloa) y la gente desplazada ha buscado su supervivencia como pepenador en los tiraderos de Culiacán. Además, estos enfrentamientos han agudizado conflictos locales y asesinatos de comunidades enteras para controlar el mercado de cultivos ilícitos como lo ocurrido en Tierra Colorada en Guerrero.

### 6.3. Conflictos violentos y vulnerabilidad ante el cambio climático

Las capacidades de adaptación al cambio climático se han limitado por la presencia del crimen organizado, especialmente en las regiones montañosas de Guerrero, Michoacán, Morelos, Sinaloa y Nayarit. Hay coincidencia que la falta de proyectos sustentables de desarrollo, la minería y la expansión del crimen organizado han aumentado la inseguridad pública, corrompido a autoridades de los tres niveles, incluido el ejército, y han socavado la seguridad humana de la población local (Oswald, 2014b). En zonas de alta marginalidad (Montaña de Guerrero) ha aumentado el hambre y la miseria. Conflictos armados interrumpen también el acceso a recursos naturales en comunidades, al destruir cultivos alimentarios para obligarlas a producir drogas, lo que puede limitar la adaptación al cambio climático. Aunado a condiciones histórico de abandono y subdesarrollo, huracanes han aumentado muertes por falta de alerta temprana y posteriormente, por abandono en la reconstrucción. Además, la tala clandestina -en manos del crimen organizado Cherán-Michoacán)- ha debilitado laderas que con la infiltración de lluvias deviene en deslizamientos de tierras y desbordamientos de ríos (Oswald, 2012b). Ante esta inseguridad comunidades indígenas se han organizado para protegerse, ya que minas a cielo abierto están destruyendo los recursos naturales de muchas comunidades rurales[1]. El enfrentamiento de dos visiones del mundo (buen vivir vs. ganancia) ha infringido el Art. 2 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos sobre la libre determinación, así como el Convenio de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) , Art. 169 que exige consulta previa a los pueblos indígenas, pero los intereses creados han dividido pueblos y regiones.

Conflictos armados e inseguridad pública pueden también limitar los esfuerzos colectivos de adaptación y resiliencia, ya que la prioridad se concentra en proteger a su vida, mediante la Coordinadora Regional de Autoridades Comunitarias (CRAC) o de autodefensa (Michoacán). En términos de seguridad humana no se cumple con el pilar de 'ausencia de miedo', pero tampoco con 'vivir en un Estado de derecho', o sea el Estado no cumple con su obligación principal de proteger a sus ciudadanos y garantizarles el derecho humano básico a la vida. Si en esta coyuntura ocurre un evento extremo como Ingrid y Manuel, no se respeta el tercer pilar 'ausencia de peligro ante eventos extremos'. Al ver las condiciones de marginalidad grave en Guerrero o Chiapas tampoco se cumple con el segundo pilar 'ausencia de necesidades', o sea la gente más pobre y con menos capital social, económico y cultural no cuenta por parte del Estado con los apoyos necesarios para adaptarse y crear resiliencia en su lugar de origen, o sea sufre de doble vulnerabilidad.

### 6.4. Actividades de construcción de paz mediante procesos de adaptación

En regiones donde los conflictos se relacionan con recursos naturales, manejo sustentable y socialmente justo de dichos recursos es necesario negociar los conflictos pacíficamente. Las investigaciones en mediación y negociación de conflictos hacen ver que

un manejo sustentable de recursos, junto con procesos de adaptación previene conflictos (Matus, 2011) y consolida localmente la seguridad ambiental y la humana. Acuerdos sobre recursos hídricos transfronterizos reducen inundaciones, mitigan los impactos por sequías, resuelven los conflictos locales sobre acceso a agua y promueven internacionalmente el intercambio de tecnología, investigación y vigilancia. Además multiplican el valor del agua gracias a su saneamiento. El desierto de Chihuahua es una de las regiones fronterizas más biodiversas del mundo, pero escaso en agua (Ávila, 2011) y el Acuerdo firmado en 1944 ha permitido consolidar la cooperación entre México y Estados Unidos para distribuir el agua entre ambos países (Soto/Escobedo, 2011)[2].

## 7. Capacidad del Estado para consolidar la seguridad humana (ausencia de miedo, de necesidades, de eventos extremos y de vivir en un Estado de derecho)

### 7.1. Infraestructura crítica y capacidad de respuesta gubernamental

México se ubica en el lugar 68 en su índice de desarrollo humano (IDH) entre los países integrados al PNUD. Este indicador incluye una vida larga, saludable y digna y conocimientos. El Cuadro 3 muestra que hay diferencias al interior de nuestro país y son precisamente los tres estados de Guerrero, Chiapas y Michoacán, altamente expuestos al cambio climático, que se caracterizan por su alta diversidad cultural, biológica. Cuentan con importantes reservas minerales, pero sufren por inestabilidad sociopolítica y severos conflictos socio-ambientales. Además, Guerrero y Michoacán son acosados por el crimen organizado. Cochoapan, el municipio más pobre y abandonado en la Montaña de Guerrero cuenta con un IDH menor que Liberia (PNUD, 2014; Estrada 2014a).

**Cuadro 3. IDH nacional, estatal y en los municipios más pobres. Fuente: PNUD 2014**

| IDH | IDH global | IDH salud | IDH educación | IDH ingreso |
|---|---|---|---|---|
| IDH nacional | 0.7390 | 0.8743 | 0.6779 | 0.6809 |
| IDH Guerrero | 0.6733 | 0.8492 | 0.5902 | 0.6092 |
| IDH Cochoapa | 0.362 | 0.494 | 0.21 | 0.456 |
| IDH Chiapas | 0.6468 | 0.828 | 0.5540 | 0.5688 |
| IDH Chamula | 0.446 | 0.652 | 0.286 | 0.44 (Aldama) |
| IDH Michoacan | 0.6958 | 0.84 | 0.584 | 0.671 |
| IDH Susupuato | 0.528 | 0.602 (Huaniqueo) | 0.380 | 0.508 |

Estos datos evidencian que conflictos violentos y gobiernos regionales poco capaces y poco transparentes limitan el desarrollo de la infraestructura, el transporte y la escuela, debilitan instituciones, destruyen el capital natural y social, las oportunidades de bienestar y calidad de vida; asimismo son incapaces de proteger a su población ante desastres. Cuando estas regiones son afectadas por eventos extremos, los resultados son muertes y una grave destrucción socio-ambiental. Aunque estos municipios pobres y menos desarrollados se ubican en zonas rurales apartadas, no obstante, el cambio climático representa también retos a las ciudades, tanto por el abasto de agua limpia (Oswald, 2011a; Matus, 2011) como por el aumento de la temperatura y las islas de calor (ONU-Habitat, 2011). Asimismo, las ciudades en la costa están expuestas a huracanes y aumento en el nivel del mar, lo que dificultará aún más el abasto de servicios públicos y sociales indispensables.

[1]En 2014 se dieron 25,566 títulos que ocupan 25.7 millones de hectáreas, de los cuales la mitad eran tierras de cultivo. Además, las comunidades se quedan sin acceso al agua, aumenta la contaminación del aire y agua, así como la destrucción del paisaje. Entre 1521 a 1830 se han producido 191,825 kg de oro y sólo entre 2000 y 2010 fueron 419,097 kg con ambientes devastados, salud gravemente afectada y conflictos por la supervivencia y el patrimonio cultural material e inmaterial (Diputados, 2011). En estas circunstancias se exacerba la violencia y Guerrero cuenta con la mayor tasa de homicidios históricos, ahora aumentado por los del crimen organizado y del control por el territorio. Sólo el acceso a redes comunales de seguridad ofrece alternativas ante la pérdida del bienestar personal y comunitario. Pero es también en estas condiciones de desigualdad y de cacicazgos locales que la ayuda al desarrollo y a la recuperación después de un desastre se queda en casi su totalidad en manos de la burguesía y las autoridades locales, lo que aumenta la injusticia y el coraje entre la población afectada.

[2]La Comisión de Cooperación Fronteriza (COCEF) y el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) han fomentado proyectos colectivos como el saneamiento de las aguas negras de Tijuana en San Diego (Castro et al. 2011).





La Ciudad de México sufre desde ahora por falta de agua y tuvo conflictos con los indígenas mazahua por la extracción del agua sin compensación alguna. Asimismo, la subsidencia como resultado de la sobreexplotación de los acuíferos, obliga a las autoridades a rebombeos caros para desalojar las aguas servidas y las de las lluvias.

Cuando las actividades de mitigación y adaptación toman en cuenta a la población y refuerzan su seguridad humana hay beneficios colectivos y se reduce sustancialmente la tensión y la posibilidad de conflictos. Además, la presencia de instituciones sólidas y un manejo transparente de los recursos para atender a desastres permiten la recuperación rápida como lo mostró la cooperación entre gobierno, aseguradoras, dueños de hoteles y empleados turísticos después del impacto de Wilma, 2005 en Cancún, donde la infraestructura hotelera y de servicios básicos estaba recuperada en diciembre del mismo año. Al contrario, falta de alerta temprana, deficiencia de refugios y corrupción han impedido que la población afectada en Chiapas por Stan se recupere y todavía una década después falta construir miles de casas dañadas. Los dos ejemplos muestran que en el mismo país y durante el mismo mes y año las respuestas gubernamentales ante dos huracanes fueron totalmente opuestas. En el caso de Wilma se consolidó la seguridad humana, mientras que en el caso del huracán Stan, ésta se ha deteriorado tan severamente que miles de personas y familias tuvieron que emigrar (Oswald, 2012b).

# Conclusiones

## Áreas necesitadas de investigación sobre seguridad humana y cambio climático.

Este capítulo mostró que la variabilidad climática ha creado múltiples riesgos a la seguridad humana, porque México está altamente expuesto a fenómenos relacionados al cambio climático y su ubicación entre dos océanos lo torna vulnerable a ciclones, inundaciones, sequías y aumento en el nivel del mar. La síntesis de estudios revisados mostró que hay un acuerdo sólido de que se entretejan diferentes procesos y a escalas distintas que generan inseguridad humana. Pero se encontraron también contradicciones en el quehacer gubernamental y social, donde las salidas positivas están relacionadas con la participación activa de la población expuesta y afectada. Se mostró también que la presencia del crimen organizado detona procesos de inconformidad que se agravan con los impactos climáticos y que aumentan la existente pobreza y miseria en las regiones más inseguras.

Ante ello, los riesgos provenientes del cambio climático son complejos e interactúan con abandonos históricos de indígenas, pobreza y violencia. Estas complejidades entre cambio climático, bienestar, migración, crimen organizado y conflictos por recursos naturales obligan a un análisis y propuestas gubernamentales integrales. El capítulo mostró también que la cultura y los conocimientos tradicionales se pueden combinar con las actividades de prevención de desastres y con procesos de adaptación para lograr una resiliencia que capacite a comunidades, familias e individuos a enfrentar con herramientas sólidas los riesgos presentes y futuros del cambio climático.

El deterioro del bienestar de amplios sectores sociales afectados por la variabilidad y el cambio climático representan además una obligación para el gobierno de respetar el derecho humano básico a la vida. Ante más fuertes eventos extremos, se requiere formar expertos, invertir en mitigación y adaptación, así como políticas que revierten las condiciones de deterioro socio-ambiental. Es precisamente el análisis de cada dimensión en este capítulo que permite entender cómo reducir las amenazas a la seguridad humana, sea por cambios institucionales, legales o por actividades de restauración ambiental y social. Pero los datos indican también que cuando se combinan procesos de desarrollo sustentable con prácticas de reducción de desastres y mecanismos eficientes de adaptación, basados en conocimientos tradicionales o científicos, así como modelos certeros climáticos, es posible prevenir desastres, manejar los eventos extremos con daños mínimos y crear bienestar y calidad de vida aun para los más vulnerables. Al reducir la doble vulnerabilidad: la ambiental y la social se crean círculos virtuosos, donde desde el nivel familiar hasta el nacional se pueden generar regionalmente modelos propios de resiliencia, que refuercen las actividades gubernamentales y ciudadanos. Asimismo, los estudios mostraron que es más barato prevenir que remediar desastres y todavía en México la cultura de la prevención de riesgos y la reducción de desastres requiere de mayores inversiones y capacitaciones tanto a nivel gubernamental como entre la sociedad expuesta.

Finalmente, se encontró en los estudios una preocupación por las tierras de cultivo de temporal y la pérdida de la subsistencia, pero el gobierno no ha interrelacionado estos fenómenos con los procesos de globalización, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y las importaciones indiscriminadas de alimentos. Ante precios de alimentos inestables y sequías importantes en el país vecino que nos surte los granos básicos, es necesario que México repiense su seguridad alimentaria como un elemento básico de la seguridad humana. En el sureste existen 9 millones de hectáreas de tierras subutilizadas en ganadería extensiva (Turrent el al., 2013), que pudieran reconvertirse fácilmente en tierra de producción de maíz durante el ciclo de invierno. Requieren mínimas inversiones en infraestructura de riego, dado que en esta región no sólo existen abundantes recursos hídricos, sino también un clima invernal favorable (Oswald, 2014d; 2015). Este proceder pudiera impulsar además procesos de desarrollo en las regiones más abandonadas y depauperadas de México, además altamente expuestas al cambio climático, donde el derecho a una seguridad humana integral no se ha realizado.

Al resumir, existen múltiples riesgos para México dependiendo de sus elementos culturales, materiales, económicos y de seguridad pública. Para generar una seguridad humana en sus cuatro pilares es necesario adaptarse localmente, ya que cada región cuenta con circunstancias distintas (trópico húmedo, zonas áridas, templadas). Pobreza, falta de capital social y cultural, y deterioro ambiental son elementos sobresalientes que aumentan la doble vulnerabilidad, pero que son también factores que con políticas públicas claras y decididas dentro de un marco de respeto a los derechos humanos básicos impulsarán la mitigación, adaptación y resiliencia entre toda la población expuesta.

Finalmente, mucha de la literatura revisada sobre seguridad humana se relaciona con los procesos actuales de variabilidad climática. No obstante, cambios abruptos en precipitación, temperatura y aumento en el nivel del mar pudieran cambiar sustancialmente los modelos desarrollados y crear pronósticos con puntos de rupturas en los sistemas naturales y humanos. Ante esta incertidumbre, depende de cada ciudadano para colaborar con el gobierno y propiciar cambios en el sistema de consumo, de producción y de transporte, con el fin de evitar que los límites diseñados por los científicos climáticos no se rebasen. En el caso de aumentos mayores en la temperatura, México y Centroamérica serán países gravemente afectados y necesitarán de apoyos internacionales para proteger a su población e impedir una mayor inseguridad humana.





## Referencias


**Adger**, W.N., Pulhin, J.M., Barnett, J., Dabelko, G.D., Hovelsrud, G.K., Levy, M., Oswald, S. U y Vogel, C.H. (2014). Human security. In C.B. Field, V.R. Barros, et ál. (Eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp.755-791). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

**Agroasemex**. (2012). *Informe de Rendición de Cuentas 2006-2012*, Querétaro, México: Autor.

**Álvarez**, L. G. (2011). Políticas públicas ante el cambio climático. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.). *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp.336-366). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Andrade**, B. (2012). Semiótica ambiental y cambio climático en el sureste mexicano. En B. Ortíz-Espejel, C. Velasco-Samperio (Coords.), *La percepción social del cambio climático* (pp.57-80). Puebla, México: Universidad Iberoamericana (UIA) Puebla, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

**Annan**, K. (2005). *In Larger Freedom. Towards Security, Development and Human Rights for All*. Nueva York: ONU.

**Arizpe**, L. (Coord.). (2006), *Culturas en Movimiento. Interactividad cultural y procesos globales*, Cuernavaca: UNAM- CRIM, Cámara de Diputados, M.A. Porrúa.

**Arizpe**, L. (Coord.). (2010), *Migración y cultura en América Latina y el Caribe*. Cuernavaca: UNAM-CRIM.

**Arizpe**, L. (2014). *Migration, Women and Social Development. Key Issues*, Heidelberg: Springer.

**Arizpe**, L. (2014a). *A Mexican Pioneer in Anthropology*, Heidelberg: Springer.

**Arizpe**, L. Pérez, E. (Cords.). (2014). *Siempre flor y canto. Las flores en el patrimonio cultural inmaterial de México*. México: UNAM-CRIM y M. Á. Porrúa.

**Arreguín**, C. F., López, M. y Marengo, M. H. (2011). Los retos del agua en México en el siglo XXI. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.19-34). Cuernavaca: UNAM-CRIM.

**Astorga**, L. (2013). Drogas ilegales, militares, cambio político. En J. L. Calva (Coord.), *Seguridad Pública, derechos humanos y cohesión social ¿Cambios con Peña Nieto?* (pp.77-99). México: Juan Pablos Editor.

**Avelar**, G. J., Ramírez, L. E., Martínez, S. C, Guerrero B. A., Jaramilla, J. F. Reyna, S. J. (2011). Calidad del agua en el estado de Aguascalientes y sus efectos en la salud de la población. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.317-328). Cuernavaca: UNAM-CRIM.

**Ávila**, A.A. (2011). El agua en la frontera México-Estados Unidos, un asunto de seguridad nacional. En Ú. Oswald (Coord.), Retos de la investigación del agua en México (pp.467-482). Cuernavaca: UNAM-CRIM y RETAC.

**Ávila**, P. (2012). Pueblos indicios y manejo del agua. En M. Perevochtchikova (Coord.). *Cultura del agua en México: Conceptualización y vulnerabilidad social* (pp.157-176). México, D.F.: UNAM y M.A. Porrúa.

**Ayala**, I., Durán, L. Ruíz, V., Guevara, L. (2012). El abordaje del cambio climático: un espacio de oportunidad para redimensionar la educación ambiental para la sustentabilidad. En B. Ortíz-Espejel, y Velasco S. C. (Coords.), *La percepción social del cambio climático* (pp.123-146). Puebla, México: UIA.

**Barnett**, J. (2001). The Meaning of Environmental Security: Ecological Politics and Policy in the New Security Era. Londres: *Zed Books*.

**Barnett**, J., Matthew, R.A. y O'Brien, K.L. (2010). *Global environmental change and human security*: an introduction. In Matthew, et ál. (Eds.), Global Environmental Change and Human Security (pp.3-31). Cambridge, Uk: MIT Press.

**Bartra**, A. (2012). *Los nuevos herederos de Zapata. Campesinos en movimientos 1920-2012*. México, D.F.: CNPA.

**Beck**, U. (2011). Living in and Coping with the World Risk Society. In Brauch, et ál. (Eds.), *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security* (pp.11-16). Berlin: Springer.

**Bell**, D., (2013). Climate change and human rights. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 4*, pp. 159-170.

**Bellona**, M.R., Hodson, D., & Hellin, J. (2011). Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*(33), pp. 13432-13437.

**Boege**, E. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas*. México, D.F.: INAH y CNDPI.

**Boege**, E. (2012). La crisis ambiental y alimentaria y el papel de los pueblos indígenas de México y las comunidades locales en un proyecto alternativo de nación. En J.L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo*. México: Juan Pablos Editor. 14, pp. 291-317.

**Bogardi**, J. & Brauch, H.G. (2005). Global Environmental Change: A Challenge for Human Security-Defining and conceptualizing the environmental dimension of human security. In A. Rechkemmer (Ed.), *UNEO-towards an international Environmental Organization*, (pp. 85-109). Nomos, Baden.

**Bohle**, H.G. (2002). Land Degradation and Human Security. In E. Plate (Ed.), *Human Security and Environment. Research and Training Center for the UN*. Karlsruhe: University in Bonn.

**Bohle**, H.G. (2007). Living with Vulnerability. Livelihoods and Human Security in Risky Environments, Bonn: UNU. *InterSecTions, 6*, pp. 1-28.

**Bourdieu**, P. (1983). The Forms of Capital, originally published as: Ökonomisches Kapital, kulturelles Kapital, soziales Kapital. En R. Kreckel (Ed.), *Soziale Ungleichheiten*. Göttingen: Otto Schwartz & Co. pp. 183-198

**Brauch**, H. G., Oswald S. Ú. (2009). *Securitizing Ground Grounding Security*. Bonn-Madrid: UNCCD.

**Brauch**, H. G. et ál. (Eds.). (2008), *Globalization and Environmental Chal¬len¬¬ges: Reconceptualizing Security in the 21st Century*. Heidelberg: Springer.

**Brauch**, H. G. et ál. (Eds.). (2009). Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts. Berlin: Springer.

**Brauch**, H. G. y Oswald, U. (Eds.) (2011). *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks*. Berlin: Springer.

**Buzan**, B., Waever, O. & De Wilde, J. (1998). Security. *A New Framework for Analysis*, Rienner: Boulder.

**Cadena**, B. F. (Coord.). (2009). *De Foro a Foro. Contribuciones y Perspectivas de la Economía Solidaria en México en el Contexto de Crisis Global*. México: Ed. FLASEP, A.C.

**Calleros**, A. J. (2010). Aspectos teórico-metodológicos en la relación entre migración internacional y cambio climático. En *Escenarios demográficos y política de población en el siglo XXI*. México, D.F.: COLMEX. 3-6 de noviembre, 2010.

**Canabal**, C. B. (2001). *Los caminos de la montaña. Formas de reproducción en la montaña de Guerrero*. México, D.F.: UAM, CIESAS, Porrúa.

**Canabal**, C. B. (2002). La población migrante de La Montaña de Guerrero y sus ámbitos de reproducción social. En León López, A. et ál. (Eds.), *Migración, poder y procesos rurales*. México: UAM, Plaza y Valdés.

**Castro**-Ruiz, J.L., Cortez-Lara, A. y Sánchez-Munguía, V. (2011). La frontera México-Estados Unidos. Conflictos, retos y oportunidades para el manejo. En Úrsula Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.483-492). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC y CONACyT.

**Centro Mario Molina (2006)**. Emisiones de gases de efecto invernadero y oportundiades de mitigación. En *Reporte elaborado para la Estrategia Nacional de Acción Climática*. México: Autor.

**Comisión Económica para América Latina y El Caribe** [CEPAL], (1999). *Centroamérica: análisis de los daños causados por el huracán Mitch*. México: Autor.

**CEPAL**. (2006). Características e Impacto Socioeconómico del Huracán Wilma que azotó los estados de Quintana Roo y Yucatán entre el 21 y 24 de Octubre del 2005. Disponible en: http://iis7-e2.cepal.org/publicaciones/xml/0/27710/L751-13.pdf

**Chapela**, G. y Madrid, Z. S. (2012). Elementos para el debate hacia una política de Estado en el sector forestal. En J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo*. México: Juan Pablos Editor y Consejo Nacional de Universitarios. 14, 166-184

**Commission on Human Security** [CHS], (2003). *Human Security Now: Protecting and Empowering People*. Nueva York: Human Security Unit, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs.

**Colón**, F., Lake, I., Bentham, G. (2011). Climate variability and dengue fever in warm and humid Mexico. *Am J Trop Med Hyg., 84*(5), pp. 757-63.

**Comisión Brundtland** (1987). *Nuestro futuro Común*. Nueva York: ONU.

**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad** [CONABIO], (2006). *Capital natural y bienestar social*. México, D.F.: Autor.

**Conde**, C. (1999). El Niño y la agricultura. En V. Magaña (Coord.), *Los impactos de El Niño en México* (pp.103-136). México, D.F.: UNAM, IAI, SG.

**Conde**, C. (2011). Coping with Climate Change Impacts on Coffee and Maize for Peasants in Mexico. In H. G. Brauch, (Eds.), *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security* (pp.1067-1080). Berlin: Springer.

**Conde**, C. (2012). Impacto, vulnerabilidad y adaptación de la agricultura en México al cambio climático. En J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo*. México: Juan Pablos Editor, Consejo Nacional de Universitarios. 14,135-148

**Conde**, C. & Orozco, S. (2006). Climate Change and Climate Variability Impacts on Rainfed Agricultural Activities and Possible Adapatation Measures: A Mexican Case Study. *Atmósfera*, 19(3), pp. 181-194.

**Conde**, C., Ferrer, R. M. & Orozco, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures: A Mexican case study. *Atmósfera*, 19(3), pp. 181-194.

**Consejo Nacional para la Evaluación de la Política Social** [CONEVAL], (2014). *La pobreza en México*. México, D.F.: Autor.





**Cortés**, M. y Martín, A. (2012). Disponibilidad de agua entubada y morbi-mortalidad por enfermedades infecciosas gastrointestinales en México: XXII Congreso Nacional de Hidráulica Acapulco, Gro., México. Noviembre de 2012.

**Cruz**, R. M. y Oswald, S. Ú. (2014). Vulnerabilidad ambiental y social en el contexto microrregional. En Ú. Oswald, et ál., *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.239-258). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM.

**Declaración de pueblos indígenas de México sobre biodiversidad y cambio climático**. (2010). Monterrey. México: SEMARNAT.

**Decroix**, L. y González, B. J. (2009). Cambio climático y conflicto social: Tensiones, cooperaciones y geopolítica del agua. En J. L González e I. Sánchez (Coords.). *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.259-280). Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**Dehays**, R. J. (2010). Ajustes socio-demográficos ante el cambio climático: un esquema para el análisis. X Reunión DemoFigura. México: SOMEDE.

**Deheza**, E. (2011). *Cambio climático, migración y seguridad: Políticas de mejores prácticas y opciones operacionales para México*. Londres: Royal United Service Institute for Defense and Security Studies [RUSI].

**Delgado**, G. C., Gay, C., Imaz M. y Martínez, M. A. (Coords.), (2010). *México frente al Cambio Climático. Retos y Oportunidades*. México, D.F.: UNAM-CCA-CEIICH-PINCC-PUMA.

**Díaz**, P. G., Sánchez, C. I. y Guajardo, P. R. (2011). Análisis de series de tiempo de clima para tomar decisiones en México. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.45-60). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM.

**Diputados**, Cámara de (2011). Documento de Trabajo # 121. México: *Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la C. Diputados*.

**Domínguez**, S. y Rosales, F. (2012). Construcción de políticas públicas en educación ambiental ante el cambio climático en Guanajuato. En B. Ortíz-Espejel, C. Velasco (Coords.), *La percepción social del cambio climático* (pp.147-162). Puebla, México: UIA, SEMARNAT.

**Eakin**, H., Magaña, V., Smith, J., Moreno, J.L., Martínez, J.M. & Landavazo, O. (2007). A stakholder-driven process to reduce vulnerability to climate change in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Mitig Adap Strat Glob Change 12*, 935-955.

**Empinotti**, V., De Stefano, L., Oswald, S.Ú., Arrojo, P., Solanes, M., Donoso, G. (…) Jacobi P. (2014). Chapter 14: Civil Society Organizations and their role on water management in Latin America. In De Stefano (Coord.), *Water for Food Security and Well-Being in Latin America and the Caribbean. Social and Environmental Implications for a Globalizaed Economy* (pp.316-342). Londres: Earthscan-Routlegde, Fundación Botín.

**Encalada**, M. A. (2012). Necesidades de políticas de comunicación sobre el cambio climático. En B. Ortíz- Espejel, C. Velasco (Coords.), La *percepción social del cambio climático* (pp.187-202). Puebla, México: UIA.

**Instituto Nacional de Salud Pública** [INSP]. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012: Resultados Nacionales*. Cuernavaca, México: Autor.

**Encuesta Nacional de Salud y Nutrición** [ESANUT]. (2012). Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2012.

**Estrada**, Á. A. (2014). Forma de pensar de mujeres indígenas migrantes frente a la discriminación social. En Ú. Oswald, et ál., *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.293-316). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM-DGAPA.

**Estrada**, Á. A. Oswald, S. Ú. (2014). Cultura ambiental, percepción del deterioro en sus comunidades y salidas diversas. En Ú. Oswald, et ál., *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.341- 388). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM.

**Estrada**, V. A. (2014a). Vulnerabilidad social y marginalidad en la Montaña de Guerrero. En Ú. Oswald et ál., *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.259-274). Cuernavaca, México: UNAM- CRIM-DGAPA.

**Estrada**, V. A. (2014b). Vulnerabilidad social y marginalidad en la Montaña de Guerrero". En Ú. Oswald et ál., *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.259-274). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM-DGAPA.

**Estrada**, V. A. (2015). ¿De vuelta a casa o huyendo de la ciudad? Migración ciudad-campo y su impacto ambiental en la Cuenca Alta del Río Yautepec, [Tesis doctoral, en proceso].

**Food and Agricultural Organization** [FAO]. (2003). *Trade Reforms and Food Security. Conceptualizing the Linkages*. Roma: Autor.

FAO. (2012). México: El Sector Agropecuario ante el Desafío del Cambio Climático. México: FAO y SAGARPA.

**Feng**, S., Kruegera, A., Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1002632107: 1-6.

**Fetzek**, S. (2011). Cambio climático y seguridad en México. En S. Lucatello, y D. Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México* (pp.48-61). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Fgan**, B. (2009). *Impactos relacionados con el clima en la seguridad nacional en México y Centroamérica*. Londres: RUSI.

**Flores**, M. E., Campos, E. J., Chávez, S. R. & Castro, G. J. (1998). Saltwater Intrusión of the Costa de Hermosillo Aquifer, Sonora, Mexico: A Numerical Simulation. *Geofísica Internacional* 37(3), 133-151.

**Flores**, P. F. (2010). Representación social y género; una relación de sentido común. En Blázquez et ál., *Investigación feminista. Epistemología, metodología y representaciones sociales* (pp.339-358). México, D.F.: UNAM-CEIICH.

**Flores**, P, F. (Coord.). (2014). *Debates y desafíos feministas en los estudios de género; representaciones sociales e interculturalidad*. Mérida: CEPHCIS.

**Fundació Solidaritat**. (2014). *Medio ambiente, cambio climático y conflictos internacionales: la cuestión del agua*. Barcelona: Universidad de Barcelona.

**Fundación Friedrich Ebert Stiftung**. (2011). Nuevos enfoques de desarrollo para México: Escenarios para 2020. México: Autor.

**Galindo**, P. L. (Coord.). (2009). *La economía del cambio climático en México*. México: SHCP, SEMARNAT.

**Garatuza**, P. J., Rodríguez, J. C. y Watts, C. (2009). Monitoreo ambiental y necesidades hídricas de cultivos. En J. L. González e I. Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.43-61). Torreón, México: SMCS, CONACYT e INIFAP.

**García**, C. J., Diego, L. C., Fernández de Arróyabe, H. P., Garmendia, P., C. y Rasilla, A. D. (Eds), (2004). *El clima entre el mar y la montaña*. Santander: Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria.

**García**, E. (2012, enero). Nuevo Plan de Ayala siglo XXI. *La Jornada del Campo*. México, D.F.

**Gay**, G. C. y Rueda, A. J. (2012). Vulnerabilidad social y cambio climático. En M. Perevochtchikova, (Coord.), *Cultura del agua en México: Conceptualización y vulnerabilidad social* (pp.301-310). México: UNAM y M.A. Porrúa.

**Gay**, G. C., Estrada, F., Conde, C. y Eakin, H. (2004). Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: Escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz, México. En J.C. García, C. J., Diego, L. C., Fernández de Arróyabe, H. P., Garmendia, P., C. y Rasilla, A. D. (Eds.), *El clima entre el mar y la montaña*. Santander: Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria.

**Global Envionmental Chang and Human Security** [GECHS], (1999). GECHS Science Plan, Report 11, Bonn: IHDP.

**Giddens**, A. (1994). *Beyond Left and Right. The Future of Radical Politics*. Standford: Standford Universyt Press.

**Gill**, R. B. (2000). *The Great Maya Droughts: Water, Life, and Death*. Albuquerque: University of New Mexico Press.

**Gómez**, R. E. (2009). Cambio climático y vulnerabilidad ecológica: Impacto en la hidrodinámica y contaminación en cuerpos de agua costeros. En González y Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.109-122). Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**González**, B. J. y Sánchez, I. (Coords.), (2009). *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social*. Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**González**, M. M. (2011). Pobreza, cambio climático y desarrollo sustentable. En S. Lucatello, y D. Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp. 218-233). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**González**, P. C. y Galván, F. A. (2011). La intervención social como una práctica de traducción: La sustentabilidad y la gestión de conocimiento comunitario. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.501-510). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC y CONACyT.

**Graizbord**, B. (Coord.). (2005). *Reporte de avances. Evaluación del Fondo de Desastres Naturales [FONDEN] en el ejercicio de 2005*. México: COLMEX-CEDUA.

**Grin**, J., Rotmans, J. & Schot, J. (2010). *Transition to Sustainable Development.* London: Routledge.

**Grineski**, S., Collins, T. W., McDonald, Y. J., Aldouri, R., Aboargob, F., Eldeb, A. (…) Velázquez, A. (2015). Double exposure and the climate gap: changing demographics and extreme hear in Ciudad Juarez, Mexico, Local Environment. *The International Journal of Justice and Sustainability 20*(2), 180-201.

**Guerra**, V. H. (2011). Seguridad ambiental y cambio climático en México. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp.62-92). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Hansen**, A. M. y Corzo, J. C. (2011). Evaluación de la contaminación en cuencas hidrológicas: prioridades y necesidades. En Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.303-316). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM y RETAC.

**Hernández**, A. H. (2009). Dimensión política y social de los problemas regionales del agua. En González y Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas: Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.177-197). Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**Ibarrarán**, V. M. y Rodríguez, S. M. (2007). *Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México*. México, D.F.: INE.

**Ibarrarán**, V. M. & Boyd, R. (2006). Hacia el futuro: Energy, Economics and the Environment in the 21st Century in Mexico. Dodrecht: Kluwer Academic Publishers.





**Ibarrarán**, V. M., Malone, E. & Brenkert, A. (2010). Climate change vulnerability and resilience: current status and trends for Mexico. *Environ Dev Sustain 12*, 365-388.

**Ibarrarán**, V. M., Ruth, M., Ahmad, S. & London, M. (2006). *Climate Change and Natural Disasters: Macroeconomic Performance and Distributional Impacts*. Maryland: University of Maryland-School of Public Policy.

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático** [INECC]. (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. México: Autor.

**INECC-SEMARNAT**. (2007). *Estrategia Nacional de Acción Climático*. México: Autor.

**INECC-SEMARNAT**. (2007). *Estrategia Nacional de Acción Climático*. México: Autor.

**INECC-SEMARNAT**. (2013). *Quinta Comunicación de Cambio Climático*. México: Autor.

**Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática** [INEGI). (2011). *Censo Nacional de Población 2010*. Aguascalientes, México: Autor

**International Organzation of Migration** [IOM]. (2009). *Migration, Climate Change and the Environment: IOM's thinking*. Ginebra: Policy Memo, International Organzation of Migration.

**Ivanova**, A. y Estrella, E. (2012). El marco jurídico e institucional de México ante el cambio climático: retos para el desarrollo. En J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo* (pp.11-134). México: Juan Pablos Editor, Consejo Nacional de Universitarios.

**Izazola**, H. (1997). Algunas consideraciones en torno al estudio de la dimensión ambiental de la migración, *Economía, sociedad y territorio*. 1(1), 111-136.

**Jáuregui**, E., Tejeda, A., Luyando, E., Casasola, M. y García, G. (2008). *Asentamientos humanos: Biolima, isla de calor y consumo eléctrico*. México: SEMARNAT, INE, UNAM-CCA.

**Jonesa**, P. G. & Philip, K. T. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13, 51–59.

**Jujnosky**, J., M., Mazari H. M., Ramos, A. y Almeida, L. L. (2011). Desarrollo de una metodología para la evaluación de servicios ecosistémicos hidrológicos en las microcuencas del suroeste del Distrito Federal. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.89-94). Cuernavaca, México: UNAM- CRIM, RETAC y CONACyT.

**Jungehülsing**, J. (2000). *Las que se van, las que se quedan: reacciones frente al cambio climático. Un estudio de caso sobre migración y género en Chiapas*. México: Fundación Böll.

**Karaisl**, M. y Domínguez, M. (2011). El reto de la provisión de infraestructura en el contexto de la mitigación y la adaptación al cambio climático. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático, Un panorama desde México: ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp.367-387). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Kreimer**, A., Arnold, M., Barham, C., Freeman, P., Gilbert, R., Krimgold, F. (…) Vogt, T. (1999). *Managing Disaster Risks in Mexico: Market Incentive for Mitigation Investment*. Washington, D.C.: The World Bank.

**Lara**, V. F. & Giner, L. M. (2013). Local Responses to Climate Change Vulnerability along the Western Reach of the Us-Mexico Border. J. of Borderlands Studies 28 (2).

**Leaning**, J. (2009). Health and Human Security in the 21st Century. In H.G. Brauch, N.C. Behera, P. Kameri-Mbote, J. Grin, Ú. Oswald, B. Chourou (...) H. Krummenacher (Eds.), *Facing Global Environmental Change*. Heidelberg: Springer, pp. 541-553.

**Leff**, E. (2004). *Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI Eds.

**Lizárraga**, C. C., Sabori, J., Rodríguez, J. C., Saiz H. J., Watts, C. (2009). Tendencias del Sistema Monzón Norteamericano en México. En González y Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.7-22). Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**López**, S. A., Cadena, Z. M., Zermeño, G. A., González, C. G., Sombrero, S. A. (2009). Cambio climático y vulnerabilidad ecológica: Impacto en el recurso suelo como sumidero de carbono. En González y Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.63-85). Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**Lucatello**, S. (2011). Las dimensiones de justicia y equidad en el cambio climático ¿Esperando a Godot? En S. Lucatello y D. Rodríguez Velázquez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp.161-182). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Lucatello**, S. y Rodríguez, V.D. (2011) (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Maas**, J. M. (2012). El manejo sustentable de socioecosistemas. En Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo*. México: Juan Pablos Editor. 14, 267-290

**Macías**, M. J. (2012). Estado y desastres. Deterioro, retos y tendencias en la reducción de desastres en México, 2011. En J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo*. México: Juan Pablos Editor y Consejo Nacional de Universitarios. 14, 368-392

**Maderey**, L. E. y Jiménez, A. (2000). Los recursos hidrológicos del centro de México ante un cambio ambiental global. En Instituto Nacional de Ecología (Coord.), *Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. México, D.F.: INE, SEMARNAT, UNAM.

**Manson**, R., Jardel, E., Jiménez, M. y Escalante, C. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, *En Conabio. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 131-184.

**Marín**, D., Bustillos, I., Carrillo, J. C., Castillo, O., Severino, T. (2008). (Comps). *Situación de acceso a la información, a la participación y a la justicia ambiental en América Latina 2004-2005*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C.; Comunicación y Educación Ambiental, S.C.; Cultura Ecológica, A.C. y Presencia Ciudadana Mexicana, A.C.

**Martín**, D. A., Bourguett, V., Cruz, F., Mejía, M., Maldonado, J., Ortíz, G., Cortés, P., González, A., Piña, M., Rivera, M.L., Montellano, L., Alcocer, V, Mariano, C., Georguiev, V. (2011). Diagnóstico de un organismo operador. Descripción de la metodología utilizada. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.593-604). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC y CONACyT.

**Martín**, D. A., Cortés, M. J. y Quezada, J. L. (2009). Estrategias de potabilización de aguas contaminadas. En González y Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.147-176). Torreón, México. SMCS, CONACyT e INIFAP.

**Martínez**, R. D. y Masera C. O. (2012). Escenarios de mitigación de carbono hacia 2030. Contribución de las opciones del sector forestal de México. En: J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo*. México: Juan Pablos Editor, Consejo Nacional de Universitarios. 14, 149-165.

**Masera**, O. y López, R. S. (Eds.), (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. México, D.F.: UNAM-PUMA.

**Matus**, P. J. (2011). Panorama de las causas de los conflictos por el agua en México: Nuevas líneas de investigación para su prevención y resolución. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México*, (pp.431-440). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC, CONACyT.

**McLeman**, R. (2013). Developments in modelling of climate change-related Migration. *Climatic Change*, 117, pp. 599–611.

**McLeman** & Smit (2006). Migration as an adaptation to climate change. *Climatic Change*, 76, 31–53.

**Mendoza**, G. G., Martínez, M.L., Lithgow, D., Pérez M. O., Simonin, P. (2012). Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. *Ecological Economics, 83*, 23-32.

**Mercer**, K.L., Perales, H.R., Wainwright, J.D. (2012). Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environmental Change 22*, 495–504.

**Morales**, A., Magaña, V., Vázquez, G., Bernal, R.. (2014). Variabilidad y cambio climático de la lluvia en tres sitios en el estado de Tlaxcala. En L. **Villareal**, F. I. Ocampo y R. M. Hernández (Coords.), Agua y desarrollo local ante el cambio climático (pp.221-240). Puebla, México: Colegio de Posgraduados, Itres, Costa-Amic Ed.

**Moreno**, A. R. y Urbina, S. J. Impactos sociales del cambio climático. México, D.F.: INE y PNUD.

**Moura de C**, I. y Steil, C. (2012) Percepción y ambiente. Aportes para la epistemología ecológica. En B. Ortíz- Espejel, C. Velasco (Coords.), *La percepción social del cambio climático* (pp.3-20). Puebla, México. Universidad Iberoamericana Puebla y SEMARNAT.

**Muñoz**, P. C., Guevara, A., Torres, J.M. & Braña J. (2005). *Paying for the Hydrological Services of Mexico's Forests: Analysis, Negotaions and Results*. México: INE.

**Nadal**, A. (2012) Política económica y estrategia de desarrollo sustentable en México. En J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable*, (pp.55-80). México: Juan Pablos Editor.

**Necco**, C. (2012). *Impactos potenciales del cambio climático en la seguridad regional en América Latina*, México: F.E.S.

**Neri**, C. y Briones, F. (2012). Cada quien su sequía. Caracterización de la vulnerabilidad en Sonora, México. En F. Briones (Coord.), *Perspectivas de investigación y acción frente al cambio climático en Latinoamérica* (pp.119-150). Mérida, Venezuela: Número Especial de Desastres y Sociedad.

**Oliver**-Smith, A. (2009) (Ed.). *Development and Dispossession. The Crisis of Forced Displacement and Resettlement, Santa Fe*, NM: School for Adv. Research Press.

**Oliver**-Smith, A. (2011). Sea level rise, local vulnerability and involuntary migration. In É. Piguet, A. Pécoud, P. Guchteneire (Eds.) *Migration and Climate Change*, (pp.160-185). Cambridge: UNESCO & Cambridge University Press.





**ONU-HABITAT**. (2011). *Bases para la Gobernanza Hídrica en Condiciones de Cambio Climático; Experiencia en Ciudades del Sureste de México. México*, D.F.: ONU-Habitat, en colaboración con los Gobiernos de Chiapas y Veracruz.

**Orti**, M. A. y Méndez, A.P. (2000). Repercusiones por ascenso del nivel del mar en el litoral del Golfo de México. En C. Gay (Coord.), *México. Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, UNAM y US Country Studies Program.

**Ortíz**, E. B., Velasco, C. (Coords.) (2012). *La percepción social del cambio climático*. Puebla, México: Universidad Iberoamericana y SEMARNAT.

**Ortíz**, E. B. Velasco, C. (2012a). Educación ambiental y cambio climático: la construcción del poder social. En B. Ortíz-Espejel, C. Velasco (Coords.), *La percepción social del cambio climático* (pp.217-227). Puebla, México: UIA.

**Ortíz**, E.B., Toledo, V. M. (2012). Etnoecología, cambio climático y sabiduría tradicional En B. Ortíz-Espejel, C. Velasco (Coords.), *La percepción social del cambio climático*, (pp.203-216). Puebla, México: UIA.

**Oswald**, S. Ú. (1991). *Estrategias de Supervivencia en la Ciudad de México*. Cuernavaca. UNAM-CRIM.

**Oswald**, S. Ú. (2009). Food as a New Human and Livelihood Security Challenge. In Brauch, et ál. (Eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts* (pp.473-502). Heidelberg: Springer Verlag.

**Oswald**, S. Ú. (2009a). A Huge Gender Security Approach: Towards Human, Gender, and Environmental Security. In H. G. Brauch, et ál. (Eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts* (pp.1165-1190). Heidelberg: Springer Verlag.

**Oswald**, S. Ú. (2010). Cambio Climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social. En G. C. Delgado, C. Gay, M. Imaz, y M. Martínez (Coords.), *México frente al Cambio Climático. Retos y Oportunidades* (pp.51-82). México: UNAM-CCA-CEIICH-PINCC-PUMA.

**Oswald**, S. Ú. (2011). Social Vulnerability, discrimination, and resilience-building in disaster risk reduction. In H. G. Brauch, et ál., *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks* (pp.1169-1188). Berlín: Springer Verlag.

**Oswald**, S. Ú. (2012). Climate-induced Migration as a Security Risk and an Additional Threat for Conflict in Mexico. In J. Scheffran, M. Brzoska, H. G. Brauch, P. M. Link & J. Schilling (Eds.), *Climate Change, Human Security and Violent Conflict: Challenges for Societal Stability* (pp.315-350). Berlín: Springer.

**Oswald**, S. Ú. (2012a). Cambio ambiental global, desastres y vulnerabilidad social. En J.L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo, 14*, 347-367. México: Juan Pablos Editor y Consejo Nacional de Universitarios.

**Oswald**, S. Ú. (2012b, dic-jul). Vulnerabilidad Social en Eventos Hidrometeorológicos Extremos: Una Comparación entre los huracanes Stan y Wilma en Octubre 2005 en La Península de Yucatán. *Revista SocioTam*, 22(2), 125-145.

**Oswald**, S. Ú. (2013). Dual Vulnerability among Female Households Heads. *Acta Colombiana de Psicología, 16*(2), 19-30. doi: 10.41718/ACP.2013.16.2.2.

**Oswald**, S. Ú. (2013a). Climate change and its impacts on water and health. In Grover (Ed.), *Impact of climate change on water and health* (pp.323-353). Boca Raton: CRC.

**Oswald**, S. Ú. (2014). Historia de la seguridad humana y reconceptualización de la seguridad. En *Foro Seguridad Humana: Una Apuesta Imprescindible* (pp.67-105). México, D.F.: Comisión de Derechos Humanos del D.F. y UAM-Azcapozalco.

**Oswald**, S. Ú. (2014). Water security and national water law in Mexico. *Earth Perspectives*, 1(7), 1-15.

**Oswald**, S. Ú. (2014a). Agua y desarrollo local ante el cambio climático. En I. Ocampo y L. Villareal (Coords.), *Agua y desarrollo local ante el cambio climático*, (pp.259-279). Puebla, México: Colegio de Posgraduados.

**Oswald**, S. Ú. (2014b). Managing Water Resources in Mexico. In Shrestha, et ál. (Eds.), Managing Water Resources under Climate Uncertainty. *Series Cham*, 377-404.

**Oswald**, S. Ú. (2014c). Manifestaciones en la pérdida del bienestar. En: R. Pérez, C. Toto,
Ibañez, H. (Eds.) *Agua, Alimentación y Bienestar: la Huella Hídrica como Enfoque Complementario de la Gestión Integral del Agua en México* (pp. 69-88). México, D.F.: UAM-X.

Oswald, S. Ú. (2014d). Social and Environmental Vulnerability in a River Basin of Mexico. In S. Ú. Oswald, et ál. (Ed.) Expanding Peace Ecology, 85-108.

**Oswald**, S. Ú. (2015). Sustainability Transition in a Vulnerable River Basin in Mexico In Brauch, et ál. (Eds.), *Handbook on Sustainability Transition.* [en prensa].

**Oswald**, S. Ú.y Brauch, H. G. (Coords.) (2009). *Reconceptualizar la seguridad en el Siglo XXI*. Cuernavaca, México: Senado de la República y UNAM-CRIM.

**Oswald**, S. Ú. y Hernández, R. L. (2005). *El valor del agua: Una visión socioeconómica de un conflicto ambiental*. Tlaxcala. México: Coltlax y CONACyT.

**Oswald**, S. Ú., Moreno, A. R. y Tena, O. (2014). *Cambio Climático, Salud y Género*. En M. Ímaz, et ál. (Coords.) (2014). Cambio climático, miradas de género (pp. 85-136). México: UNAM- Programa Universitario de Medio Ambiente, Programa de Investigación en Cambio Climático, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias; PNUD.

**Oswald**, S. Ú., Serrano, O. S., Flores, P. F., Ríos, E. M., Brauch, H. G., Ruiz, P.T. (…) Cruz, R. M. (2014). *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales*. Cuernavaca, México: UNAM-CRIM-DGAPA.

**Oswald**, S. Ú. (2011). Reconceptualizar la Seguridad ante los Riesgos del Cambio Climático y la Vulnerabilidad Social. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.) *Las Dimensiones Sociales del Cambio Climático: Un Panorama desde México. ¿Cambio Social o Crisis Ambiental?* (pp.23-47). México, D.F.: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, Dos Mil Once, UNAM-ENTS.

**Oswald**, S. Ú. (2011a). *Water Security, Conflicts and Hydrodiplomacy. In Oswald (Ed.). Water Resources in Mexico. Scarcity, Degradation, Stress, Conflicts, Management, and Policy*. Berlín: Springer Verlag, 315-350.

**Oswald**, S. Ú. (2013). Seguridad de Género. En F. F. Palacios (Coord.), *Representaciones Sociales* (pp. 225-256). México, D.F.: UNAM-CRIM.

**Paré**, Luisa (2012). Una nueva cultura del agua: la cogestión de cuenca. En M. Perevochtchikova (Coord.), Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social (pp.157-176). México, D.F.: UNAM, M.A. Porrúa.

**Perevochtchikova**, M. (Coord.) (2012). *Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social*, México, D.F.: UNAM, M.A. Porrúa.

**Pérez**, E. J., Batista, S. C. (2006). Políticas de vivienda en el estado de Veracruz y las tormentas tropicales en 2005. Xalapa, México: Universidad Veracruzana.

**Pérez**, R., Toto, C., Dávila, R. e Ibañez, H. (Coords.) (2014). *Agua, Alimentación y Bienestar: Huella Hídrica, Gestión Integral del Agua en México.* México, D.F.: UAM-X.

**Phumpiu**, C.P. (2014). Estrés hídrico y presiones en la disponibilidad del agua. En R. Pérez, C. Toto, R. Dávila y H. Ibañez (Coords.) (2014). *Agua, Alimentación y Bienestar: la Huella Hídrica como Enfoque Complementario de la Gestión Integral del Agua en México* (pp.143-158). México, D.F.: UAM-X

**Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo** [PNUD]. (1994). *Informe sobre el desarrollo humano. Nuevas Dimensiones de la Seguridad Humana*. Nueva York: Autor.

**PNUD** (2014). *Índice de Desarrollo Humano Municipal: nueva metodología*. México: Autor.

**Ponce**, C. Y., Cantú, M. P., Puente, Q. J. (2013, sept–dic). La Gestión Ambiental del Cambio Climático, *CULCyT, 10* (51), 14-41.

**Provencio**, E. (2012). Reformas para la transformación de las políticas de sustentabilidad ambiental. En J. L. Calva (Coord.), *Cambio Climático y Políticas de Desarrollo Sustentable: Análisis Estratégico para el Desarrollo* (14, pp.17-54). México: Juan Pablos Editor y Consejo Nacional de Universitarios.

**Rángel**, M. M., Monreal, S. R. y Watts, C. (2011). Los acuíferos costeros de Sonora, México. Un reto de análisis hidrogeológico para mantener su equilibrio sustentable. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.165-178). Cuernavaca: UNAM-CRIM-RETAC.

**Reyes**, G. V., López, P. J., Hernández, L., Grajales, K., Núñez, L. D. (2009). Impacto biológico de la sequía de Puebla, Pue: Caso del sitio LTER Mapimí, Durango. En J. L. González e I. Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social*, (pp.87-108). Torreón: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**Reyes**, R. J., Castro, R. E. y Larrosa, J. (2012). El abordaje del cambio climático en la prensa nacional. La contribución mediática a la construcción de una cultura ambiental. En Ortíz y Velasco (Coords.), *La percepción social del cambio climático* (pp.163-186). Puebla, México: UIA-Puebla, SEMARNAT.

**Reyna**, T. (2008). Sequía interestival en México. Mayor distribución espacial y menor intensidad, *Edicáo Especial da Revista Geografía*, 12(1), 206-216.

**Riojas**, R. H., Hurtado, D. M., Moreno, B. G., Brito, H. A., Castañeda, A., Chuc, S., (…) Texcalac, J. L. (2011). *La investigación sobre cambio climático y salud pública en México, situación actual y perspectivas futuras*, Cuernavaca, México: INSP.

**Ríos**, E. M. (2014). Educación socioambiental y transición hacia una sustentabilidad regional y social. En Ú. Oswald S. Serrano, F. Flores, M. Ríos, H. G. Brauch, T. Ruiz, (…) M. Cruz *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.389-418). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM-DGAPA.

**Robles**, B., H., Ruiz, G. A. (2012). *Presupuestos para la agricultura familiar y campesina en México*, México, D.F.: OXFAM/CRECE.

**Rocha da Camargo**, Yara (2012). Biodiversidad y cambios climáticos según el conocimiento científico y tradicional. En B. Ortíz-Espejel y C. Velasco Samperio (Coords.), **La percepción social del cambio climático** (pp.39-56). Puebla, México: UIA y SEMARNAT.

**Rodiere**, G. & Kindhauser, M. K. (2009). Global Health Security: The WHO Response to Outbreaks Past and Future. En H. G. Brauch, et ál. (Eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts* (pp. 529-541). Heidelberg: Springer Verlag.





**Rodríguez**, V. D. (2011). Adaptación y prevención de desastres en el contexto nacional. En Lucatello y Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp.112-160). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Salas**, S. M. (2012). Análisis de riesgo y vulnerabilidad en el Cenapred. En Perevochtchikova, M. (Coord.). *Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social* (pp.323-334). México, D.F.: UNAM, M.A. Porrúa.

**Salazar**, H., Perevochtchikova, M., Martín, A. (2014). Cambio climático, agua y género. En: G. C. Delgado, C. Gay, M. Imaz, M. Martínez (Coords.). *México frente al Cambio Climático. Retos y Oportunidades* (pp.151-186). México: UNAM-CCA-CEIICH-PINCC-PUMA.

**Saldaña**, Z. S. (2007). Socioeconomic vulnerability to natural disasters in México: rural poor, trade and public response, México, D. F. *CEPAL*, 92.

**Sánchez**, C. I., et ál. (2008a). Variabilidad climática: algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos. *Ing. Hidráulica en México* 13(4), pp. 5-24.

**Sánchez**, C. I., et ál. (2008b). Incertidumbre climática y toma de decisiones. Consideraciones de riesgo y vulnerabilidad social. Gómez Palacios, México: *INIFAP*, 25.

**Sánchez**, C. I., González, B. J., Díaz, P. Gabriel, Velásquez, V. M. (2009). Cambio climático e incertidumbre: impacto en las variables hidrológicas de las cuencas. En B. J. González e I. Sánchez (Coords.), *Manejo comparado de cuencas hidrológicas. Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social* (pp.23-42). Torreón, México: SMCS, CONACyT e INIFAP.

**Sánchez**, C. I., Díaz, P. G., Cavazos, P. M., Granados, R. G., Gómez, R E. (2011). *Elementos para entender el cambio climático y sus impactos*. México, D.F.: M.A. Porrúa y Cámara de Diputados.

**Sánchez**, C., I., Oswald, S.Ú., Díaz, P.G., y González B. J. (2011). Manejo integral del agua en cuencas hidrológicas. Multidisciplina y multiinstitucionalidad como paradigmas de acción. En Oswald (coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp. 35-44). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC, CONACyT.

**Sánchez**, C., I., Oswald, S.Ú., Díaz, P.G., Cerano, P. J., Inzunza, I. M., (…) J. Villanueva (2012). Forced migration, climate change, mitigation and adaptive policies in Mexico. Some functional relationships. *Intern. Migration*. ISSN 0020-7985.

**Sánchez**, C. M. & Lazos, C. E. (2011). Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agricultura in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Climate Change, 107*, pp. 363-369.

**Sanjurjo**, E. y Welsh, S. (2005). Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta Ecológica*, 74.

**Schmidt**-Verkerk, K. (2010). Buscando la vida: –How Do Perceptions of Increasingly Dry Weather Affect Migratory Behaviour in Zacatecas, Mexico? En T. Affifi, et ál. (Eds.), *Environmental Forced Migration and Social Vulnerability* (pp.99-116). Berlin: Springer.

**Schmidt**-Verkerk, K. (2010a). Una evaluación integrada para analizar el nexo entre cambio climático y migración: el caso de México. En *Escenarios demográficos y política de población en el siglo XXI*, El Colegio de México, 3-6 de noviembre, 2010.

**Scott**, J. (2010). Subsidios agrícolas en México. ¿Quién gana, y cuánto? En J. Fox y L. Haight (Coords.), Subsidios para la desigualdad. Las políticas públicas del maíz en México a partir de libre comercio. Washington: Wodrow Wilson International Center for Scholars.

**Secretaría de Economía** [SE], (2014). Banco de datos de la Secretaría de Economía. Disponible en: www.economia.gob.mx.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** [SEMARNAT]. (2009). *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. México, D.F.: Autor.

**SEMARNAT** (2009a). *Consecuencias sociales del cambio climático en México. Análisis y propuestas*, México D.F.: Autor.

**Sen**, A. (1995). *Inequality reexamined*. Boston: Harvard University Press.

**Serrano**, O. & Serena, E., (2013). Migration, woodcarving and engendered identities in San Martín Tilcajete, Oaxaca. En T. Thanh-Dam; G. Des; Handmaker, J. Bergh (…) (Eds.). *Migration, Gender and Social Justice. Perspectives on Human Insecurity* (pp.173-192). Heidelberg: Springer.

**Serrano**, O. S., Brauch, H. G., Oswald S. Ú. (2014). Teorías sobre la migración. En Ú. Oswald, S. Serrano, F. Flores, M. Ríos, H. Brauch, T. Ruiz, (…) M. Cruz, *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales*. Cuernavaca, México: UNAM-CRIM-DGAPA.

**Serrano**, O. S. y Oswald S. (2014). Representaciones sociales en contextos de migración socioambientalmente inducida: el caso de Lorenzo Vázquez. En: Ú. Oswald, et ál, *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales* (pp.317-340.). Cuernavaca: UNAM-CRIM-DGAPA.

**Skoufias**, E. & Vinha, K. (2011). Climate Variability and Child Height in Rural Mexico. *Economics and Human Biology*.

**Skoufias**, E. & Vinha, K. (2013). The impacts of climate variabality on household welfare in rural Mexico. *Popul Environ, 34*, 370-399.

**Soares**, D. (2014). La vulnerabilidad frente a huracanes en la costa de Yucatán desde la perspectiva de los capitales comunitarios. En S. Ávila (Coord.), *Pobreza y sustentabilidad. Capitales en comunidades rurales*, (pp.135-158). México, D.F.: IIEc-UNAM, Ariel.

**Soto**, V. G. y Escobedo, S. J. (2011). La Distribución del Agua Superficial del Río Bravo entre México y Los Estados Unidos. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.455-466). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC y CONACyT.

**Stiglitz**, J., (2010). Free Fall. America Free Markets, and the Sinking of the World Economy. New York: *W.W. Norton*.

**Tapia**, S. F. (2011). Avances en geomática y tecnología geoespacial para la resolución de la problemática del agua en México. En Ú. Oswald (Coord.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp.193-206). Cuernavaca, México: UNAM-CRIM, RETAC y CONACyT.

**Torres**, B. B. y Vera, C. J. (2012). Indicadores de vulnerabilidad social. En M. Perevochtchikova (Coord.), *Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social*, (pp. 311-322). México: UNAM, M.A. Porrúa.

**Turrent**, F. A., Wise, T., Garvey, E. (2013). Achieving Mexico's maize potential. En Food sovereignty: a critical dialogue, International Conference, Yale University, pp. 14–15 septiembre 2013.

**Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación** [UNCCD, en inglés]. (2009). Conserving land and water = Securing our common future. Background note: <www.unccd.int>

**Urbano**, R. J. (2011). Migración y medioambiente: viejos fenómenos, nuevas tendencias del movimiento internacional de personas. En: S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México* (pp.234-260). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

**Urbina**, J. (2012). La percepción social del cambio climático en el ámbito urbano. En B. Ortíz-Espejel, C.Velasco (Coords.), *La percepción social del cambio climático*, Universidad Iberoamericana Puebla, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Puebla (pp. 21-38).

**Vega**, L. E. (2011). *Cambio Climático y Cohesión Social*. Barcelona. Programa URB-AL III.

**Velasco**, A., Maldonado, P., Torres, J., Santiago, L. (2012). Los Efectos del Cambio Climático en el Desarrollo Regional. *Revista Desarrollo Local Sostenible* [DELOS], 5(15), (pp. 1-15).

**Vía Campesina**. (1996). Food Sovereignty: A Future without Hunger. Rome: FAO.

**Villagrán** de León, J. C. (2006). Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review. Bonn: *Source 4*, UNU-EHS.

**Villers**, R. L. y Trejo, V. (2000). El cambio climático y la vegetación en México. En C. Gay (Coord.), *México. Una visión hacia el siglo XXI: El Cambio Climático en México*. INE, SEMARNAT, UNAM, US Country Studies Program.

**Wæver**, O. (2008). The Changing agenda of Societal Security. En H. G. Brauch, et ál. (Eds.), *Globalization and Environmental Chal¬len¬¬ges, Reconceptualizing Security in the 21st Century*, (pp.581-593). Berlin: Springer.

**World Health Assembly** [WHO]. (2008). *World Health Assembly 2008: climate change and health*, 24 de mayo, Ginebra.

**Wisner**, B., Fordham, M., Kelman, I., Johnston, B., Simon, D., Lavell, A., Günter, H. Oswald, U., Wilches, G., Moench, M., & Weiner, D. (2007). Cambio Climático y Seguridad Humana. Documento dirigido al Consejo de Seguridad, Nueva York.

**Wolfers**, A. (1962). National Security as an Ambiguous Symbol. En A. Wolfers, *Discord and Collaboration. Essays on Intern. Politics*. Baltimore: J. Hopkins UP.

**Zapata**, M. R. (2011). Cambio climático y desastres. En S. Lucatello, y D. Rodríguez (Coords.), *Las Dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* (pp. 93-111). México: Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora y UNAM-ENTS.

# Capítulo 10

## BIENES DE SUSTENTO Y POBREZA

**Autora líder:**
María del Pilar Longar Blanco[49]

**Autores colaboradores:**
Rolando V. Jiménez Domínguez[49], Miguel Ángel Vite Pérez[49, 55],
Víctor Hugo Bustamante García[48] y Miguel Ángel Corona Jiménez[4].

I[3]MA Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente, [4]Universidad Iberoamericana de Puebla, "Xabier Gorostiaga, S.J.", [48] IPN SEPI ESE Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Economía, [49]IPN CIECAS Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, [55]UA Universidad de Alicante, España.

**Palabras clave:** Cambio climático, población vulnerable, bienes de sustento, migración, pobreza.

## Resumen

Este capítulo informa sobre la relación existente entre los bienes de sustento y la población mexicana vulnerable que ha sufrido alteraciones derivadas del cambio climático. Sin embargo, esas alteraciones son resultado de las modificaciones introducidas por la política económica en sus condiciones materiales de vida que se han precarizado, lo que ha aumentado el número de personas vulnerables y en situación de riesgo ante las variaciones climáticas. Esto último ha producido no sólo muerte y destrucción material de las condiciones de vida de los más pobres; sino, desplazamientos o migración, lo cual demanda respuestas urgentes de parte de las autoridades locales y federal mexicana.





## Introducción

En los últimos 50 años la actividad antropogénica ha desbordado las capacidades de resiliencia del planeta, provocando perturbaciones en los equilibrios, uno de los más reconocidos es el del calentamiento global o cambio climático (CC), derivado de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI), producto de un modelo de crecimiento, basado en la producción de bienes y servicios, que no ha considerado los límites de la naturaleza. Bajo estas condiciones se está acelerando el cambio climático que puede impactar de manera negativa en las condiciones de vida de los pobres del planeta.

Existen diversos estudios de instituciones no gubernamentales (NIPCC, 2013, 2014) que presentan argumentos y resultados para sustentar la idea de que el CC es una consecuencia de los ciclos naturales del planeta y de la actividad solar, contra lo que los controles humanos en la actualidad pueden hacer muy poco. De hecho, se ha reportado que la tendencia al aumento de las temperaturas medias de la Tierra se dio hasta principios del siglo XXI, pero que en la última década se ha observado el efecto contrario, es decir, una tendencia a la baja de las temperaturas, al grado de que se prevé un nuevo ciclo de enfriamiento global (West y Nicola, 2010; Bast y Taylor, 2007; Friends of Science Society, 2014). Las evidencias son incuestionables respecto a que el clima actual de la Tierra está cambiando de una manera sin precedentes, al menos en los últimos 10,000 años. En un lapso relativamente corto, se han presentado a nivel mundial alteraciones sensibles en los regímenes climáticos como sequías, precipitaciones torrenciales, olas de calor, así como el aumento en la intensidad de ciclones tropicales. Mientras, los países en vías de desarrollo son los más afectados (FAO, 2014b; OMS, 2014).

"La dimensión total de la catástrofe es que a nivel mundial en dos décadas más de 530 mil personas han muerto como consecuencia directa de los más de 15 mil fenómenos atmosféricos extremos registrados" (ONU, 2014).

Por otro lado, el Fondo Monetario Internacional (FMI), ha expresado: "Estos acontecimientos demuestran la extrema vulnerabilidad de los países pobres, a pesar del hecho de que el valor monetario de los daños sea en los países ricos considerablemente mayor" (FMI, 2014).

En México, la pobreza, desde hace más de 33 años, ha aumentado por causas estructurales como la existencia de una política económica neoliberal impulsora de la apertura de la economía nacional al mercado internacional, junto con el debilitamiento de la capacidad regulativa del Estado tanto en el mercado nacional como en la creación de políticas sociales universales. Este contexto obliga a considerar que la relación entre bienes de sustento y la pobreza, que ha ampliado la desigualdad social, se puede caracterizar, desde un punto de vista general, como una relación precaria, es decir, una relación deteriorada por carencia o falta de los medios o recursos necesarios para algo y en consecuencia, con un vínculo débil entre los recursos naturales y las condiciones de vida de la población empobrecida. Sobre todo, que la mercantilización de la naturaleza no ha significado para sus pobladores grandes beneficios.

### 1. Pobreza y vulnerabilidad

El concepto de pobreza hace referencia a situaciones socioeconómicas de carencia o privación, que impiden la satisfacción de las necesidades humanas, construidas socialmente, sin embargo, también tienen un carácter universal porque están relacionadas con la supervivencia física y la autonomía personal, que se debe de alcanzar en cualquier organización social para cumplir tanto objetivos sociales como individuales (Doyal y Gough, 1994, pp. 33-35).

Sí los objetivos de supervivencia física y de autonomía social no se cumplen para algunos grupos sociales. Estos entrarían en una fase de vulnerabilidad social, caracterizada por bajos ingresos y por la ausencia de protecciones sociales, es decir, las llamadas condiciones de posibilidad para lograr la autonomía individual como serían las políticas sociales, garantizadas por la existencia de un sistema de bienestar estatal (Ochando, 2002, pp. 27-35).

La vulnerabilidad social da paso a la precariedad material de los individuos y se caracteriza por empleos informales y de baja productividad; además, de corta duración y que favorecen la reproducción de deficiencias graves para satisfacer las necesidades básicas de sobrevivencia y también para desarrollar sus capacidades que le permitan participar en el desarrollo socioeconómico de un país (Le Blanc, 2007, pp. 9-17).

En consecuencia, la importancia de la visión de la universalidad de las necesidades humanas radica en la introducción de un debate sobre la urgencia de definir una nueva redistribución de los recursos en un plano mundial y de la posibilidad, al mismo tiempo, de organizar los modos de satisfacción de las necesidades para superar las situaciones de pobreza, pero que eviten la explotación irracional de los recursos naturales con nuevas formas de producción y consumo (Doyal y Gough, 1994).

La vulnerabilidad social no solamente tiene como causa las insuficiencias mostradas en las condiciones materiales de sobrevivencia de algunos grupos; sino, en lo ambiental y esto está vinculado con la carencia de medios de parte de una población pobre para enfrentar los riesgos que amenazan su existencia (Castillo, 2015, p. 159).

Los riesgos se derivan de eventos naturales no planeados ni manipulados; pero que se manifiestan a través de las pérdidas humanas y materiales, es decir, son desastres con consecuencias sobre la manera en que se ha organizado el territorio para su ocupación, producción y consumo (Castillo, 2015).

La vulnerabilidad social tiene una dimensión socioeconómica y otra relacionada con las condiciones ambientales del territorio, donde se asientan los pobres, lo que se ha acompañado por la degradación espacial.

Desde un punto de vista general, el poblamiento masivo de los pobres es regular formal como irregular informal sobre suelos no aptos para la edificación de viviendas, caracterizados por su porosidad y su fácil hundimiento, localizados en orillas de ríos de aguas residuales, afectados por inundaciones frecuentes en época de lluvias (Castillo, 2015, pp. 165-169).

La precariedad social es parte del riesgo social, causado por la pobreza y la miseria, y por situaciones ambientales de degradación, que crean escenarios de riesgo y desastre ante eventos como las inundaciones o los terremotos.

## 2. Neoliberalismo y precariedad social

En México, en las tres últimas décadas, la pobreza ha aumentado como resultado de la existencia de una política económica neoliberal que afectó a la política social, basada en el gasto público y los subsidios, que buscaban aumentar la oferta de los servicios básicos para alcanzar el acceso universal (Moreno y Ros, 2014, p. 274).

Sin embargo, la política social, bajo las reformas económicas neoliberales, se reorientó a subsidiar a un segmento particular de la demanda de la población pobre, transformándose en entrega de transferencias condicionadas para aliviar algunas situaciones de pobreza (mejorar la nutrición y la salud) y aumentar sus potencialidades laborales, mediante la educación básica, en el largo plazo.

A pesar de lo ya mencionado, lo que sucedió a partir de 1984 fue la reproducción constante de la desigualdad en la distribución del ingreso individual porque aumentaron los salarios de la mano de obra calificada, como efecto de la apertura o liberalización económica, disminuyendo los ingresos de la mano de obra no calificada, empleada en la mayoría de las actividades económicas informales. Así como un crecimiento en las disparidades de los indicadores socioeconómicos (acceso a los servicios básicos, salud y escolaridad) entre áreas urbanas y rurales, junto con un incremento en las desigualdades regionales, caracterizado por un crecimiento económico más alto en los estados más ricos que en los más pobres (Moreno y Ros, 2014, pp. 280-282).

La pobreza mexicana se expresa como un aumento de la desigualdad social; mientras, que la vulnerabilidad y precariedad como una acumulación de necesidades sociales insatisfechas. Sobre todo, porque existe un lento crecimiento económico.





La vulnerabilidad y precariedad también es resultado de las reformas económicas neoliberales, que favorecieron una presencia mayor del capital privado en la agricultura y en las actividades de servicios y comerciales, impulsando la prosperidad de algunas regiones, pero empobreciendo a otras.

El resultado es una persistente desigualdad social, manifestada como pobreza, que afecta a 53.3 millones de personas, concentrando la riqueza (renta y capital), derivada del lento crecimiento, en los grupos socioeconómicos altos. Por tal motivo, el 10 % más rico de México concentra 64.4 % de toda la riqueza del país (Esquivel, 2015, p. 7).

Sin embargo, según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), entre 2013 y 2014, se sumaron 2 millones de personas más al número total de pobres (55.3 millones); mientras, que el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) mediante la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) de 2014 reveló el desplome de los ingresos del 90 % de los hogares mexicanos. En 2012, el promedio trimestral de los ingresos de los hogares era de $ 41,167 pesos, lo que disminuyó en 2014, durante el mismo periodo, a $ 39,719 pesos, es decir, en 3.5 % (Véase, www.coneval.gob.mx, www.inegi.gob.mx).

El aumento de 1´000,922 personas en situación de pobreza se distribuyó de la siguiente manera: en el subgrupo de pobreza moderada en 2012 había 41´821,000 personas, sin embargo, en 2014 subió a 43´ 899,000, un aumento casi de 2´078,000 personas. Mientras, en el de pobreza extrema en 2012 había 11´529,000 personas; pero en 2014 bajó a 11´442,000, en otras palabras, descendió en 87,000 personas.

En consecuencia, el aumento de la pobreza reproduce la vulnerabilidad y la precariedad social porque las situaciones de riesgo ambiental se multiplican, ante la acumulación de rezagos, que no pueden impedir sus efectos negativos como las inundaciones o los sismos.

## 3. Cambio Climático y Pobreza

La población total de México es 112´336,538 habitantes. En casi la mitad de los municipios del país, entre 70 % y 100 % de la población, se encuentra en situación de pobreza, particularmente en el sur y sureste. La vulnerabilidad social tiene como factor determinante en México la pobreza (CONEVAL, 2015). El informe de Política de Desarrollo Social, reporta que la mitad de la población en México vive en condición de pobreza (INEGI, 2010). El país es especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático y en décadas recientes se han presentado efectos relacionados con este fenómeno, como la disminución en disponibilidad de agua, inundaciones, sequías y enfermedades como dengue o infecciones diarreicas agudas. De acuerdo a las características geográficas y a las condiciones socioambientales, económicas y de salud, la problemática puede intensificarse. Según al informe anual de la Secretaria de Desarrollo Social [SEDESOL] (2015) sobre la situación de pobreza y el rezago social, se establece que una persona se encuentra en situación de pobreza cuando tiene al menos una carencia social (en los seis indicadores de: rezago educativo; acceso a servicios de salud; acceso a la seguridad social; calidad y espacios de la vivienda; servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias.

En este contexto, se conceptualiza la vulnerabilidad como el nivel en el que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (DOF, 2013).

En la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2013-2018 (DOF, 2013) se establecen como municipios de alto riesgo de desastre los que tienen alta vulnerabilidad y alto riesgo de ocurrencia de eventos climáticos. El reporte de resultados muestra que de los más de 2,440 municipios del país, existen 1,385 en dicha categoría y estos concentran 27 millones de habitantes. Entre ellos se encuentran 255 municipios que pertenecen a la Cruzada contra el Hambre y que concentran 10.4 millones de personas.

La evaluación de la vulnerabilidad y la implementación de medidas de adaptación deben realizarse a nivel local respondiendo a condiciones particulares. Este eje establece líneas de acción que favorece las condiciones de reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia de la población y de los sistemas que contribuyen a una mejor calidad de vida (Estrategia Nacional de Cambio Climático [ENCC] 2014-2018, publicado en el DOF, 2013) y que la adaptación debe realizarse tomando en cuenta las prioridades, necesidades, conocimiento y capacidad local que empodere a las personas para planear y hacer frente a los impactos del cambio climático.

Según Saavedra (2010) aproximadamente el 68 % de la población ha sido alguna vez afectada por desastres, cifra que coincide con las personas en situación de pobreza y pobreza extrema y refiere que estos grupos habitan en viviendas inestables, sin infraestructura con carencias diversas, falta de estabilidad y seguridad, precariedad laboral y en zonas de alto riesgo ante desastres climáticos, como laderas de montañas, barrancas o zonas susceptibles de inundación.

En lo que toca a las áreas urbanas la Estrategia Nacional de Cambio Climático (2013) reporta que es muy probable que durante las próximas décadas los espacios urbanos que se construyen hoy, operen en condiciones climáticas diferentes. Por ello, resulta importante incluir criterios de cambio climático en el diseño y construcción de viviendas, como de infraestructura hospitalaria; energética; de comunicaciones y transportes; turística; así como en todos los instrumentos de ordenamiento territorial; para contar con mayor resistencia de la infraestructura y zonas seguras para la población ante condiciones de clima distintas a las actuales.

Lo anterior, aunado al modelo neoliberal prevaleciente ha provocado un cambio en las relaciones económico-sociales, en las instituciones y en los valores, y ha dado como resultado la inseguridad por el desempleo o ingresos insuficientes en amplios estratos de la población provocado la marginalidad como fenómeno social más distintivo.

Bajo esta perspectiva, las condiciones o el entorno territorial se ha remodelado de acuerdo con las necesidades económicas y sociales de los individuos, lo que ha modificado la superficie de los suelos por el cambio periódico realizado en sus usos (por ejemplo, industrial y habitacional), que a su vez, han perturbado el paso natural del agua cuando se ha presentado una intensa lluvia, generando inundaciones y pérdidas de vidas. Sin embargo, también el aumento de la movilidad urbana a través del transporte ha favorecido a la modificación del entorno, sobre todo, para la construcción de infraestructura vial, contribuyendo también al aumento en la emisión de gases de invernadero (Sadourny, 2005).

Para los grupos sociales que carecen de medios para subsistir de acuerdo con los niveles de vida establecidos para distinguir entre pobres y no pobres, sus entornos se caracterizan, desde un punto de vista general, por un déficit de servicios públicos y por la ausencia o precariedad de los medios que sirven para proteger su patrimonio, salud, y vida de las manifestaciones extremas del clima, como los cambios en la intensidad de las lluvias y la sequía. Estas últimas son las dos amenazas climáticas que afectan de manera directa a los pobres.

La pobreza, como una situación de carencias materiales, muestra que cerca de 3 millones de mexicanos en 2012 no tenían el servicio de agua potable, más de 6 millones no contaban con el servicio de drenaje, además de que sus asentamientos, como parte de alguna ciudad, no brindaban tratamiento a sus aguas residuales (Céspedes, 2011).

Por otro lado, el agua puede dejar de ser un factor de desarrollo, no sólo por la demanda económica y el crecimiento poblacional en las ciudades mexicanas, sino porque las reservas de agua han ido disminuyendo en 6 kilómetros cúbicos por año. Entre 2000 y 2005, la disponibilidad de agua por habitante disminuyó de 4,841 m3/año a 4,573 m3/año; sin embargo, se estima que para el año 2030 la disponibilidad media del vital líquido sería de 3,805m3/año (Céspedes, 2011).

En consecuencia, la pobreza es una situación provocada por las políticas públicas, es decir, por la manera en que se distribuyen las ventajas creadas por el desarrollo económico, y en este caso, el cambio climático ha evidenciado que sus carencias (las que sufren los pobres), los han convertido en vulnerables ante eventos relacionados con el cambio en la intensidad de las lluvias o ante la expansión de la sequía.





El desarrollo regional mexicano ha sido tradicionalmente desigual porque la política económica ha apoyado a una estructura económica focalizada, cuya inversión ha sido sectorial y que ha ocurrido en las principales ciudades, sin considerar las distorsiones territoriales que ha creado y que motivaron el siguiente fenómeno: la expulsión de población de regiones pobres hacia las ciudades o hacia los Estados Unidos de América, (Delgadillo, Torres y Gasca, 2001) porque no hubieron factores de cambio, en otras palabras, falta de innovación tecnológica homogénea y rezago, creando una brecha tecnológica. Por ejemplo, en el campo mexicano (Longar , 2011) con estancamiento y desinversión pública y privada.

Pero en la actualidad, la economía mexicana está basada en el crecimiento del sector de servicios y comercio. Entre 1960 y 2003 la participación del sector servicios aumentó del 65.5 al 67.0 % (Garza, 2008), desplazando al sector industrial, tradicionalmente señalado como uno de los causantes de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que no debe de dejarse de lado, es que los servicios y el comercio dependen de una movilidad realizada a través del transporte que utiliza combustibles de origen fósil.

En otras palabras, también resulta favorecido el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero; por tal motivo, la autoridad mexicana en la ciudad capital, por ejemplo, y como parte de su política ambiental, ha intentado establecer alternativas que han buscado solucionar el problema de la movilidad urbana, enfocado como un problema de contaminación ambiental. Esto es otro ejemplo de acciones gubernamentales orientadas por la idea de la preservación ambiental y el desarrollo sustentable local y regional (Delgadillo et ál., 2001).

Por lo tanto, el gobierno mexicano ha tenido interés en enfrentar el cambio climático y los desastres que éste ha creado, a través del Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC), que ha sido más reactivo que preventivo, y que se basó en una Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007) y en el Programa Especial de Cambio Climático (2009), que como parte de la gestión pública intentaba mitigar los efectos negativos del cambio climático en el ámbito económico, social y político (Aragón, 2011).

## 4. Efectos del cambio climático en condiciones de pobreza

Con el cambio climático los fenómenos meteorológicos están siendo más pronunciados, provocando riesgo e incertidumbre, como en el caso de los huracanes, o sequías por escasez de precipitaciones, o inundaciones por abundancia de lluvias que derivan en desastres, que en contextos de desigualdad y de pobreza amplifican sus respectivas consecuencias sociales. Así lo presentan los estudios realizados por el Banco Mundial (World Bank, 2010), en donde se reporta la vulnerabilidad creciente en que viven millones de personas que habitan en zonas de riesgo, para muchas de las cuales la migración es una estrategia de sobrevivencia y adaptación frente al cambio climático.

Los desastres hidrometeorológicos han mostrado la vulnerabilidad de las poblaciones por sus condiciones socioeconómicas pobres, cuya causa es el sistema económico y político mexicano, lo que no niega que la diversidad ecológica y climática del país lo exponga a los peligros derivados del cambio climático.

Lo que se debe destacar es que las afectaciones a los grupos vulnerables (clasificados como pobres), junto con los ecosistemas y actividades productivas, representan costos elevados, medidos en muertes y en destrucción del entorno donde se vive y se desarrollan las actividades económicas locales y regionales (Aragón, 2011).

## 5. Pobreza y política de atención frente al cambio climático

Las medidas de gestión gubernamental que responden a los efectos del cambio climático, como por ejemplo, las inundaciones por lluvias torrenciales, se han orientado a la reactivación económica, la reconstrucción de infraestructura dañada, y a la recuperación de la dinámica de la vida cotidiana; sin embargo, persiste el riesgo que se deriva de la condición de vulnerabilidad de la población pobre, que los programas de gobierno o de reconstrucción esconden e ignoran, y en consecuencia, las pérdidas de vidas continuarán, lo que puede transformarse en un problema social con consecuencias políticas (Taibo, 2009).

Por eso resulta urgente reconocer la existencia de un vínculo entre las políticas de desarrollo, la pobreza, y la degradación ambiental, sobre todo, como medios de vida que deben de ser sostenibles, favoreciendo la productividad de los recursos naturales, sin poner en riesgo los medios de vida de los otros ni los propios, generando entornos saludables y con un impacto positivo en el ambiente y a nivel socioeconómico, que favorezca que los miembros de la comunidad mejoren de manera positiva su nivel de vida.

De acuerdo con las cifras del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en el 2012 había 61 millones de pobres por patrimonio, 23.1 millones de personas que sufrían la pobreza alimentaria. Estos datos indican que la pobreza también es un problema social, que en el territorio se expresa de manera diferenciada porque ha existido en el país un patrón de polarización en los asentamientos humanos caracterizado por la concentración-dispersión, reflejado en lo económico y social, acompañada de carencias de infraestructura no favorables a la integración territorial, con altos costos en conectividad de infraestructura carretera para las localidades pequeñas y aisladas, así como la baja accesibilidad a los servicios básicos y con procesos intensos de despoblamiento (Sánchez, Gay y Estrada, 2011).

El problema del cambio climático para las poblaciones pobres mexicanas radica en la existencia de asentamientos y actividades de sobrevivencia poco sustentables, lo que se agrava con la presencia de eventos hidrometeorológicos y con altas temperaturas que las han convertido en vulnerables permanentes.

## 6. Migración humana y cambio climático en México

De esta manera, un fenómeno como la migración provocado inicialmente por la desigualdad regional se complejiza por la concurrencia de factores de cambio climático. Ahora bien, en el caso de México, la literatura sobre el tema no es abundante, sí lo es al tratarse de variables ambientales, por lo tanto este es el primer acotamiento. El segundo, los estudios encontrados por su relativa escasez pueden ser clasificados en tres grupos, que no son excluyentes sino más bien complementarios, a saber: un primer grupo formado por los estudios que relacionan factores climáticos que afectan la producción de la tierra y que causan movimientos de población; un segundo grupo que se refiere a los estudios relacionados con la migración y la vulnerabilidad frente a los desastres amplificados por el cambio climático, que provocan desplazamientos forzados de población y el tercer grupo integrado por los estudios sobre migración y cambio climático en contextos de desarrollo regional.

Sobre el primer grupo se tiene que una de las primeras preocupaciones sobre las variaciones climáticas se relaciona con la producción de alimentos, derivada del rendimiento de la tierra y por lo tanto de sus condiciones de productividad, si ésta disminuye también bajarán los ingresos de los productores y con ello aumentará la motivación para migrar (Schwartz y Notini, 1994). El primer trabajo de migración con argumentos de cambio climático es el de Vásquez, West y Finan (2003), que presentan una evaluación de la vulnerabilidad climática en la agricultura y la ganadería, comparando los medios de vida rural en ambos lados de la frontera México-Estados Unidos, resaltando que en estos ambientes semiáridos, las diferencias en el acceso a recursos, ayuda del gobierno y la etnicidad, son fundamentales en el grado de vulnerabilidad y en la adopción de estrategias de adaptación. Otro estudio focalizado en casos del centro de México, Eakin (2005), realiza una evaluación de la vulnerabilidad rural en tres comunidades, con datos etnográficos se argumenta que la capacidad de los agricultores para la gestión de riesgos climáticos depende de su capacidad para negociar cambios en la política agrícola, por lo tanto demanda una intervención continua del gobierno para ayudar a las familias a adaptarse al estrés.

En la línea más cuantitativa se encuentra el trabajo sobre los vínculos entre el cambio climático y las cosechas; en la migración de México hacia los Estados Unidos (Feng, Krueger y Oppenheimer, 2010), con datos a nivel estatal se encontró un efecto significativo de los cambios climáticos a través de los rendimientos de los cultivos en la tasa de emigración hacia los Estados Unidos entre 1995 y 2005. En otro estudio sobre la variabilidad climática y su relación con la migración rural hacia los Estados Unidos (Hunter, Murray y Riosmena, 2011), se encontró que las comunidades sujetas a condiciones de sequía y con tradición migratoria, son más propensas a que su población emigre, debido a que interactuando con factores estructurales que limitan la disponibilidad de capital, vuelven la migración la mejor estrategia de adaptación. Complementando lo anterior, el trabajo de Ruiz (2012),





remarca que a la pobreza se agregan las manifestaciones del cambio climático que afectan al sector agrícola y a la soberanía alimentaria, limitando el empleo y los mercados de trabajo rural en Chiapas y en el resto de la frontera Sur de México, lo que ha incrementado significativamente los flujos migratorios y su complejidad.

En el segundo grupo se encuentran los estudios de la migración y los desastres relacionados con el cambio climático. El primero de ellos afirma que en los últimos 25 años los desastres relacionados con el clima han representado el 80 % de las pérdidas económicas en el sector agrícola, catalizando la emigración en las regiones más vulnerables de México, esto lo fundamentaron mediante un modelo espacial, que complementaron con el análisis de la capacidad para enfrentar y adaptarse al cambio climático (Saldaña y Sandberg, 2009). En el trabajo de Graizbord, González y González (2010), se advierte que las regiones más vulnerables experimentarán migración, por lo que se requiere de informar para que la sociedad y el gobierno con acciones conjuntas disminuyan la vulnerabilidad y se adapten a los cambios. Complementando estos estudios, otros trabajos focalizados en Zacatecas y Veracruz, Schmidt-Verkerk (2011), estudió la potencial influencia del cambio climático en el comportamiento migratorio en y desde México, considerando eventos de sequía y huracanes, tratando de explicar las causales y los respectivos procesos de vulnerabilidad. En otro estudio de cuatro comunidades pobres del centro y sur de México, se afirma que el cambio ambiental global ha agudizado la migración al deteriorar las cosechas, pero también ha inducido procesos de adaptación productiva (nopal) para mejorar el ingreso. Se menciona que este proceso ha aumentado las obligaciones de las mujeres, ya que además de cuidar a la familia y realizar la actividad del hogar, se agrega la actividad productiva (Estrada y Oswald, 2012).

En el tercer grupo se encuentran los estudios de la migración y el cambio climático en contextos de desarrollo regional. El primer trabajo refiere al impacto de la degradación ambiental y el cambio climático en los flujos de migración interna e internacional en dos regiones del sureste del estado de Chiapas, Sierra y Soconusco, y en dos municipalidades del estado de Tlaxcala: Benito Juárez y Hueyotlipan, los resultados del trabajo de campo explican que la baja del rendimiento de las cosechas tanto en las tierras altas (por crisis en la producción y caída en el precio), como en las zonas semiáridas (degradación del suelo y desertificación) han sido factores importantes en la emigración (Faist y Alscher, 2009). Otro estudio sobre Chiapas es el de Jungehülsing (2010), que muestra importantes diferencias por género en cuanto a vulnerabilidades e impactos del cambio climático, así como en las estrategias de migración de mujeres y hombres. Para la mayoría de los hombres se explica por la pérdida de cosechas o del terreno, en tanto que en la mayoría de las mujeres por los impactos indirectos en la economía del hogar en general. Otro trabajo interesante es el de (Albo y Ordaz Díaz, 2011), en el cual, mediante el uso de estadísticas y diversos estudios señalan qué regiones del país podrían presentar mayores movimientos migratorios como respuesta al cambio climático. En consonancia con el anterior, el siguiente artículo presenta los efectos del cambio climático en el desarrollo regional, que se manifiestan en la reducción de los niveles de desarrollo y bienestar, en el deterioro temporal o permanente del desarrollo logrado y en el incremento de las desigualdades y desequilibrios regionales. Analizando el caso de México 2000-2010 concluye que todas sus regiones resienten ya los efectos del cambio climático, por lo que las políticas públicas tradicionales serán insuficientes si no se consideran los desajustes ambientales ocasionados por el cambio climático de sus regiones naturales.

En la complejidad que implica el desarrollo regional bajo condiciones de cambio climático, en el siguiente trabajo se analizan algunas relaciones funcionales entre procesos de migración, cambio climático y políticas de mitigación y de adaptación en México, destacando los vínculos entre el origen de los migrantes, su actividad económica y su vulnerabilidad a eventos extremos, en contextos de diversos patrones climáticos a largo plazo (Cohen et al., 2012). En el trabajo de Deheza y Mora (2013), se presentó evidencia sobre el impacto profundo del cambio climático en México y Centroamérica, en el trabajo se reconoce que si bien el cambio climático no necesariamente es una causa directa de la migración, y de que esta es principalmente interna y probablemente no sea permanente, sí tiene implicaciones en el desplazamiento de las personas, y para la seguridad y la estabilidad de las regiones, agravando los retos actuales sobre el gobierno y la capacidad institucional para dar respuestas de recuperación ante desastres. Finalmente, en el trabajo de Oswald y Serrano, (2014) se propone un modelo de análisis de la migración inducida ambientalmente, integrando elementos económicos, sociales, políticos y ambientales, a partir de cinco estadios comenzando por la interacción entre el sistema natural y el humano, que generan presión y producen efectos de deterioro ambiental que se agravan por el crecimiento de la población y procesos productivos poco sustentables. Enseguida los impactos relacionados con los eventos naturales y los desastres producidos por el hombre, que implican consecuencias sociales, que afectan las condiciones de vida

de las familias y las comunidades obligándolas a encontrar procesos de adaptación como la migración, con altos costos económicos y sociales si deciden ir hacia a los Estados Unidos de América. Las respuestas políticas y sociales, estadio, corresponderían a los gobiernos de los 2 países y responderían a mejorar las condiciones que motivaron la emigración, incorporando procesos de resiliencia para enfrentar los retos socioambientales cambiantes. En el modelo se hace hincapié en el efecto de las actividades antropogénicas y en la presión que ejerce el cambio climático para la migración inducida ambientalmente.

El desplazamiento de población puede ser provocado por los desastres naturales originados por sismos, lluvias torrenciales, sequías, heladas, ya mencionado, y se estima, en consecuencia, que una parte de los desplazamientos poblacionales son creados por la organización socioeconómica y por las políticas públicas; sin embargo, otros están vinculados más con la ocupación y uso del territorio (Villers y López, 2008).

El uso del territorio o del suelo modifica su cubierta vegetal para convertirlo, por ejemplo, en terreno agrícola, zonas ganaderas, pecuarias o en asentamientos urbanos.

Entonces, la degradación de los suelos es consecuencia de las actividades humanas que han alterado los ecosistemas naturales, cuya manifestación es la siguiente: tolvaneras y dunas, la erosión hídrica y la pérdida, al mismo tiempo, de la capa superficial del suelo, alterando su composición química (presencia de sodio y magnesio en el subsuelo), favoreciendo las inundaciones (Villers y López, 2008).

Por tal motivo, las planicies costeras del litoral de México (que abarca a Chiapas, Yucatán, Sinaloa y Nayarit) su suelo han disminuido su fertilidad por pérdida de nutrientes, sobre todo, por la presencia de sustancias nocivas provenientes de tiraderos de basura, residuos industriales, depósitos de ácidos. En las zonas áridas el principal problema es la acumulación de sales (Villers y López, 2008).

En consecuencia, la primer causa de la degradación del suelo es química, la segunda causa es por la erosión hídrica, y después por la erosión eólica (Villers y López, 2008).

Como se puede observar los cambios en el uso del suelo derivados de las actividades humanas y por su transformación en asentamientos urbanos ha alterado el clima, lo que ha obligado en algunos casos a las autoridades a crear obras de infraestructura que favorezcan por ejemplo un crecimiento urbano compacto, junto con la multiplicación de áreas verdes (Cárdenas, Chávez y Ontiveros, 2014).

Lo anterior, se puede considerar como una manera de evitar el despoblamiento de las zonas urbanas del país; pero el desplazamiento de población en realidad responde más a una apropiación del territorio para la realización de negocios privados (Wong, 2010), por un lado, y por el otro, para la conservación gubernamental de áreas naturales protegidas o en ocasiones para retener población cuando se le hace copartícipe en los Programas de Desarrollo Regional Sustentable (PRODERS), donde existen propuestas de uso del suelo comunitario (Villers y López, 2008).

## Conclusiones

La dimensión de género implica roles y modalidades diferentes por la existencia de un acceso desigual en la apropiación de los recursos productivos, lo que conlleva también a una diferente responsabilidad social y a una diferente forma de participación social. Sin embargo, todos y todas participan y son responsables de las presiones que se ejercen sobre el medio ambiente local y global. Por consiguiente, la problemática género-medio ambiente no puede restringirse sólo al ámbito local. Es decir, el reconocimiento de este hecho implica una reorientación del proceso de planificación estatal, no basta ya con mejorar la capacidad de gestión ambiental de las mujeres pobres. Hay que planificar mediante la inclusión de la responsabilidad social de todos los actores sociales.





Por tal motivo, se requiere de una planificación que respete y aproveche la especificidad del conocimiento y la experiencia de cada quien, desde un punto de vista sistémico y multidimensional. Abarcando el desarrollo sostenible, económico, ecológico, político, social, demográfico y cultural. Aplicando políticas globales, nacionales y sectoriales.

Todas estas reflexiones llevan a plantearse el por qué es importante introducir la dimensión de género tanto en el debate como en la práctica ambiental y de los actores sociales. Situados en distintos tramos de un sistema mundial y social, altamente jerarquizado y con alta marginalización pero organizado en función de consideraciones de género. Esto hace imposible hablar de actores sociales porque para hacerlo debe de basarse en uno de los principios organizadores centrales de la sociedad, como lo es el de género.

Son estos actores sociales, mujeres y hombres, los que interactúan con un medio ambiente tanto natural como construido. Sin embargo, no lo hacen contando con los mismos recursos ni desde el ámbito de los mismos roles sociales. Esta diferencia en el acceso, apropiación y utilización de los recursos genera, por una parte, una experiencia y un conocimiento distinto con respecto a los mismos. Sin embargo, determina una diferente forma de responsabilidad social en la gestión ambiental. Ya que en los procesos productivos que afectan el medio ambiente global, no son los que deciden, tampoco en las escalas de producción, tecnología empleada, ni de la investigación científico-tecnológica.

En cuanto a la migración humana se puede afirmar: primero, que los estudios reportados coinciden en que el cambio climático no es una causa directa de la migración pero sí la amplifica en consonancia con factores estructurales; segundo, mientras varíen las condiciones ambientales, afectando negativamente las condiciones de vida de las comunidades, estas buscarán alternativas para adaptarse a los cambios en el lugar de origen, pero si eso es muy costoso la siguiente mejor alternativa sería la migración; tercero, la migración es vista como una de las consecuencias más preocupantes del cambio climático por los resultados potenciales que puede derivar en términos de conflicto social, tanto en los lugares de origen como de destino; y cuarto, la mayoría de los estudios reportados abordan la relación migración humana-cambio climático desde una perspectiva de interdisciplinariedad, que enriquece su contenido y permite visualizar una mayor perspectiva para plantear estudios más profundos y focalizados, que orienten hacia la propuesta de políticas de desarrollo regional sustentable con un enfoque integral y de participación ciudadana.

## Propuestas

**La política contra el cambio climático debe:**

1. Crear un programa regional sobre el uso del entorno natural, construido a nivel local, y ponerlo en práctica para descartar el uso de combustibles causantes del cambio climático.
2. Generar una igualdad de oportunidades regionales que sirva para potenciar el desarrollo de las diferentes regiones y poder atender la vulnerabilidad de sus poblaciones pobres.
3. Apoyar la creación de entornos innovadores y difusión del conocimiento para una mejor organización social y que sirva para captar las iniciativas desde abajo que inciden sobre el uso del entorno natural y construido.
4. Acrecentar la equidad de género para evitar la ampliación de la brecha entre hombres y mujeres en lo relacionado a la apropiación de las ventajas derivadas del entorno natural y construido.
5. Mejorar la cohesión territorial, es decir, impedir la destrucción de la solidaridad colectiva para que su territorio sea sustentable pero a través de la mejora de los instrumentos usados para mejorar sus condiciones de vida.
6. Potenciar el desarrollo endógeno o las capacidades locales para aprovechar las ventajas derivadas de la globalización económica.
7. Promover programas específicos para que en el plano regional se aprovechen las ventajas competitivas de los diversos territorios transformados en beneficios para todos sus residentes.
8. Crear mecanismos de participación amplia de agentes del desarrollo regional (la cooperación socio-institucional).
9. Ordenar el territorio nacional mediante un desarrollo regional sustentable que disminuye los riesgos derivados de la situación de vulnerabilidad social.

10. Ordenar los asentamientos humanos de los vulnerables mejorando sus servicios públicos.
11. Garantizar el aprovechamiento de los recursos naturales pero mediante una regulación ecológica derivada del orden legal ecológico existente.
12. Convertirse en el vínculo principal entre el desarrollo regional para que tenga una mayor contribución a la política nacional.





## Referencias


**Albo**, A. y Ordaz Díaz, J. L. (2011). Migración y Cambio Climático. El caso mexicano, 15.

**Aragón**, F. (2011). Adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres en México, en Boris Graizbord, Bast, J. L. & Taylor, J. M. (2007). Scientific Consensus on Global Warming (Results of an international survey of climate scientists). Chicago, Ill.: The Heartland Institute, Second Edition (Revised).

**Cárdenas**, F., Chávez, M. y Ontiveros, L. (2014). Suelo urbano: formas alentadoras del cambio climático. Ciudades, No. 101, enero-abril, RNIU, Puebla, pp. 2-8.

**Castillo**, O. (2015). Construcción y percepción social del riesgo de desastre por inundación en Ecatepec de Morelos, Ramos Alejandre, G., Pineda Muñoz, J. y Hernández Romero, Y. (Coors.). Actores sociopolíticos del desarrollo urbano. El caso del valle de México. México: UAEM/Editorial Fontamara.

**Céspedes**, J. J. (2011). *Pobreza y escasez de agua en el México del siglo XXI*. México: Novum.

**Cohen**, I., Oswald, U., Padilla, G., Paredes, J. C., Inzunza Ibarra, M., López, R. L. & Díaz, J. V. (2012). Forced migration, climate change, mitigation and adaptive policies in México: Some functional relationships. International Migration,. doi:10.1111/j.1468-2435.2012.00743.x

**Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública de Desarrollo Social [CONEVAL]**. (2012). *Pobreza y Género en México: Hacia un Sistema de Indicadores 2008-2012*. México. 33p. Recuperado el 04 de agosto de 2015 www.coneval.gob.mx

**CONEVAL**. (2014). Evaluación de la Política Pública de Desarrollo Social. Consultado 10 de julio de 2015. www.coneval.gob.mx

**Deheza**, E. y Mora, J. (2013). Cambio climático, migración y seguridad. Política de buenas prácticas y opciones operacionales para México (Vol. Informe Wh). London, UK.

**Delgadillo**, J., Torres F. y Gasca J. (2001). El desarrollo regional de México en el vértice de dos milenios. México: IIE/UNAM/Miguel Ángel Porrúa.

**Diario Oficial de la Federación** [DOF]. (2013). "Estrategia Nacional de Cambio Climático 2013-2018". Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 29 de mayo de 2013. Recuperado en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5301093

**DOF**. (2013). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 20 de mayo de 2013.Recuperado en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=30/04/2014

**DOF**. (2014). "Programa Nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía". Secretaría de Energía del Gobierno Federal. Publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 28 de abril de 2014.

**Domínguez**, J. (2014). Desplazamiento forzado por proyectos de desarrollo: retos para la cooperación internacional en América Latina, México: Instituto Mora/CONACYT/Universidad Iberoamericana Ciudad de México.

**Doyal**, L. y Gough I. (1994). Teoría de las necesidades humanas. Barcelona: FUHEM/Comunidad de Madrid Consejería de Salud/Icaria.

**Eakin**, H. (2005). Institutional change, climate risk, and rural vulnerability: Cases from Central Mexico. World.

**Esquivel**, G. (2015). Desigualdad extrema en México. Concentración del poder económico y político. México: OXFAM.

**Estrada**, A. y Oswald, Ú. (2012). Migración Ambiental, Vulnerabilidad y Género en México : el caso de campesinos migrantes en el estado de Morelos. Morelos: CRIM, UNAM.

**Faist**, T. & Alscher, S. (2009). Environmental Change and Forced Migration Scenarios. Mexico Case Study (pp. 1–32). Mexico D.F.

**Feng**, S., Krueger, A. B. & Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico-US cross-border migration. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107, 14257–14262. doi:10.1073/pnas.1002632107

**Friends of Science Society**. (2014). 97 % Consensus. No! Global Warming Math, Miths&and Social Proofs. Work Paper 2/3/2014, Calgary, Canada.

**Fondo Monetario Internacional** [FMI]. (2014). INFORME ANUAL 2014. DE LA ESTABILIZACIÓN A UN CRECIMIENTO SOSTENIDO. WASHINGTON, DC 20431 EE.UU. 88pp. www.imf.org/external/spanish/pub/fT

**Garza**, G. (coor, 2008). Macroeconomía del sector servicios en la Ciudad de México 1960-2003. México: El Colegio de México, A. C.

**Giddens**, A. (2010). Sociología. Madrid: Alianza Editorial.

**Graizbord**, B., González, R. y González, J. L. (2010). Migración y cambio climático. México Ante El Cambio Climático: Evidencias, Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación, 19–23.

**Hausmann**, R., Tyson, L. & Zahidi, S. (2011). The Global Gender Gap Report. Idso, C. (2007). A Science-Based Rebuttal to the Testimony of Al Gore before the US Senate. Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change.

**Hunter**, L. M., Murray, S. & Riosmena, F. (2011). Climatic Variability and U. S. Migration from Rural Mexico, (March), 49. Retrieved from http://www.colorado.edu/ibs/pubs/pop/pop2011-0003.pdf

**Idso**, Craig (2009) Spoke at the Heartland Institute's 2009 International Conference on Climate Change. His speech was titled "Carbon Dioxide, Global Warming and Coral Reefs: Prospects and the Future."
**Insitituto Nacional de Estadística, Geografia, e Informática** [INEGI]. (2014). Encuesta Nacional de Ingresos Gasto de los Hogares (ENIGH). Consultado 10 de julio de 2015, www.inegi.gob.mx.
**Jungehülsing**, J. (2010). Las que se van, las que se quedan : reacciones frente al cambio climático.
**Kliksberg**, B. (2014). Cada tres segundos muere en el mundo un niño por desnutrición y falta de agua potable. *Boletín de la UNAM-DGCS-253*. México: Ciudad Universitaria.
**Le Blanc**, G. (2007). Vidas ordinarias. Vidas precarias. Sobre la exclusión social, Buenos Aires: Nueva Visión.
**Longar**, B, MP. (Coor. 2011). Alternativas Tecnológicas para mitigar los impactos ambientales y efectos del calentamiento global. IPN-CIECAS. ISBN: 978-607-414-251-8. México. 135pp.
**Mercado**, A. y Few, R. (Coor.). Cambio climático, amenazas naturales y salud en México. México. El Colegio de México, A. C.
**Moreno**-Brid, J.C. y Ros, J. (2014). Desarrollo y Crecimiento en la Economía Mexicana. Una perspectiva histórica. México: Fondo de Cultura Económica.
**Nongovernmental International Panel on Climate Change** [NIPCC]. (2013). Climate Change Reconsidered II, Vol. 1 "Physical Sciences", Editado por el Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC), Chicago, Ill., USA.
**NIPCC** (2014). Climate Change Reconsidered II, Vol 3. "Human Welfare, Energy and Policies", Editado por el Nongovernmental International Panel on Climate Change (NIPCC), Chicago, Ill., USA.
**Ochando**, C. (2002). El Estado del bienestar. Barcelona: Ariel.
**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura** [FAO]. (2014a). *Perspectivas de la agricultura y el desarrollo en las Américas*. Una mirada hacia América Latina y el Caribe. Roma. 209pp.
**FAO**. (2014b). Conferencia Mundial sobre Cambio Climático. Organización Medioambiental Alemana Germanwatch. 1-12 dic. Lima, Perú.
Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2014). Cambio Climático y Salud. Nota descriptiva No. 266. Agosto, www.whoint/publications/es/
Ruiz Meza, L. E. (2012). Cambio Climático y Migraciones Laborales en la frontera Sur de México. (Spanish). Climate Change And Labor Migration In The Mexican Southern Border. (English), (35), 301–320. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=85717271&lang=es&site=ehost-live
**Saavedra**, F. (2010). Vulnerabilidad de la población frente a inundaciones e inestabilidad de laderas. En: H. Cotler (Coordinadora) Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y Priorización. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT- Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. México.
**Sadourny**, R. (2005). *¿Se ha vuelto loco el clima?* Madrid: Akal.
**Saldaña**-Zorrilla, S. O. & Sandberg, K. (2009). Impact of climate-related disasters on human migration in Mexico: a spatial model. Climatic Change, 96(1-2), 97–118. doi:10.1007/s10584-009-9577-3
**Sánchez**, A., Gay, C. y Estrada, F. (2011). Cambio Climático y Pobreza en el Distrito Federal. Investigación Económica, Vol. LXX, 278, Octubre-diciembre 2011, pp. 45-74.
**Schmidt**-Verkerk, K. (2011). Klimawandel und Migration: Ein konzeptioneller und methodologischer Ansatz am Beispiel Mexikos.
**Schmidt**-Verkerk, K. (2013a). In: Migration und Umwelt. Felgentreff C, Geiger M (Eds); IMIS Beiträger, 44 Universität Osnabrück: Institut für Migrationsforschung und Interkulturelle Studien (IMIS). Book Chapter | German Mark.
**Schmidt**-Verkerk, K. (2013b). Klimawandel und Migration: Ein konzeptioneller und methodologischer Ansatz am Beispiel Mexikos. In: Felgentreff C, Geiger M, eds. Migration und Umwelt. IMIS Beiträger. Vol 44. Universität Osnabrück: Institut für Migrationsforschung und Interkulturelle Studien (IMIS).
**Schwartz**, M. L. & Notini, J. (1994). Desertification and migration: Mexico and the United States (pp. 1–64). San Francisco, California. Retrieved from www.utexas.edu/lbj/uscir/respapers/dam-f94.pdf
**Secretaria de Desarrollo Social** [SEDESOL]. (2015). "Informe Anual sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social 2015" de las entidades federativas, municipios del país y demarcaciones territoriales del Distrito Federal. http://www.sedesol.gob.mx/en/SEDESOL/Informe_anual_sobre_la_situacion_de_pobreza_y_rezago_social.
**Secretaría de Energía** [SENER]. (2011). "Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía". Secretaría de Energía, México.
**Secretaría de Gobernación** [SEGOB]. (2012)."Ley General de Cambio Climático: México". Secretaría de Gobernación. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, junio de 2012.
**Taibo**, C. (2009). *En defensa del decrecimiento. Sobre capitalismo, crisis y barbarie*. Madrid: Catarata.





**Vásquez**-León, M., West, C. T. & Finan, T. J. (2003). A comparative assessment of climate vulnerability: agriculture and ranching on both sides of the US–Mexico border. Global Environmental Change, 13(3), 159–173. doi:10.1016/S0959-3780(03)00034-7
**Villers**, L. y López, J. (2008). "Consecuencias ambientales derivadas de la ocupación y el uso del territorio", en Javier Delgadillo Macías (Coord.). Política territorial en México. Hacia un modelo de desarrollo basado en el territorio, México: UNAM/Plaza y Valdés Editores.
**West**, B. J. & Nicola, F. (2019). *Disrupted Networks: From Physics to Climate Change*. Vol. 13 de Studies of Nonlinear Phenomena in Life Sci. Editor World Scientific, 316 pp. ISBN 981430431X, ISBN 9789814304313 (2010).
**Wong**, P. (2010). "El nuevo "problema regional", Ciudades, No. 87, julio-septiembre, RNIU, Puebla, México, pp. 2-9.
**World Bank**. (2010). Economics of Adaptation to Climate Change: Synthesis Report. The Worldbank, ¨pp. 1 – 136. Retrieved from http://documents.worldbank.org/curated/en/2010/01/16436675/economics-adaptation-climate-change-synthesis-report
**Zamora**, C. et al. (2011). Crisis Rural, Cambio Climático y Pobreza: Hacia la búsqueda de Alternativas para la definición de Políticas Públicas en México. 1ª. Edición. Oxfam-México.

# Capítulo 11

## SECTORES ECONÓMICOS CLAVE Y SERVICIOS

**Autores lideres:**

Gerardo Ángeles Castro[48], Ana Lilia Coria Páez[47], María Concepción Martínez Rodríguez[12].

**Autores colaboradores:**

Emma Frida Galicia Haro[47], Georgina Isunza Vizuet[49], Donny Víctor Ponce Marbán[50], Dolores Juárez Díaz[47], Alán Gerardo Jardón Medina[12], Martín Vera Martínez[20].

[12]IPN CIIEMAD Centro interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto Politécnico Nacional, [20]UABC Universidad Autónoma de Baja California, [47]IPN SEPI ESCA Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Comercio y Administración Unidad Santo Tomás, Instituto Politécnico Nacional, [48]IPN SEPI ESE Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, [49]IPN CIECAS Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, Instituto Politécnico Nacional, [50] Bajío Tecnología Industrial, S.A. de C.V.

**Palabras clave:** impactos económicos, servicios clave, pérdidas, Producto Interno Bruto, sector primario, eventos climáticos, riesgo, seguros.

## Resumen

Existen numerosos estudios cuyo propósito es analizar los impactos del cambio climático desde diferentes perspectivas (química, biológica, física, social, entre otros), uno de estos aspectos, que resulta de singular relevancia, es su efecto en el crecimiento económico, por ello el propósito de este capítulo es poder brindar información que sea de utilidad para el diseño de las políticas públicas que coadyuven a la reducción de los impactos económicos derivados del cambio climático, considerando los efectos transversales de este fenómeno en los diferentes sectores de la economía. El método utilizado considera un trabajo documental que revisa la literatura en temas relacionados con las implicaciones del cambio climático en sectores y servicios clave y en el desarrollo en México. El tipo de literatura que se consultó se basa principalmente en artículos de revistas internacionales, reportes de organismos gubernamentales o multilaterales y libros de editoriales internacionales. El capítulo se centra en aspectos económicos, ya que otros capítulos tratan sobre las implicaciones desde otras perspectivas. Dado que los distintos enfoques no están aislados y algunas referencias abordan más de uno de ellos, existen citas bibliográficas que se presentan en más de un capítulo.





## Introducción

En este documento se discuten los efectos del cambio climático en sectores clave de la economía en México en los siguientes apartados: Energía 1), servicios de agua y acuíferos 2), transporte 3), turismo y recreación 5), seguros y servicios financieros 6.) Las actividades económicas primarias y secundarias se analizan en el punto 4), que a su vez se subdividen en agricultura 4.1), minería 4.2), pesca 4.3) y construcción 4.4). Adicionalmente se analizan los impactos en mercados y desarrollo 7). En los sectores se abordan impactos observados, impactos proyectados y adaptación, conforme lo permita la literatura disponible.

Las pérdidas en el Producto Interno Bruto (PIB), a consecuencia de las variaciones en el clima han impactado al sector agrícola y en menor medida, al energético. El programa especial de cambio climático puede alcanzar el objetivo esperado en reducción de emisión de contaminantes pero con costo para la economía. Las proyecciones de demanda de energía son a la alza. Los procesos de adaptación pueden mitigar el impacto adverso del cambio climático en la economía, principalmente en el sector primario 1).

Las pérdidas económicas por eventos climáticos se incrementaron de manera sustancial, principalmente en países en desarrollo. No hay evidencia sólida para atribuir los cambios al cambio climático en magnitud y frecuencia de inundaciones y sequias. En la mayor parte del territorio mexicano se esperan reducciones en la disponibilidad del agua, y mayores sequías. Se prevé mayor sobreexplotación de aguas superficiales y subterráneas y contaminación de las mismas. La urbanización puede complicar el impacto de las inundaciones. Se pronostica que la generación de energía eléctrica decrezca por la reducción de niveles en lagos. Las temperaturas pueden aumentar principalmente en el Noroeste del país. Diversas ciudades trabajan en reducciones de fugas de agua, modernización y cobertura de medidores de agua y en programas de gestión integral del agua 2).

Los efectos climáticos negativos serían menores en el sector transporte en relación con otros sectores. La mayor parte de la infraestructura de transporte es vulnerable a eventos climáticos extremos. El sistema de autobús de tránsito rápido reduce emisiones de $CO_2$ en ciudades 3).

Variaciones en temperatura, sequías, precipitaciones e inundaciones disminuyen el rendimiento de los cultivos y aumentan daños a los suelos y al ganado, lo cual genera repercusiones negativas en la economía 4.1). El cambio climático representa riesgos físicos para la minería y las operaciones de metales porque la industria se sitúa en geografías desafiantes 4.2). Las comunidades con mayor dependencia en la pesca y menor diversificación socioeconómica son más vulnerables al cambio climático 4.3). El cambio climático afecta a la construcción principalmente por tres factores: retraso en las obras, los materiales y edificaciones deben ajustarse a nuevas normas, y más reparación de daños en edificaciones. Variaciones en el clima generan más demanda de construcción y diseño de nuevas tecnologías 4.4).

Los principales sitios turísticos están en zonas de alta vulnerabilidad frente a fenómenos meteorológicos. Las pequeñas comunidades locales pueden ser muy dependientes del turismo y sufren mayores estragos ante el cambio climático. El sector turístico será uno de los más afectados por la variabilidad del clima. El volumen de precipitación pluvial incide negativamente en el número de turistas que arriban a México, mientras que la temperatura tiene un efecto positivo, lo que implica que a medida que esta aumente, se mantendrá la tendencia creciente en el número de turistas. El Plan Nacional de Desarrollo considera aumentar la actividad turística en los próximos años; sin embargo, las metas en cuestión de cambio climático y turismo se estudian por separado; pero si la situación continúa las metas propuestas no serán alcanzadas y el sector turístico podría dañarse 5).

Es necesario ponerle precio al riesgo que México corre en términos de cambio climático, además de incentivar la reducción de pérdidas mediante los seguros. La adaptación al cambio climático se puede fortalecer con mecanismos de transferencia de riesgos orientados a la reducción de vulnerabilidad 6).

**El cambio climático reducirá el ingreso nacional y el ritmo de reducción de la pobreza se alentará (7).**

## 1. Energía

En México los estudios relacionados con sectores económicos y cambio climático son abordados primordialmente por Ibarraran y Boyd (2006) que afirman que la energía ha sido relacionada de manera muy estrecha con el crecimiento económico, la industria y la urbanización, de tal forma que el crecimiento de los países implica por tanto un incremento en las demandas de la misma. En México este problema se presenta sobre todo en las grandes ciudades con su consecuente efecto en el ambiente.

El impacto macroeconómico del cambio climático en este sector es examinado para el caso de México también por Boyd e Ibarrarán (2009), quienes concluyen que la pérdida del producto derivada de prolongados periodos de sequía afecta al sector energético, pero en menor proporción que al sector agrícola. Aplicando un modelo de equilibrio general computable para examinar los cambios agregados en el PIB encuentran variaciones de hasta -3 % para el 2026, incluyendo diversos sectores y sin considerar adaptaciones, lo cual es consistente con modelaciones en las regiones más cálidas de Europa elaboradas por (Aaheim et ál., 2009), sin considerar adaptaciones y con incrementos en la temperatura de hasta 4 °C.

Por medio del análisis del Programa Especial de Cambio Climático y su efecto en el PIB mediante el uso de un modelo de equilibrio general (Ibarrarán, Boyd y Moreno, 2011), encuentran que el programa en el corto plazo puede alcanzar el objetivo esperado de reducción de emisiones contaminantes, pero a un costo para la economía de 1.1 % del PIB y con pérdidas significativas para el sector energético. En los años subsecuentes las metas no se alcanzarían y las pérdidas para 2030 podrían llegar hasta 12 % del PIB.

Con respecto a las proyecciones de la demanda de energía para los años venideros y su consecuente efecto en el cambio climático se han encontrado estudios que proponen diferentes modelos de predicción y cuantificación, sin embargo no es posible realizar aseveraciones en este sentido dada la falta de consenso, con respecto a los métodos utilizados y los resultados obtenidos, entre la comunidad científica. Algunos estudios con modelos de equilibrio general computable examinaron cómo los procesos de adaptación afectan al PIB. Al respecto Boyd e Ibarrarán, (2009), demuestran que la adaptación, principalmente en el sector primario, puede mitigar el impacto adverso del cambio climático en la economía en su conjunto, incluyendo al sector energético, al pasar la pérdida del PIB de -3 % a -2.6 %

## 2. Servicios de Agua y Acuíferos

Entre 1950 y 1990 las pérdidas económicas por fuertes eventos climáticos, incluyendo inundaciones y sequías, se incrementaron diez veces y las afectaciones fueron mayores en los países en desarrollo, principalmente por la debilidad y vulnerabilidad de la infraestructura (Kabat y Schaik, 2013). No es posible atribuir los cambios en la frecuencia de las sequías en México al cambio climático antropogénico (Prieto, Cortés y Moreno, 2011).

Los cambios en la magnitud y frecuencia de las inundaciones no fueron atribuidos al cambio climático, pues las inundaciones existen por causas como uso de la tierra, cambios de temporada y urbanización (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012). En la mayor parte del territorio mexicano, excepto en la zona tropical del sur del país, se espera que la oferta de agua se afecte por el cambio climático, resultando en menos disponibilidad de agua y un incremento de las condiciones de sequía (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2010; Montero et ál., 2010; Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2011; Sosa, 2014; Leal Asencio et ál., 2008).

Factores agravantes incluyen la intrusión de agua salada y creciente contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Leal Ascencio et ál., 2008). Las proyecciones indican que la escasez de agua combinada con la creciente demanda incrementarán la sobreexplotación de aguas superficiales y subterráneas (CONAGUA, 2011).





Se espera que sea baja la vulnerabilidad de los recursos acuíferos en las regiones tropicales del sur de México para el año 2050. La precipitación decrecerá de 10 % a 5 % en el verano y no se proyectan cambios de precipitación en el invierno. Después de 2050 se prevé mayor precipitación en invierno, incrementando la posibilidad de daños a presas hidroeléctricas y de almacenaje por inundaciones, mientras que la precipitación en verano se anticipa que disminuya de 40 % a 35% (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2010). El incremento proyectado en las inundaciones podría afectar los sectores agrícola y ganadero en las regiones tropicales del sur de México (CONAGUA, 2010). La urbanización puede complicar el impacto de las crecientes inundaciones generadas por el cambio climático, principalmente en la ausencia de infraestructura para el manejo de inundaciones que considere el cambio climático (Sosa, 2010). Se espera que la generación de energía hidroeléctrica afectada por la reducción de los niveles de los lagos, decrezca en las regiones áridas y semiáridas de México (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2009; Sosa, 2014).

Las ciudades de Monterrey, Guadalajara, Tlaxcala y Ciudad de México trabajan en la reducción de fugas de los sistemas acuíferos (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2009; CONAGUA, 2010; Sosa, 2010; Romero, 2010). En la Ciudad de México se instalaron y modernizaron medidores de consumo de agua para estimular menor consumo en hogares, comercios o industrias. A su vez, se implementaron programas de corto y largo plazo para el manejo integral del agua, que incluyen medidas para reducir la dependencia de la extracción de agua de los mantos acuíferos y para alcanzar la sustentabilidad del recurso hídrico (Ángeles, 2014). Estas medidas se aplican para mitigar los efectos de los periodos más prolongados de sequías que se pudieran generar debido al cambio climático.

## 3. Transporte

La producción de gases con efecto invernadero (primordialmente dióxido de carbono) se produce en aproximadamente un 22 % por el sector transporte, de los cuales el 18 % es transporte urbano, además este se relaciona con el consumo de energía primaria bruta en México que es del 48 % para este sector, lo cual representa uno de los efectos transversales de los impactos económicos del cambio climático en los diferentes sectores de la economía (Gobierno de la Republica, 2013). La mayor parte de la infraestructura de transporte, a lo largo del territorio mexicano, es inadecuada o antigua, lo cual la podría volver más vulnerable a daños por eventos extremos y cambios climáticos (Romero y Smith, 2014). La suma de las externalidades negativas generadas por el sistema de transporte en las principales zonas metropolitanas de México (Valle de México, Guadalajara y Monterrey), se estiman en 11.8 millones de dólares y representan el 4 % del PIB. En general, la movilidad urbana es un tema prioritario para las ciudades, pues en promedio estas le destinan casi el 23 % de sus recursos (Garduño, 2012). Esta inversión resulta desproporcionada con relación a los altos costos económicos, sociales y ambientales asociados al uso de los automóviles particulares que se ve favorecido por las inversiones señaladas en este tipo de proyectos.

Por medio de la aplicación de un modelo de equilibrio general, Boyd e Ibarrarán (2009), encuentran que los efectos climáticos negativos en la producción proyectados para el año 2026 pueden ser más severos en el sector primario y rural, mientras que las pérdidas serían menores en el sector manufacturero y urbano. En lo que respecta al sector servicios y de transporte las pérdidas serían nulas.

En Avenida Insurgentes en la Ciudad de México, primer corredor de transporte masivo, a fines de 2012, 17 % de los usuarios habían sustituido el automóvil para usar este sistema, y la demanda había alcanzado un promedio de 290 mil recorridos por día laborable, con picos de más de 300 mil viajes diarios. El autobús de transito rápido en la Ciudad de México ha reducido en un 10 % las emisiones de $CO_2$ en lo que respecta a las emisiones asociadas al tráfico vehicular en los corredores en que opera (Schipper, Deakin y McAndrews, 2011).

## 4. Actividades económicas primarias y secundarias

### 4.1 Agricultura

En México, durante la última década, se dio más variabilidad y reducción global de la precipitación pluvial, lo que afecta mayormente a los productores de temporal, generalmente campesinos de subsistencia; sumando a estos sectores primarios el de la minería, pesca, entre otros; y a otros sectores como el de la construcción y el turismo.

La producción agropecuaria es muy sensible al cambio climático. Algunos ejemplos de los impactos más importantes previstos para el sector agropecuario, con relación a la variación de la temperatura, son la disminución de rendimientos de los cultivos en medios más cálidos debido al estrés causado por el calor, al aumento de plagas y enfermedades, al aumento de fuegos devastadores, a la reducción en el suministro de agua, y a problemas de calidad del agua y al florecimiento de algas. En cuanto a los fenómenos extremos como las sequías, las lluvias extremas, las granizadas y los ciclones, se prevén daños severos a los cultivos, erosión del suelo, imposibilidad para cultivar por saturación hídrica de los suelos, efectos adversos en la calidad del agua, estrés hídrico y aumento de la muerte del ganado, entre otros (SAGARPA, 2012).

El cambio climático incrementará la competencia de los sectores en busca de los factores primarios de producción: tierra y agua, en donde se generarán múltiples tensiones; se han observado en México en los últimos años diversos aspectos como son: una disminución en la producción de los cultivos y el número de cabezas de ganado afectando con esto a la industria de procesamiento de alimentos; datos actuales indican un incremento de 47.5 % en la importación de granos, es decir 11.2 millones de toneladas, con un costo de 2,164 millones de dólares, con esto se genera un aumento en el precio de los alimentos y una mayor competencia por el consumidor, quien comprará alimentos más baratos y gastará menos en otros bienes y servicios.

México cuenta con un territorio de 1.96 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales 145 millones de hectáreas se dedican a la actividad agrícola y pecuaria; 30 millones de hectáreas son consideradas tierras de cultivo y 115 millones de hectáreas son de agostadero, con los efectos del cambio climático se incrementará el uso de fertilizantes y de riego; la producción agrícola y ganadera son una actividad fundamental de las zonas rurales, en donde habita 22 % de la población nacional (INEGI, 2010); la modificación del flujo agrícola demandará más trabajadores para compensar la caída en el rendimiento de los cultivos, y así entrará en la disputa de la mano de obra para producir otros bienes y servicios.

Aunado a lo anterior se suma que el cambio climático reduce en el sector agrícola e industrial la productividad de la mano de obra, debido a que el clima caliente disminuye la capacidad del cuerpo humano para hacer el trabajo; y es importante recordar que México ocupa el último lugar en productividad laboral de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Estudios recientes demuestran que México es un país sumamente vulnerable al cambio climático, prácticamente en todas sus regiones, y en todos sus sectores productivos de interés, ya que está localizado en una región muy susceptible a variaciones significativas en los patrones climáticos y temperaturas, esto obstaculiza el financiamiento de políticas efectivas de adaptación, a su vez, el abandono del campo mexicano desde hace varias décadas, las pérdidas de las cosechas por falta de inversión en infraestructura de riego y conservación de suelos ha agravado el deterioro ambiental (Programa Nacional de Protección Civil, 2014).

Aunque México utiliza alrededor del 78 % del agua en la agricultura, la eficiencia en riego se ubica en menos del 40 %. Asimismo, la sobre fertilización de los suelos y el uso indiscriminado de pesticidas han contaminado el agua, los acuíferos, el aire y los suelos, además se ha dado durante la última década una mayor variabilidad y reducción global de las precipitaciones, lo que ha afectado mayormente a los productores de temporal generalmente campesinos de subsistencia. Se estima que en 2050 se podrían perder por el cambio climático entre 13 y 27 % de la superficie de maíz sembrada (Delgado, 2010).

El impacto económico respecto al sector agrario y en relación al cambio climático tienen efectos negativos sobre el valor de la tierra, derivado de la reducción en las precipitaciones y el aumento en la temperatura; las estimaciones indican que hacia el 2050 existirán pérdidas en el valor de la producción en los estados del sur del país, mientras que en algunos estados del norte





podrían existir incrementos en la producción, asociadas a la presencia de climas más cálidos. Con respecto a los cultivos básicos como el maíz y el frijol muestran tendencias a la baja, además de una pronunciada inestabilidad, lo cual tendrá impactos negativos sobre el ingreso agrícola y generará vulnerabilidad en el consumo alimentario; también se presentaran impactos negativos por la reducción de precipitaciones en la producción de pastizales, lo cual incide de manera negativa sobre la producción de carne y leche de bovinos (Martínez y Rodríguez, 2008).

### 4.2 Minería

Otra industria no muy diferente a la agricultura, es la de la minería y los metales, también tienen gran desafío; el cambio climático representa riesgos físicos para la minería y las operaciones de metales debido a que estas industrias están a menudo situadas en geografías desafiantes, se basan en activos fijos con una larga vida útil, implican cadenas de suministro globales, administran recursos sensibles al clima como son el agua y la energía, y mantienen el equilibro de diversos grupos económicos de interés (*International Council on Mining and Metals*, [ICMM], 2013).

El sector minero juega un papel importante en el crecimiento económico, para México su contribución al PIB Nominal en el año 2009 fue de 7.9 %, en 2010 fue de 8.6 %, en 2011 fue de 10.2 % y en 2012 fue de 10.8 % (INECC, 2012). En 2013, el valor de producción de la industria minero-metalúrgica ascendió a 200 mil 946 millones de pesos (15 mil 626 millones de dólares). Las cifras reportadas por el Instituto Mexicano del Seguro Social en 2013 indican que la minería sostuvo 332 mil 501 plazas laborales directas, ofreciendo empleos de calidad y de largo plazo, con remuneraciones 40 % superiores al promedio nacional (IMSS, 2014).

### 4.3 Pesca

Morzaria, Turk y Moreno (2014) evalúan la vulnerabilidad de comunidades pesqueras en la costa del Norte del Golfo de California a cambios en actividades relacionadas con la pesca, como resultado del efecto de diferentes estresores, incluyendo el cambio climático; y encuentran que la vulnerabilidad es mayor en las comunidades con más dependencia en la pesca y con menor diversificación socioeconómica.

En un país con más de 11,000 kilómetros de litorales, además de ríos, lagos, lagunas y presas, la pesca constituye un sector clave en la planificación de la producción alimentaria. El análisis del efecto del cambio climático en la pesca debe empezar por considerar que esta actividad ya enfrenta, de tiempo atrás, problemas de deterioro y de sustentabilidad, los ecosistemas costeros tienen diversas presiones, la presión ejercida en el manejo de los recursos pesqueros incluye varios factores como el crecimiento excesivo de la capacidad pesquera, captura incidental de especies asociadas, escasa atención a la problemática generada por la flota de países distintos y la indefinición general de regímenes de propiedad de tales recursos (SEMARNAT, INE, UNAM, 2008).

En 2006, según datos de la SAGARPA, el sector pesquero produjo 0.87 % del PIB nacional, los estados donde las industrias pesqueras tienen la importancia más alta en términos de su participación del producto interno bruto estatal son Baja California Sur (5 %), Sinaloa (4 %) y Sonora (2 %). En la actualidad dos estados del Golfo de California Sinaloa (22.72 %) y Sonora (22.23 %) tienen el 45 % del PIB pesquero nacional, junto con Baja California Sur (5.49 %), Baja California (4.94 %) y Nayarit (2.68 %) ocupan el 52.57 % del PIB pesquero. Muy probablemente esto se debe al crecimiento del cultivo del camarón (que aporta cerca del 25 % del valor de la producción pesquera nacional), el PIB pesquero en los últimos años se debe a unas pocas especies de explotación concentrada en unos pocos estados.

### 4.4 Construcción

Otro de los sectores, que podría estar también afectado por el cambio climático, es el de la construcción. Las crecientes condiciones climáticas adversas son factores clave en retrasos en la construcción y, por tanto, en variaciones de costos; por ejemplo: construir en condiciones de lluvia, de inundación temporal, etc., genera, en la construcción de carreteras, incremento de costos

por el tiempo invertido en los retrasos y costos asociados adicionales. Otro factor que afecta el cambio climático en la industria de la construcción es el relacionado con edificios y materiales de construcción, los cuales están diseñados y seleccionados para soportar una gama particular de condiciones climáticas, pero se deben cambiar y ajustar a una nueva emisión de normas de diseño. El cambio climático introducirá nuevas condiciones de materiales; por ejemplo, en el caso de sello de ventanas y equipos para circulación del aire. A su vez, implica renovaciones por hacer en edificios ya construidos, tal es el caso de hospitales, escuelas y oficinas. Un tercer factor es el comportamiento de los fenómenos naturales que implicaría mayor demanda de trabajos para la reconstrucción y reparación de los daños provocados y, por ende, más generación de costos (Hertin et ál., 2003). Adicionalmente, la localización geográfica para la construcción de vivienda puede cambiar, y cada región de la república mexicana tendrá diferentes variaciones en este respecto. También se espera un crecimiento en el mercado de tecnologías que puede ser útil para la construcción en estas nuevas condiciones.

## 5. Turismo y Recreación

La preocupación ocasionada por el cambio climático se incrementó en los últimos años en todo el mundo. Los impactos en el sector turístico se evidencian por el incremento en el volumen de emisiones derivadas de la actividad. Las regiones más vulnerables están en los países en desarrollo que tienen menos recursos para enfrentar las consecuencias del cambio climático, lo cual plantea problemas graves para los destinos turísticos y sus comunidades. Por otro lado, se plantea el riesgo latente de una sobreexplotación de los recursos escasos (agua, tierra, energía) ocasionando competencia por su uso entre el turismo y otros sectores (Ivanova, 2010).

Durante las últimas décadas el desarrollo turístico se basa en criterios relacionados con el atractivo de sus paisajes y recursos naturales. Los principales núcleos de este tipo se ubican en las playas de Cancún y la Riviera Maya, en Guerrero, Oaxaca, Colima, Jalisco, Nayarit y Baja California Sur, sin embargo, en el proceso de creación y progreso de estos destinos turísticos el concepto de vulnerabilidad a cambios y fenómenos hidrometeorológicos tiene poca relevancia. Por desgracia, en la mayoría de los casos la creación de polos turísticos ocasionó daños ambientales significativos, como destrucción de manglares y humedales, que sirven de amortiguadores durante eventos hidrometeorológicos extremos. En consecuencia, los principales sitios turísticos del país se ubican en zonas de alta vulnerabilidad (Secretaría de Turismo [SECTUR], 2014).

La situación de México frente a los fenómenos meteorológicos es amenazadora, puesto que es afectado por dos cuencas oceánicas y se localiza justo en la franja tropical. El país presenta dos temporadas de huracanes: en el Océano Pacífico inicia el 15 de mayo y en el Océano Atlántico inicia a partir del 1 de junio (ambas concluyen el 30 de noviembre). Con base en la información del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en México, entre los meses de mayo a noviembre se presentan en promedio 23 ciclones tropicales con vientos mayores a 63 km/h. Aproximadamente 14 ciclones tropicales ocurren en el Océano Pacífico y nueve en el Golfo de México y el Mar Caribe, de los cuales cuatro inciden cada año sobre el territorio nacional o se acercan a menos de 100 km; dos desde el Pacífico y dos desde el Atlántico (Palafox y Gutiérrez, 2013). En el caso particular de México se estudiaron el cambio climático y sus posibles impactos a nivel macroeconómico, además de aquellos elementos del clima que afectan directamente el entorno social; para el caso del turismo, las pequeñas comunidades locales pueden ser altamente dependientes de dicha actividad y son las que sufren los mayores estragos ante el cambio climático (Moreno, López y Marín, 2015).

El posicionamiento de los destinos turísticos de sol y playa que están en las cuencas oceánicas del Pacífico y Atlántico tienen más probabilidad y condición para que un fenómeno hidrometeorológico les impacte. Tal es el caso de San Blas, Nayarit y Cozumel, Quintana Roo, destinos turísticos de tipo tradicional ubicados en las zonas de impacto ciclónico. De los dos últimos fenómenos que impactaron dichos destinos, las pérdidas provocadas fueron por Kenna, 150 millones de dólares estadounidenses, y por Wilma, de 1,723.9 dólares estadounidenses. En lo referente al impacto en la comunidad, San Blas fue sumamente afectado, ya que 95 % de las viviendas fueron dañadas por el impacto del ciclón. Cozumel perdió 1,510 habitaciones, principalmente en los inmuebles ubicados en la franja costera. Al analizar las series de tiempo respecto al número de hoteles y cuartos, revela que en Cozumel se perdió 57 % de la oferta hotelera como resultado del impacto del huracán Wilma. En 2010, el número de establecimientos era menor al registrado en el año 2000. En el caso de San Blas, con el paso del huracán Kenna, en 2002, el cierre de





hoteles se registra en 2004, debido en gran medida a los efectos de este fenómeno (Palafox y Gutiérrez, 2013).

> El sector turístico será uno de los más afectados por la variabilidad del clima y los eventos hidrometeorológicos extremos que impactan sobre todo en la dinámica de playas y en la línea costera. Éstos se traducen en pérdida de instalaciones, disminución de áreas potenciales para el desarrollo de infraestructura turística de sol y playa, disminución en la actividad de los prestadores de servicios y en la afluencia turística. Al respecto, Rodríguez (2004) señala que en México las pérdidas por los desastres de origen natural se estimaron en 10,764 millones de dólares estadounidenses (al año 2000). Entre estos desastres destacan los huracanes, con 43 % de las pérdidas económicas (Palafox y Gutiérrez, 2013).

Entre los posibles efectos que el calentamiento global tiene en la actividad turística, el volumen de precipitación pluvial incide negativamente en el número de turistas que arriban a México; mientras que la temperatura tiene un efecto positivo, lo que implica que a medida que ésta aumente de uno a tres grados centígrados, como se estima para el presente siglo, se mantendrá la tendencia creciente en el número de turistas (Moreno et ál., 2015). Considerando que las amenazas climáticas que experimenta México se harán cada vez más severas, urge el desarrollo y la implementación de acciones que disminuyan la vulnerabilidad de las zonas turísticas, así como implementar medidas de adaptación como el incluir reordenamientos territoriales y ecológicos que consideren la importancia del uso del suelo y la protección de áreas críticas, así como instrumentar reglamentos de construcción para la seguridad de las estructuras. La adaptación requiere del compromiso de autoridades en los tres órdenes de gobierno: municipal, estatal y federal.

La adaptación se da en los niveles locales, y para la mayoría de las autoridades municipales tienen más sentido las estrategias de adaptación, pues en ellas se ven con claridad las amenazas y las oportunidades (Moreno y Urbina, 2008). Greenpeace (2008) explica que la relación entre los efectos del cambio climático y el turismo mundial no está plasmada en las políticas públicas. México no es la excepción y no hay indicios de que el gobierno federal esté preparando acciones de adaptación y mitigación del cambio climático en la industria turística. De los diferentes tipos de turismo, dos son muy afectados por los efectos de cambio climático: el de deportes de invierno y el de sol y playa, este último afecta más al país. Según dicho documento, México resiente las consecuencias de huracanes de mayor intensidad, sequías, inundaciones y erosión costera. El Plan Nacional de Desarrollo considera aumentar la actividad turística en los próximos años, sin embargo, las metas en cuestión de cambio climático y turismo se estudian por separado. Si la situación continúa, las metas propuestas no serán alcanzadas y el sector podría colapsar. En el Golfo de California hay por lo menos 15 acuíferos sobreexplotados y la industria turística demanda cantidades enormes del líquido vital, en la Rivera Maya no cesa la erosión y las playas desaparecen. De los 190 kilómetros de costa tabasqueña, 100 sufren erosión y el mar se llevó franjas de hasta 200 metros de playa. Los impactos del cambio climático y el desordenado crecimiento del turismo en México son factores que afectan al ecosistema litoral y marino. Los turistas se topan, cada año, con un entorno físico modificado y esto incide en su decisión sobre cuál destino visitarán. Cada vez es más costoso tener las playas en buen estado y esto ahuyenta al turismo. Por ello, urge considerar esta problemática.

## 6. Seguros y Servicios Financieros

Durand (2012) menciona que la adaptación al cambio climático se puede fortalecer con mecanismos de transferencia de riesgos orientados a la reducción de la vulnerabilidad. Mecanismos que deben ir acompañados de medidas de gestión y financiamiento contra riesgos hidrometeorológicos, aunando una propuesta de esquema *ad hoc* que considera tres ámbitos de actuación: técnica, financiamiento y administración. En este sentido, Rignault (2013) considera que el ritmo en el cambio de la temperatura media del planeta es 50 veces superior a la de cualquier período anterior, lo que supone amenazas, entre otras cosas, para la seguridad alimentaria y para la biodiversidad; por lo que defiende el papel del sector asegurador en la mitigación y previsión de los efectos del cambio climático, remarcando el hecho de que las compañías aseguradoras tienen información geográfica, capacidades en meteorología y climatología, normativas de construcción, medicina, toxicología y demografía para la gestión sostenible de los siniestros. Por otro lado, SAGARPA (2011) afirma que es momento de pensar en nuevos esquemas de aseguramiento, ampliar la gama de opciones y la entrada de nuevas compañías aseguradoras al mercado mexicano. Alba y Andrade (2010) mencionan la susceptibilidad que tiene México frente a los huracanes y terremotos e incremento de daños que se han

dado por ellos, aplicando así esquemas de transferencia de riesgo para afrontar este tipo de catástrofes, pretendiendo realizar una medición de riesgo adecuada por parte de las aseguradoras. Este tema se aborda con mayor amplitud en el Capítulo 13. Vulnerabilidad y riesgo (Rodríguez, Lucatello y Briones, 2015).

### 7. Impactos en Mercados y Desarrollo

De la Fuente y Olivera (2013) examinan el efecto del cambio climático en el PIB per cápita y en la pobreza en México, mediante un modelo de datos de panel en dos etapas, que incluye información por municipios a lo largo de tres observaciones en el tiempo para los años 2000, 2005 y 2010, y a su vez incorporan proyecciones hasta el año 2030. El estudio concluye que el cambio climático incrementará la variabilidad de la temperatura y las precipitaciones pluviales, lo cual reducirá el ingreso hasta en 1.45 % para el año 2030. Por otra parte, el ritmo de reducción de la pobreza se alentará, y esto propiciará que 2´902,868 personas permanezcan en condiciones de pobreza, con base en las cifras de población proyectadas para 2030, como resultado del cambio climático.

Lopez-Feldman (2013) analiza la relación entre cambio climático y niveles de pobreza en hogares, vía los cambios de ingreso percibidos por actividades agrícolas, usando datos de hogares en México de 2002. Concluyen que el mundo con las condiciones actuales, pero con más calor y menos precipitación, 250,000 hogares adicionales estarían en condiciones de pobreza.

## Conclusiones

México requiere investigación en todo lo relacionado con el patrimonio natural y cultural que son expuestos a los efectos perjudiciales del cambio de las condiciones climáticas, otro sector que demanda investigación es el sector de gestión de residuos que constituye una contribución relativamente menor de gases de efecto invernadero, sin embargo, el sector de los residuos se encuentra en una posición única para convertirse en un importante ahorro de las emisiones, otro nicho de oportunidad de investigación son los reordenamientos territoriales considerando la zonas de riesgo, el estudio de nuevos materiales para la construcción, el sector primario en cuanto al estudio de los nuevos cultivos, nuevas dietas alimentarias, y en cuanto a la rentabilidad de las tierra y su valor actualizado con base a los mapas de riesgo del impacto del cambio climático en México, políticas transversales para los sectores primarios y secundarios; instrumentos de política pública que incentiven la participación ciudadana (Martínez, 2011).





## Referencias

**Aaheim**, A., Amundsen, H., Dokken, T., Ericson, T. y Wei, T., (2009). A macroeconomic assessment of impacts and adaptation of climate change in Europe. *CICERO Report*. Oslo, Noruega: CICERO.

**Alba**, E. y Andrade, R. (2010): Cambio Climático y pérdidas por huracanes en México. *Revista de Gerencia de Riesgos y Seguros*. Fundación MAPFRE. No. 106 Primer cuatrimestre. Consultada el 9 de junio de 2014.
http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/gerencia/n106/index.html

**Ángeles** Castro, G., (2014). Improving the Water Service: The Case for Replicating Manila in Mexico. *EnviroGeoChimica Acta Journal*, (6-7, 403-410).

**Boyd**, R. e Ibarrarán, M. E., (2009). Extreme Climate Events and Adaptation: An Exploratory Analysis of Drought in Mexico. *Environment and Development Economics*, (14, 371-395).

**Comisión Intersecretarial de Cambio Climático**. (2009). *Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

**Comisión Nacional del Agua** [CONAGUA]. (2010). *Estadísticas del Agua en México 2010*, México: SEMARNAT.

**CONAGUA**. (2011). *Atlas del Agua en México*. México: SEMARNAT.

**De la Fuente**, A. y Olivera, M. (2013): The poverty impact of climate change in Mexico. *World Bank Policy Research Working Paper*, 6461.

**Durand**, F. (2012). Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

**Garduño**, J. (2012). Diagnóstico de Fondos Federales para el transporte y accesibilidad urbana. *Embajada Británica en México*.

**Gobierno de la República**. (2013). Plan Nacional de Desarrollo. Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes.

**Greenpeace**. (2008). Del cambio climático al desastre turístico: Informe. México: Autor.

**Hertin**, J., Berkhout, F., Gann, D. M., y Barlow, J. (2003). Climate change and the UK house building sector: Perceptions, impacts and adaptive capacity. *Building Research and Information*, (31(3-4), pp. 278-290).

**Ibarrarán**, M. E. y Boyd, R. (2006): Hacia el futuro. *Energy, Economics and Environment in 21st Century México*. Springer. The Netherlands.

**Ibarrarán**, M. E., Boy, R. y Moreno, L. (2011). Costly Commitments: Climate Change Policy in Mexico. *Latin American Policy*, (2(2), pp. 222-233).

**Instituto Mexicano del Seguro Social** [MSS]. (2014). Informe Anual. México. Autor.

**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua**. (2010). *Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México, Volumen III: Atlas de Vulnerabilidad Hídrica en México ante el Cambio Climático*. México: Autor.

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático** [INECC]. (2012). *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, D.F.: SEMARNAT.

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía** [INEGI]. (2010). Estadísticas. México, D.F.: Autor. SEMARNAT, INE, UNAN. (2008). Informe sobre Cambio Climático y Pesquerías. México: Autores.

**International Council on Mining and Metals** (ICMM). (2013). *Adapting to a changing climate: implications for the mining and metals industry, Climate Change*.

**Ivanova**, A. (2010). …En G. C. Delgado, C. Gay, M. Imaz, y M. A. Martínez, (Coords.). *México frente al cambio climático. Retos y oportunidades.* México: UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Programa de Investigación en Cambio Climático, Programa Universitario de Medio Ambiente. (Pp. 177-194).

**Kabat**, P. & Schaik, H. (2013). Climate changes the water rules: How water managers can cope with today's climate variability and tomorrow's climate chang: Dialouge on Water and Climate. *The Netherlands*.

**Leal**, A. M., Millán, G. D., Méndez, J.C. y Servín, J.C. (2008). *Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria*. México: SEMARNAT.

**López**-Feldman, A. (2013). Climate change, agriculture, and poverty: A household level analysis for rural Mexico. *Economics Bulletin*, (33(2), pp.1126-1139).

**Martínez**, R.M. y Rodríguez, O. E. (2008). Construcción de un indicador frente a la vulnerabilidad que implica el cambio climático. Coloquio Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo, retos de la gestión ambiental local.

**Martínez**, R.M. (2011). *Análisis del programa especial de cambio climático 2009-2012 mediante el modelo de la gobernanza*.
Académica Española Ed.

**Montero**, M. J., Martínez, J., Castillo, N. I. y Espinoza, B. E., (2010). Escenarios climáticos en México proyectados para el siglo XXI: precipitación y temperaturas máxima y mínima. En: *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*., México, D.F.: SEMARTNAT. (pp. 41-63.).

**Moreno**, A. y Urbina, J. (2008). Impactos Sociales del cambio climático en México. INE, SEMARNAT, PNUD. Disponible en: http://www.undp.org.mx/IMG/pdf/IMPACTOS_SOCIALES_CC.pdf [Consultada el 06/12/2014].

**Moreno**, L; López, V; Marín, M. (2015). Actividad turística y cambio climático en México, 1980-2012. *Revista Internacional Administración & Finanzas*, (vol. 8(4), pp. 61-76).

**Morzaria**-Luna, H. N., Turk-Boyer, P. & Moreno-Baez, M. (2014). Social indicators and vulnerability for fishing communities in the Northern Gulf of California, Mexico: Implications for climate change. *Marine Policy*, (45, pp.182-193).

**Palafox**, A. y Gutiérrez, A. (2013). Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit. *Investigación y Ciencia*, (21(58), pp. 36-46).

**Prieto**-González, R., Cortés-Hernández, V. E. & Montero-Martínez, M. J.(2011).Variability of the standardized precipitation index over México under the A2 climate change scenario. *Atmosfera*, (24(3), pp.243-249).

**Programa Nacional de Protección Civil**. (2014). Diario Oficial de la Federación. México, D.F.: SEGOB.

**Rignault**, J. (2013). El aumento de la temperatura del planeta multiplica los riesgos de las aseguradoras. España: AXA.

**Rodríguez**, D., Lucatello, S. y Briones, F. (2015). Vulnerabilidad y riesgo en Reporte Mexicano de Cambio Climático.

**Romero**-Lankao, P. (2010). Water in Mexico City: what will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities? *Environment and Urbanization*, (22(1), pp.157-178).

**Romero**-Lankao, P & Smith J. B. (2014). North America, *IPCC WGII AR5*.

**Schipper**, L., Deakin, E. & McAndrews, C. (2011). Carbon Dioxide Emissions from Urban Road Transport in Latin America: CO, Reduction as a Co-benefit of Transport Strategies. *Transport Moving to Climate Intelligence*, (pp. 111-127).

**Secretaría de Agricultura**, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2011). Responde México a cambio climático con mayor aseguramiento agropecuario y desarrollo sustentable.. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2011B603.aspx. [Consultada el 9 de junio de 2014].

**SAGARPA**. (2012). México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático, Volumen 1.

**Secretaría de Turismo** [SECTUR]. (2014). Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos: Informe Técnico. Fondos Sectoriales Conacyt.

**Sosa**-Rodriguez, F. S. (2010). Impacts of Water-management Decisions on the Survival of a City: From Ancient Tenochtitlan to Modern Mexico City. *Water Resources Development*, (26(4), pp.675-687).

**Sosa**-Rodriguez, F. S. (2014). From Federal to City Mitigation and Adaptation Strategies: Climate Change Policy in Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, (19(7), pp. 969-996).

# Capítulo 12

## OPCIONES Y FINANCIAMIENTO PARA LA ADAPTACIÓN

**Autores líderes:**

María Eugenia Ibarrarán[4], Simone Lucatello[2] y Ana Mendívil[53]

**Autores colaboradores:**

Fernando Aragón Durand[68], Gabriela Niño[53], Juan Carlos Mendoza[54], Gabriela Muñoz, Lourdes Villers[3].

[2]Instituto Mora Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas,
[3]UNAM CCA Centro de Ciencias de la Atmósfera Universidad Nacional Autónoma de México,
[4]I[3]MA Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias
en Medio Ambiente "Xavier Gorostiaga, S.J.", Universidad Iberoamericana de Puebla,
[53]CEMDA Centro Mexicano de Derecho Ambiental, [54]GIZ MGG Managing Global Governance,
Instituto Alemán para el Desarrollo y el Ministerio Alemán para la Cooperación Económica y el Desarrollo,
[68]COLMEX El Colegio de México A.C.

**Palabras Clave:** adaptación, medidas gubernamentales, adaptación sectorial, articulación de políticas, financiamiento.

## Resumen:

Como se mostró en capítulos anteriores, el cambio climático incluye entre sus impactos esperados la afectación a los ecosistemas y a la sociedad. Estos impactos acentúan a su vez la vulnerabilidad de la población y plantean la necesidad de buscar opciones y sectores específicos para financiar las acciones de adaptación al cambio climático en México. Dada la dificultad de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y por ende la contribución antropogénica al cambio climático, y por las inercias que ya están en marcha a nivel atmosférico, es necesario que la población se adapte tanto a nivel sectorial como regional. Para ello se requiere financiamiento para la implementación de estrategias de adaptación. Al mismo tiempo es necesario estimar costos de financiamiento para la adaptación, trazando el origen de los fondos y entendiendo que el financiamiento es un instrumento de política pública y a su vez permite la implementación efectiva de acciones y medidas.

Este capítulo está dividido en tres secciones. La primera parte describe medidas de adaptación a nivel federal, estatal y municipal, las cuales están contenidas principalmente en documentos gubernamentales (ver también capítulos de "Políticas e instituciones nacionales y subnacionales" y de "Opciones de financiamiento para la mitigación en México" del grupo de trabajo III del Reporte Mexicano de Cambio Climático [RMCC]). Posteriormente se presentan propuestas de adaptación sectoriales, y que hacen referencia también a información presente en los capítulos de este volumen sobre salud humana (Moreno et ál., 2015), mediante la articulación de acciones de distintos ámbitos. La tercera sección discute formas de financiamiento para la adaptación tanto a nivel nacional como internacional.





## Introducción:

De acuerdo a la información publicada en los informes AR4 (Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, [IPCC por sus siglas en inglés]) y AR5 (Quinto reporte del IPCC), la comunidad internacional y los países disponen de una gran diversidad de opciones de adaptación a los efectos del cambio climático. Sin embargo, es necesario enfocarse a sectores específicos de adaptación para reducir la vulnerabilidad de las sociedades ante el cambio climático dado que los efectos se sentirán distintos en cada región y dependiendo de la vocación productiva y condiciones específicas de la población en el lugar. La literatura analizada y utilizada para este Reporte Mexicano de Cambio Climático identifica obstáculos, límites y costos de la adaptación, empero existen todavía lagunas de conocimiento que necesitan ser identificadas y analizadas con mayor detalle y profundidad (IPCC, 2007).

En este capítulo se identifica que la vulnerabilidad al cambio climático en México puede resultar exacerbada a consecuencia de los actuales fenómenos climáticos extremos. Además están la pobreza, el acceso desigual a los recursos naturales como el agua, la inseguridad alimentaria y otros conflictos sociales que potencian la vulnerabilidad. La adaptación puede reducir la vulnerabilidad, especialmente cuando se enmarca en iniciativas sectoriales más amplias. Hay opciones de adaptación viables que es posible aplicar en algunos sectores a bajo costo o con un alto coeficiente beneficio/costo. Sin embargo, las estimaciones completas de los costos y beneficios nacionales de la adaptación, así como la manera de tener acceso a los fondos de adaptación, se tienen que definir de manera más puntual.

### 1. Opciones para la adaptación en México

Tanto el sector académico como el gubernamental y los propios organismos multilaterales han identificado medidas de adaptación en México. Así, esta sección se divide en dos apartados. El primero contiene las estrategias y líneas de acción para la adaptación planteadas por el propio gobierno a partir de sus documentos rectores. La segunda sección hace una revisión selectiva de las opciones de adaptación planteadas a nivel sectorial.

#### 1.1 Estrategias gubernamentales para la adaptación

El cambio climático para México conlleva problemas sociales, económicos y ambientales que afectan a su población, infraestructura, sistemas productivos y ecosistemas. Su situación geográfica, condiciones climáticas, orográficas e hidrológicas, entre otros factores, contribuyen a que el país sea una de las zonas más vulnerables del mundo frente a los efectos adversos de cambio climático. Se estima que el 15 % del territorio nacional, el 68 % de la población y el 71 % de la economía son altamente vulnerables a los impactos negativos del cambio climático (CICC, 2009. p. 23), cuyos efectos son cada vez más graves y los costos más elevados. Ello, aunado a la creciente industrialización y urbanización, y el uso creciente de recursos naturales en el país, agudizará los efectos del cambio climático en territorio nacional. En ese contexto, la adaptación es un componente central de cualquier esfuerzo ante el cambio climático (SEMARNAT, 2013, p. 13).

A nivel federal, los actores involucrados en los procesos de adaptación al cambio climático están concentrados principalmente en el Consejo Consultivo sobre Cambio Climático, liderado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), pero en el que participan también el sector energético, vivienda, agricultura y hacendario, entre otros. A través de distintos organismos, los gobiernos estatales participan en los procesos de adaptación hasta llegar a medidas de gestión municipal. Un ejemplo de estos mecanismos son las Agendas Locales 21, así como los Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable. La gestión de los mecanismos de adaptación en México tiene una base eminentemente local, por lo que la gobernanza ambiental local en México tiene un vínculo directo con los procesos de desarrollo asociados a la adaptación al cambio climático.

Los distintos órdenes de gobierno se han dado a la tarea de identificar opciones de adaptación. Éstas se encuentran contenidas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), en los Programas

Estatales de Acción en Cambio Climático (PEACC) y en Elementos para la Elaboración de una Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático (ENACC). También hay propuestas de adaptación en las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas, en particular en la Quinta Comunicación. Los sectores a los que se hace referencia en estos documentos oficiales son el sector hídrico, el agrícola, el forestal, el turístico, el de energía y el de salud.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático, establece que la política de adaptación en México se basa en tres ejes principales: reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social ante los efectos del cambio climático; reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica y sistemas productivos ante los efectos del cambio climático; y conservar y usar de forma sustentable los ecosistemas y mantener los servicios ambientales que proveen (SEMARNAT, 2013, pp. 38-40). La misma Estrategia asegura que los recursos para acciones de adaptación son limitados y establece una serie de criterios para guiar la priorización de las acciones en esta materia: la atención a poblaciones más vulnerables; la transversalidad con políticas, programas y proyectos; el fomento de la prevención; la sustentabilidad en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales; la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; la participación activa de la población objetivo; el fortalecimiento de capacidades para la adaptación; la factibilidad, la costo-efectividad y los costo-beneficios; la coordinación entre actores y sectores; la flexibilidad, el monitoreo y evaluación (SEMARNAT, 2013, pp.1-42).

Por otro lado, el PECC establece como objetivo reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica (SEMARNAT, 2014, pp. 29). Asimismo, busca conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y adaptación al cambio climático (SEMARNAT, 2014, pp. 34). Para el cumplimiento de sus objetivos, establece estrategias y líneas de acción. (SEMARNAT, 2014, pp. 29-36).

En los estados, se han desarrollado Programas de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) a nivel estatal que buscan usar la infraestructura de la entidad sub-nacional con su jurisdicción legal y su organización social para implementar a través de sus propias instituciones medidas de mitigación y políticas de adaptación al cambio climático en su territorio (Tejeda y Conde, 2008). Los componentes del PEACC, entre otros, pueden ser el análisis de escenarios climáticos regionales, diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad e impactos presentes y futuros ante condiciones de cambio climático, así como recomendaciones de acciones de mitigación y adaptación a sectores regionales tales como agricultura, asentamientos urbanos, turismo, energía e industria entre otros y de sistemas como los recursos hídricos, biodiversidad y costas.

La primera iniciativa de un instrumento similar a un PEACC correspondió al Distrito Federal cuando en 2006 presentó su "Estrategia Local de Acción Climática" (Sheinbaum y Vázquez, 2006), término que designó a un grupo de acciones fundacionales para el posterior Programa de Acción Climática para la Ciudad de México 2008-2012 (De Buen, 2008). En ambos casos la responsabilidad del desarrollo del programa recayó en el gobierno local, aunque para el Programa 2008-2012 se realizaron consultas públicas que incluyeron a la academia, el sector privado y al público en general.

En el 2006 el desarrollo de los PEACC comenzó a tomar ímpetu. En el Estado de Veracruz, la academia local inició actividades tendientes a desarrollar su Programa Estatal de Acción Climática, mismo que fue concluido a mediados del 2008 (Tejeda et ál., 2008). Para ese mismo año, más de una docena de Estados habían iniciado sus respectivos planes y para 2010 otros 20 estados se unieron al proceso. Hacia 2013, las 32 Entidades Federativas del país realizaban esfuerzos en la materia.

Es importante destacar que los avances de los PEACC en México son diferenciados en alcance, cobertura y líneas de investigación. Estas diferencias han surgido por dos razones: el responsable del desarrollo y la fuente de financiamiento. En cuanto a la primera razón, la responsabilidad ha recaído en la academia local o bien en consultores contratados por el gobierno estatal. La segunda causa varía entre fondos internacionales -tales como Embajada Británica- o financiamiento nacional- por ejemplo SEMARNAT-CONACYT. Independientemente del origen, en no pocas ocasiones, estas diferencias han resultado en falta de colaboración inter-institucional entre el gobierno local, la academia, el sector privado y el público en general. Esto ha presentado un obstáculo para facilitar el apoyo de todas las partes involucradas en la implementación de las acciones contenidas en los PEACC.





Al momento es difícil medir el impacto de la implementación de los PEACC en México y su efectividad como herramienta estratégica de ayuda y soporte para cualquier intervención real en el desarrollo territorial. Sin embargo, las lecciones que deja el desarrollo de programas es que la implementación de las políticas de cambio climático supone un reto en dos sentidos para el gobierno que las emprende. En primer lugar, exigen claridad y coordinación de las competencias institucionales, más allá de la aproximación sectorial. En segundo lugar, las políticas de cambio climático obligan a las regiones a repensarse como unidades territoriales complejas porque la efectividad y la implementación de acciones requiere de una aproximación de abajo hacia arriba capaz de movilizar recursos existentes a niveles locales, incluidos la voluntad política local y la presión social, para alcanzar los objetivos a mediano y largo plazo (Martínez et ál., 2014).

Los municipios, por su parte, deben desarrollar un Plan de Acción Climática Municipal. El grado de cumplimiento en este frente es muy variable. Morelos, por ejemplo, tiene estos planes desarrollados para el 94 % de sus municipios, seguido de Sinaloa donde el 83 % cuenta con ellos, así como el 40 % de los municipios de Hidalgo. En el resto de los estados, menos del 25 % de sus municipios cuentan con estos planes (PACMUN, 2014). Hoy por hoy, al igual que en el caso de los PEACC, es difícil medir la efectividad de los PACMUN desarrollados. Aun cuando se ha utilizado la metodología de marco lógico (MML), que puede proporcionar herramientas para tal labor, permanece la falta de generación y sistematización de información, así como la necesidad de aumentar esfuerzos en la medición a través de la MML.

### 1.2 Adaptación sectorial

A nivel sectorial, las medidas propuestas de adaptación en el sector hídrico buscan reducir los factores antropogénicos de estrés climático; fortalecer la resiliencia de los ecosistemas acuáticos y los servicios ambientales; lograr un mejor acuerdo entre los usuarios para una mejor gestión del recurso hídrico y establecer un sistema de reservas de agua; así como demostrar los beneficios de las reservas de agua (INECC, 2012). Existen diversas iniciativas como la Agenda del Agua 2030 (CONAGUA, 2011). Los objetivos de esta agenda están ligados particularmente a los efectos del cambio climático, especialmente en lograr asentamientos seguros frente a inundaciones catastróficas a partir de un ordenamiento territorial eficaz que implica zonas inundables libres de asentamientos humanos, así como sistemas de alerta y prevención con tecnologías de punta. Por otra parte, se han identificado algunos proyectos, como el proyecto de adaptación y vulnerabilidad en la gestión del agua en zonas rurales de México (SEMARNAT, 2014).

Desde la academia se han hecho también algunas propuestas para el sector hídrico. Magaña y Gay (2000) proponen mejor tecnología de riego, el re-uso de agua urbana y la desalinización de agua de mar, así como el reordenamiento territorial y la reforestación como medida para conservar los microclimas y evitar la sequía y la erosión. Landa, Magaña y Neri (2008), plantean fortalecer las capacidades regionales rescatando prácticas locales frente a cambios en la disponibilidad de agua, así como generar la capacidad de almacenamiento ante lluvias extremas y extraordinarias para favorecer la recarga de mantos acuíferos y garantizar el consumo humano. Barrios y Descroix (2012) analizaron la zona semiárida mexicana que ha mostrado un proceso de erosión hídrica por el cambio climático y el cambio de uso de suelo y a partir de esto plantearon el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) que consiste en el pago de mano de obra local para la construcción de obras de conservación del suelo y del agua en áreas susceptibles de proporcionar servicios ambientales hidrológicos.

Para el **sector agrícola** se ha propuesto la labranza de conservación como estrategia de ahorro de energía y de agua (INECC, 2012). Por otra parte, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) propone modificar la mezcla de granos y de animales de crianza promoviendo la producción agro pastoril; financiar la adopción de equipos de riego que ahorren agua y permiten un mejor drenado de la tierra, construir infraestructura para almacenaje de la producción, desarrollar mecanismos para el control y manejo de plagas y de enfermedades patógenas y la puesta en marcha de un sistema de seguros contra riesgos (CEPAL, 2009). Durán et ál. (2007) han abordado la adaptación a partir de la determinación de los rangos climáticos de adaptación de las diversas razas de maíz. Ojeda et ál. (2012) retoman propuestas planeadas por autores como cambio en fecha de siembra, maximizar la cantidad disponible de agua para las plantas y así reducir su estrés hídrico, incrementar el almacenamiento de agua, y reducir la evaporación del suelo mediante acolchado, entre otras.

En el ámbito **pecuario**, Andrade (2013) determinó la vulnerabilidad al riesgo climático así como los ajustes que los ganaderos se encuentran realizando para adaptarse al riesgo climático manifestado principalmente a sequías más prolongadas y lluvias más fuertes. Los ganaderos han cambiado el manejo tradicional, adoptando nuevas tecnologías como silos y suplementando la alimentación al ganado con sorgo, caña de azúcar y maíz, además de que han introducido variedades de pastos mejorados y de corte, así como cambiado los pastos que anteriormente utilizaban por otros que consideran más resistentes. Sin embargo, trabajos como el de Boyd e Ibarrarán (2009) concluyen que las políticas de adaptación en los sectores agropecuario y forestal sólo pueden hacer pequeños cambios ante las pérdidas económicas sufridas como consecuencia de la sequía.

Por otra parte, en el **sector forestal**, las ideas y propuestas de mitigación permearon a través de los esfuerzos de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC de sus siglas en inglés) y se estableció un mecanismo internacional denominado REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal). México, para poder ser parte de este mecanismo y acceder a fondos internacionales preparó una estrategia nacional en donde ha venido integrando desde 2010 distintas acciones (CONAFOR, 2014). REDD+ México, debe entenderse como un conjunto de líneas estratégicas que promueven de manera simultánea acciones de mitigación y adaptación, a través de un manejo integral del territorio que promueve el desarrollo rural sustentable bajo en carbono y por tanto, apunta a una convergencia de la agenda ambiental y la de desarrollo. Algunos socios internacionales de la Alianza México REDD+ son The Nature Conservancy y Rainforest Alliance (México REDD+ 2014). Por el momento el Programa REDD+ propone mejorar la coordinación y el fortalecimiento de la gestión pública, para alcanzar la necesaria complementariedad de las políticas públicas a favor del desarrollo rural sustentable. Esto ha llevado al gobierno de México a explorar diversos mecanismos de coordinación y a la creación de diversos arreglos institucionales para impulsar la política forestal y de desarrollo rural y que deberán jugar un papel complementario para alcanzar los objetivos de REDD+ (SEMARNAT, 2014).

El **sector turismo**, por su parte, se ha convertido en una de las actividades económicas que mayor impulso ha tenido en México. Sin embargo, las zonas costeras y los destinos de playa son los claramente expuestos a fenómenos climáticos extremos como los huracanes y las tormentas tropicales (Liceaga, Arellano y Hernández, 2010) y al cambio climático expresado en alza del nivel del mar (Zavala et ál., 2010). Las consecuencias directas de estos eventos están relacionadas con erosión y perdida de playas (Flores et ál., 2010; Martínez et ál., 2011), poniendo en peligro a la población humana, sus medios de subsistencia, así como la infraestructura en estas áreas de diversos sectores económicos.

Las acciones de adaptación del sector turismo principalmente en los destinos de playa han estado enfocadas a obtener información sobre la vulnerabilidad del sector en términos de conocer los impactos según escenarios de cambio climático y efectos de los fenómenos naturales, realizando monitoreo de eventos extremos y perfeccionando los sistemas de alerta para la población en distintos destinos turísticos a través de enlaces más eficientes de la Coordinación General de Protección Civil, así como el financiamiento de proyectos para la elaboración de mapas de vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático para algunos destinos turísticos (SECTUR, 2014). Por otro lado, las propuestas de conservar y restaurar los servicios eco-sistémicos, además de ser económicamente menos costosos, presentan una serie de co-beneficios que aún no han sido considerados dentro de la evaluación de las propuestas del sector (Leff, 2007; March et ál., 2011).

La vulnerabilidad climática del sector energía se debe a una serie de factores que van desde la disponibilidad de recursos naturales, hasta la ubicación geográfica de sus instalaciones, haciéndolo endeble a las condiciones extremas del clima. Se identifica que una parte importante de su vulnerabilidad proviene del aumento de la demanda de energía, del aumento en la demanda de agua para los procesos energéticos, de la interrupción de servicio eléctrico por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos tales como lluvias intensas, huracanes, sequías y heladas, del incremento de "picos" de electricidad en el consumo doméstico y comercial por excesivo calor o frío y de la vulnerabilidad propia de la infraestructura energética, incluidas plataformas marinas y líneas de transmisión, ante presencia de eventos asociados al cambio climático (INE, 2006). Por tanto, las medidas de adaptación al cambio climático se presentan tanto para el lado de la oferta como para la demanda. En el primero se puede contar con respuestas tecnológicas tales como uso de agua reciclada o procesos "secos" y uso de materiales "resilientes". Por otro lado, las acciones de adaptación del lado de la demanda tendrían que contemplar programas de educación a la población en general





a fin de cambiar patrones de consumo energético, apoyados por medidas de comando y control e incentivos económicos desde los sectores gubernamental y financiero. Aunque en escala y destino las medidas son distintas, es recomendable que ambas se implementen a la par. Para que estas medidas de adaptación sectoriales sean de lo más pertinentes, se desarrollará un inventario de instalaciones susceptibles a los fenómenos climáticos (INECC, 2012).

En el **sector salud** (Moreno et ál., 2015) se proponen campañas de prevención de enfermedades asociadas al cambio climático, el monitoreo e información entre la población de los riesgos climáticos y de salud y la aplicación del programa "Acción de entornos y comunidades saludables" (INECC, 2012). Los escenarios futuros nos muestran variaciones serias en cuanto a la distribución y disponibilidad del agua que generará riesgos de inundaciones por un lado y sequías en el norte del país. En términos de riesgos a la salud, se verá expuesto a una menor productividad de alimentos, así como con problemas en su distribución. Las inundaciones, cada vez más frecuentes, generan un peligro latente de brotes de enfermedades relacionadas con la contaminación y la distribución del agua.

### Articulación de políticas de adaptación

Uno de los aspectos fundamentales a atender, es la gestión integral de riesgos de desastres de origen hidrometeorológico (GRD-HM). Si bien esto puede estar ligado a medidas de adaptación dentro del sector hídrico, también está ligado a otros sectores y al final puede contribuir a la adaptación al cambio climático en la medida que facilite la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y sociales a los peligros climáticos. Así la GRD-HM por su naturaleza y orientación, puede contribuir a la construcción de capacidades institucionales para la adaptación al cambio climático (Thomalla et ál., 2006; Schipper y Pelling, 2006; Aragón, 2008).

Otro acercamiento es el de Ibarrarán et ál. (2014), que proponen fortalecer las capacidades humanas e institucionales, reactivar las actividades económicas, localizar los riesgos y monitorear los asentamientos humanos a partir de programas como Oportunidades, Hábitat, Programa de Empleo Temporal, el Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias, Programa de Apoyo a los Avecindados en Condiciones de Pobreza Patrimonial para Regularizar Asentamientos Humanos Irregulares y el Programa 3 x 1 para Migrantes, entre otros. Es conveniente pensar en formas de aplicación conjunta de estos programas para crear sinergias entre ellos, mismas que permitan reducir la vulnerabilidad, la miseria, y aumentar la capacidad de adaptación de los lugares afectados o susceptibles de serlo.

## 2. Financiamiento para la adaptación al cambio climático en México

El financiamiento para la adaptación al cambio climático es una de las piezas clave para hacer frente a los efectos adversos de dicho fenómeno. Como instrumento de política pública, el financiamiento es imprescindible para el desarrollo efectivo de las acciones y programas en la materia alrededor del mundo. Más aún, en los países en vías de desarrollo, debido a sus condiciones geográficas, políticas, económicas y sociales la implementación de instrumentos de gestión y política pública efectivos se ha vuelto necesaria para reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática. Por ello, países como México requieren de acciones, mecanismos e instrumentos que permitan atraer recursos para enfrentar este fenómeno.

Los criterios rectores para el desarrollo, implementación y financiamiento de la adaptación al cambio climático están cimentados en principios preventivos y de gestión del riesgo. Por una parte, la Quinta Comunicación de México a la Convención Marco de las Naciones Unidas considera la existencia de dos elementos definitorios en la gestión del riesgo que fundamenta la adaptación al cambio climático en México: la vulnerabilidad y el peligro (SEMARNAT, INECC, 2012). Por su parte, la ENCC toma la precaución ante la incertidumbre como principio rector de las acciones de adaptación, determinando así el tipo de actividades y estrategias que respondan a los objetivos del sector público, así como de otros actores privados y sociales.

Sin embargo, la prevención, la gestión de riesgos y la reducción de la vulnerabilidad no se han visto reflejados como prioridades en la asignación de financiamiento climático, de tal forma que los limitados recursos invertidos en acciones de adapta-

ción no han logrado hacer frente a los retos que presenta el fenómeno a nivel nacional. Desde 2003, año en que comenzaron a movilizarse fondos a nivel internacional para atender los efectos del cambio climático, los recursos destinados a la adaptación han tenido una participación menos relevante que aquéllos destinados a la mitigación. Esto se debe en gran medida a que la naturaleza de los proyectos de adaptación requiere de una valorización distinta a las medidas de mitigación, pues sus resultados concretos, costos, beneficios, eficiencia y factibilidad son distintos a los que ofrece un proyecto de adaptación, cuyos resultados en la asimilación de los efectos negativos del fenómeno son más difíciles de medir y evaluar (IPCC, 2012; TERI, 2005).

Este problema se ha experimentado tanto a nivel nacional como internacional. En el caso de México, se manifiesta en la poca asignación de los recursos dirigidos a las medidas a nivel federal, estatal y municipal de acciones y programas de adaptación al cambio climático. La actual política de asignación fiscal no permite medir la efectividad de los recursos destinados a este ámbito y en la mayoría de las ocasiones se hace referencia a acciones que no necesariamente contribuyen a solventar medidas efectivas de adaptación. El desarrollo de mecanismos que permitan evaluar la efectividad de los recursos implementados, transparentar y dar acceso libre de información sobre la finalidad de los mismos, así como un régimen de rendición de cuentas, es una de las principales fallas de implementación a nivel nacional, ya que muchos de los limitados recursos asignados a la adaptación se transforman en subsidios o apoyo a prácticas poco sustentables como el regadío por medio de canales de agua y el uso de combustibles fósiles para la extracción de agua y uso de riego, que realmente no contribuyen a fortalecer la resiliencia de México frente a los efectos negativos del problema climático.

Así, a pesar de que México se encuentra en una situación vulnerable ante el cambio climático, el país aún no ha desarrollado mecanismos de trazabilidad, monitoreo, reporte y verificación, así como incentivos y el desarrollo de acciones específicas para financiar proyectos de adaptación al cambio climático. No existe información suficiente en México para determinar el estado en el que se encuentra el apoyo financiero para la adaptación en nuestro país y en todo caso esta se enfoca a determinar las principales situaciones y contextos a nivel nacional e internacional del financiamiento para la adaptación al cambio climático con el fin de establecer recomendaciones para generar una literatura que permita el desarrollo de dichas acciones.

En este sentido, a nivel nacional, el artículo 80 de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) establece que los recursos para el desarrollo de acciones de adaptación a los efectos del cambio climático serán prioritarios dentro de las acciones a financiar por el Fondo para el Cambio Climático (SEMARNAT, 2012). Sin embargo, actualmente el desarrollo de programas de adaptación en México no cuenta con el apoyo necesario para asumir los riesgos generados por el cambio climático a nivel local, estatal y municipal.

De acuerdo con datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Fondo Nacional de Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), el Gobierno Federal ha invertido alrededor de 140 millones de pesos entre 2005 y 2011 en prevención. Sin embargo, en el mismo periodo, el FONDEN, el cual se enfoca en la reconstrucción generada por fenómenos hidrometeorológicos, ha invertido cerca de 5.2 mil millones de pesos en programas de reconstrucción y emergencias, es decir, se han invertido hasta 37 veces los recursos en reconstrucción que los que se destinan a la prevención de desastres naturales en México (OCDE, 2013).

Actualmente la mayor cantidad de los recursos que se destinan a fuentes de adaptación a nivel nacional provienen del anexo transversal 15 del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), el cual establece las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático (SHCP, 2013). Este anexo se compone de las acciones establecidas por distintas secretarías y dependencias de la Administración Pública Federal (APF) a partir de las cuales es posible identificar la finalidad de los recursos.

La cantidad restante de los recursos invertidos en la adaptación provienen de las donaciones y los préstamos bilaterales, multilaterales y de los organismos internacionales. Al año 2014, en México existían 144 proyectos activos para hacer frente al cambio climático, de los cuales 20 cuentan con recursos destinados a la adaptación, mismos que alcanzan la cantidad de 1,919.83 millones de dólares estadounidenses (CEMDA, 2014). Por otro lado, el PEF asignó para el año fiscal de 2014 una cantidad total de 37.7 millones de pesos para la mitigación y adaptación al cambio climático (SHCP, 2013). Del total, el 55.59 % (20´957,430 pesos) se destinó a efectos de adaptación. No obstante, es importante destacar que dicha cantidad incorpora gastos de reconstrucción





de desastres naturales y recursos destinados para el uso de programas gubernamentales y financiamiento de las mismas dependencias de la APF.

En materia de Ciencia, Tecnología e Innovación, la adaptación al cambio climático en México cuenta con una participación mayoritaria del sector público, aun cuando el presupuesto ha mostrado variaciones modestas en las contribuciones de otros actores. El porcentaje de gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental (GIDE) en México es de 0.43 %, con una participación mayoritariamente gubernamental (59.6 %), seguido por el sector empresarial (36.8 %) y por actores privados no lucrativos como universidades, organizaciones y sociedad civil (3.6 %) (PECiTI, 2014). La adaptación al cambio climático es una línea estratégica del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación del CONACYT (PECiTI), no sólo en términos de gasto público, sino de fomento a la inversión en esta área, así como a una mayor participación de la sociedad civil en los procesos de implementación. A pesar de estos esfuerzos, está pendiente el monitoreo y evaluación del impacto de las medidas en términos de su eficacia y eficiencia. Esto es importante si se quiere lograr la sostenibilidad financiera que la adaptación al cambio climático requiere a largo plazo. Si bien a nivel nacional, la operación del FONDEN y FOPREDEN obliga a dar cuenta del uso apropiado de los recursos en tareas de emergencia, reconstrucción y restauración, no se sabe hasta dónde tales tareas han creado condiciones de menor vulnerabilidad y si el desempeño de los gobiernos estatales y municipales ha sido el adecuado.

Uno de los asuntos pendientes en la política nacional ante cambio climático es la de gestión de riesgo de desastres de origen hidrometeorológico (GDR-HM). La literatura sobre financiamiento y aseguramiento para la GRD-HM es limitada aunque ha ido en aumento y ha sido elaborada tanto por organismos financieros internacionales (World Bank, 2010. 2012; Banco Mundial, 2013) como por instituciones nacionales (World Bank, 2010; Aragón, 2012, 2008). Al respecto, en México desde mediados de los años 90, se han diseñado y puesto en operación distintos tipos de medidas de reducción de riesgo como es la inversión en la atención de desastres a través de fondos nacionales (FONDEN y FOPREDEN) y más recientemente, esquemas de aseguramiento de bienes e infraestructura pública (bono catastrófico, Cat-Bond) contra el impacto de huracanes. Con referencia a este último, el R-FONDEN es una herramienta capaz de producir simulaciones probabilísticas y replicar pérdidas materiales y humanas. Además provee medidas de riesgo financiero necesarias para diseñar esquemas de transferencia de riesgo como la "pérdida anual promedio" y la "curva de probabilidad de excedencia" e identifica escenarios de máximo riesgo (World Bank, 2012).

### 2.1 Financiamiento Internacional

Actualmente, cubrir los costos para la adaptación al cambio climático en los países en desarrollo es un gran reto para la comunidad internacional, ya que se estima que las acciones y medidas de adaptación en estas naciones requieren de un presupuesto entre los 100 y los 450 mil millones de dólares estadounidenses por año (ver también capítulo de Opciones de financiamiento para la mitigación en México, GT III RMCC). No obstante, las fuentes de financiamiento para hacer frente al calentamiento global a nivel internacional se han enfocado a la mitigación y no a programas, acciones e instrumentos de adaptación. En 2004, solo el 15 % de los recursos destinados al combate al cambio climático se dedicaban a los procesos de adaptación (ODI, 2012). A pesar de que este porcentaje se ha incrementado en los últimos años, debido al aumento de mecanismos internacionales de adaptación, como el Fondo para la Adaptación (AF) y el Fondo para los Países Menos Desarrollados (FPMD), en 2011 el porcentaje de recursos destinados a la adaptación era alrededor del 16 % a nivel global (CFU, 2013).

Los recursos para la adaptación asignados del 2003 al 2013 ascienden a un total de 3,426.80 millones de dólares estadounidenses, lo que corresponde al 16 % de los recursos generados internacionalmente para atender el cambio climático. El restante 84 % de los recursos corresponde a 17,990.70 millones de dólares estadounidenses, asignados a proyectos de mitigación a nivel internacional, incluyendo las iniciativas de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques (REDD+) (CFU, 2013). Lo anterior demuestra cómo los proyectos de mitigación, debido a la posibilidad de medición y reducción de emisiones de manera casi inmediata, han generado políticas más efectivas de implementación. No obstante, las acciones de mitigación requieren de mecanismos de apoyo y vinculación con las políticas de adaptación para desarrollar políticas integrales y sustentables. México es el séptimo país a nivel mundial en recibir recursos para cambio climático. En 2013, el país recibió alrededor de 740.04 millones de dólares estadounidenses etiquetados como financiamiento para el cambio climático. Sin embargo,

únicamente 12.16 millones de dólares estadounidenses se destinaron proyectos de adaptación, mientras que 635.22 millones de dólares estadounidenses se destinan a la mitigación (CFU, 2013). México ha priorizado y destinado una cantidad importante de recursos a proyectos de mitigación para el cambio climático, sin embargo, es el país número 68 a nivel mundial en recibir y destinar recursos para la adaptación. Lo anterior es especialmente preocupante una vez que se toma en consideración la vulnerabilidad geográfica, económica y social del país frente a los actuales y posibles efectos del cambio climático.

En un cálculo acumulativo de los proyectos vigentes en México, es posible identificar un total de 5,545.95 millones de dólares estadounidenses en situación de depósito, compromiso o implementación que ingresan a nuestro país de fuentes internacionales bilaterales y/o multilaterales. De dicha cantidad, el 34.62 %, (1,919.83 millones de dólares estadounidenses) se destinan a proyectos de adaptación, mientras que el restante 65.38 % (3,626.124 millones de dólares estadounidenses) es asignado a proyectos de mitigación (CEMDA, 2014). Por consiguiente, a pesar de que los recursos para la adaptación al cambio climático fueron sustancialmente menores en el 2013, el total acumulado de proyectos activos destinados a la mitigación en México comprenden un porcentaje más elevado de los recursos destinados al desarrollo de programas, proyectos y acciones de adaptación al cambio climático.

### 2.2 Financiamiento para la adaptación y gestión de riesgo de desastres

En esta sección se analiza la relación entre la financiación para la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo (ver también capítulo de Vulnerabilidad y riesgo del GT II). Se afirma que la gestión de riesgos de desastres de origen hidrometeorológico (GRD-HM) puede contribuir a la adaptación al cambio climático en la medida que facilite la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y sociales a los peligros climáticos. Así la GRD-HM por su naturaleza y orientación, puede contribuir a la construcción de capacidades institucionales para la adaptación al cambio climático (Thomalla et ál., 2006; Schipper y Pelling, 2006; Aragón, 2008). Para el caso de México, la literatura sobre financiamiento y aseguramiento para la GRD-HM es limitada aunque ha ido en aumento y ha sido elaborada tanto por organismos financieros internacionales (World Bank, 2010; 2012; Banco Mundial, 2013) como por instituciones nacionales (World Bank, 2010; Aragón, 2008; 2012). Al respecto, en México desde mediados de los años 90, se han diseñado y puesto en operación distintos tipos de medidas de reducción de riesgo como es la inversión en la atención de desastres a través de fondos nacionales (FONDEN y FOPREDEN) y más recientemente, esquemas de aseguramiento de bienes e infraestructura pública (bono catastrófico, Cat-Bond) contra el impacto de huracanes. Con referencia en éste último, el R-FONDEN es una herramienta capaz de producir simulaciones probabilísticas y replicar pérdidas materiales y humanas. El R-FONDEN provee medidas de riesgo financiero necesarias para diseñar esquemas de transferencia de riesgo como la "pérdida anual promedio" y la "curva de probabilidad de excedencia" e identifica escenarios de máximo riesgo (World Bank, 2012, pp. 217-218).

Por otro lado, uno de los asuntos pendientes en la política nacional de gestión de riesgo de desastres de origen hidrometeorológico es el monitoreo y evaluación del impacto de las medidas en términos de su eficacia y eficiencia. Esto es importante si se quiere lograr la sostenibilidad financiera que la adaptación al cambio climático requiere a largo plazo. Si bien a nivel nacional, la operación del FONDEN y FOPREDEN obliga a dar cuenta del uso apropiado de los recursos en tareas de emergencia, reconstrucción y restauración, no se sabe hasta dónde tales tareas han creado condiciones de menor vulnerabilidad y si el desempeño de los gobiernos estatales y municipales ha sido el adecuado. Al respecto, recientemente el Banco Mundial conjuntamente con la SHCP a través de su Dirección General de Seguros y Fianzas, estimó el impacto de las medidas estructurales diseñadas por la CONAGUA en el estado de Tabasco con la finalidad de evaluar sus beneficios económicos tanto en contextos rurales. Se espera que este trabajo se publique en 2014; avances de ello se pueden ver en un reporte borrador (Banco Mundial, 2014) donde se concluye que la inversión en Tabasco en medidas de Reducción de Riesgos de Desastres (DRR por sus siglas en inglés), principalmente a través del Programa Hidráulico Integral de Tabasco, ayudó a evitar daños y pérdidas por un monto de casi 30 mil millones de pesos mexicanos entre 2007 y 2010, años de grandes afectaciones provocadas por inundaciones en dos tercios del territorio estatal. Está pendiente la discusión de este reporte por la academia y sectores social y privado.





## Conclusiones

Este capítulo ha identificado la literatura principal publicada sobre diferentes opciones de adaptación al cambio climático por sectores, así como la información que existe en materia de financiamiento para la adaptación misma.

Para la parte de opciones de adaptación existe una literatura relativamente abundante pero con aplicaciones limitadas en el caso de México, basado más en casos aislados que en algo sistematizado. Por ello se recomienda lo siguiente:

- Sistematizar las experiencias de adaptación por sector y región de manera que se cuente con un catálogo/memoria de aplicaciones reproducible en otras latitudes de acuerdo a las condiciones. A partir de la sistematización de las experiencias de adaptación, identificar claramente las condiciones necesarias presentes para poder llevar a cabo las medidas de adaptación en distintas regiones, de acuerdo a sus características climatológicas y de dotación de recursos naturales. Estas condiciones previas son fundamentales para la instrumentación exitosa de las medidas de adaptación.

- Elaborar mapas de riesgos para identificar las zonas más afectadas ante la variabilidad y el cambio climático que permita identificar los problemas principales que se afrontan y a partir de esto se puedan plantear políticas de adaptación.

- Identificar los grupos de población y las actividades productivas afectadas dentro de cada región para diseñar políticas específicas preventivas y para mejorar sus condiciones de vida ante la presencia del cambio climático.

En conclusión, es necesario proponer, a partir de la información sistematizada descrita anteriormente, opciones de medidas que permitan la adaptación a las nuevas condiciones climáticas. Es crucial que las políticas de adaptación sean locales, haciendo caso de las condiciones geográficas, climáticas, productivas y sociales. Una política nacional de adaptación carece de sentido porque las condiciones son muy desiguales y políticas homogéneas tendrán efectos sumamente diferentes, y muchas veces contraproducentes, en las distintas regiones.

Este capítulo ha identificado también la principal literatura nacional publicada sobre diferentes opciones de adaptación al cambio climático por sectores así como la información que existe en materia de financiación para la adaptación misma.

Para la parte de financiación cabe destacar lo siguiente:

- La mayoría de la producción escrita sobre el tema de financiamiento para la adaptación en México está presente en la literatura denominada "gris" o no convencional. Es decir que para este estudio se identificaron fuentes que provienen de varios informes trabajados por organizaciones no gubernamentales (ONG) nacionales e internacionales sobre el caso de México y algunos documentos de Gobierno que reflejan el discurso y la narrativa internacional de la financiación para el desarrollo y la cooperación internacional económica. Sin embargo, en términos de producción científica nacional y crítica en revistas académicas o publicaciones de libros revisados por pares, la cantidad y calidad de la reflexión sobre el tema es incipiente. Se recomienda en este sentido promover la reflexión científica de estos temas en los ámbitos académicos nacionales así como promover las interrelaciones entre comunicación científica, e-prints y el acceso abierto a la literatura científica sobre este tema. Además se sugiere pasar de estimaciones cualitativas de los fondos necesarios para la adaptación a la utilización de herramientas cuantitativas y predicciones sobre posibles costos y beneficios de la adaptación. También se requiere incluir el tema de la medición de los impactos y revisar las metodologías disponibles para evaluar los progresos en la adaptación.

En cuanto a recomendaciones de política pública para el tema de financiamiento y con base en lo anteriormente descrito, cabe destacar lo siguiente:

- Proceder con los esfuerzos de transparencia y rendición de cuenta sobre la asignación, uso y seguimiento de recursos nacionales e internacionales para cambio climático. A pesar de que México tiene una estructura institucional de coordinación y que cuenta con capacidades para la planeación de medidas contra el cambio climático, es necesario que fortalezca su capacidad para planificar y ejercer de forma eficaz, eficiente y transparente los recursos nacionales e internacionales

requeridos para la implementación de dichas medidas, rindiendo cuentas sobre el uso de los recursos y los impactos y beneficios generados.

- Incluir la perspectiva de género en la distribución de los recursos después de fenómenos hidrometeorológicos asociados con el cambio climático. (ver capítulo de Género y Cambio Climático. Estado del arte y agenda de investigación en México, GT II del RMCC).

- Resulta necesario que se fortalezca la participación e involucramiento efectivo de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) tanto en la CICC como en el Fondo nacional para el Cambio Climático.

- Dado que el sistema financiero climático está centralizado y jerarquizado, la conducción de la política nacional tiene en el nivel nacional a sus actores más relevantes. Esto implica que los actores regionales y los niveles sub-locales tienen que involucrarse en los mecanismos de acceso a los recursos financieros internacionales para ampliar las iniciativas regionales y locales contra el cambio climático.





## Referencias

**Anantram**, K. & Noronha, L. (2005). Financing Adaptation. New Delhi, India: Center for Global Environmental Research. The Energy and Resources Institute [TERI].

**Andrade**, M. R. (2013). Alternativas de adaptación al riesgo climático en comunidades ganaderas de la costa de Chiapas, México. Disponible en: http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/handle/123456789/64

**Aragón**-Durand, F. (2008). Estrategias de protección civil y gestión de riegos hidro-meteorológico ante el cambio climático. México: .Instituto Nacional de Ecología, Coordinación del Programa de Cambio Climático.

**Aragón**-Durand, F. (2012). Análisis y diseño de medidas e instrumentos de respuesta del sector asegurador ante la variabilidad climática y el cambio climático en México. PNUD, INE, SEMARNAT. México, D.F.

**Atomic Energy International Agency** [AIEA] & United Nations Department of Economic and Social Affairs [UNDESA]. (2001). Energy Indicators for Sustainable Development: Country Studies on Brazil, Cuba, Lithuania, Mexico, Russian Federation, Slovakia and Thailand. UN & AIEA.

**Banco Mundial**. (2013). Las dimensiones sociales del cambio climático en México. Unidad
Administrativa del Sector de Desarrollo Sustentable. Región de América Latina y el Caribe.. Washington, D.C, USA. Autor.

**Banco Mundial.** (2014). Análisis de los impactos de las inversiones en prevención y reducción de riesgos: estudio de caso de Tabasco entre 2007 y 2010. *Reporte del Acuerdo de asistencia técnica entre la Secretaría de Gobernación de los Estados Unidos Mexicanos y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento en materia de Gestión Integral del Riesgo.*

**Barrios**, J. y Descroix, L. (2012). *Adaptación a los impactos del cambio climático en la zona semiárida mexicana*. México: SEMARNAT. 16(33), pp. 09-22.

**Boyd**, R. & Ibarrarán, M.E. (2009), Extreme Climate Events and Adaptation: An exploratory analysis of drought in Mexico.*Environmental and Development Economics*. 14, pp. 371-395. doi: 10.1017/S1355770X08004956.

**Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]**. (2014). REDD+ En México. Disponible en:
http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/proceso-nacional-redd

**Centro Mexicano de Derecho Ambiental [CEMDA].** (2014). La arquitectura financiera para el cambio climático en México: Retos y propuestas para una política financiera transparente y eficiente para la mitigación y adaptación al cambio climático en México. México: CEMDA.

**Climate Funds Update** [CFU]. (2013). Global climate finance data. Disponible en línea: http://www.climatefundsupdate.org/data

**Comisión Económica para América Latina y el Caribe** [CEPAL]. (2009). Estadístico de América Latina y el Caribe, 2008. CEPAL, Santiago de Chile.

**Comisión Intersecretarial de Cambio Climático [CICC]**. (2009). Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

**Comisión Nacional del Agua** [CONAGUA]. (2011). *Agenda del Agua 2030*. México: Autor.

**De Buen**, O.(Coord.) (2008). *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México*
2008-2012. Secretaría de Medio Ambiente/ Gobierno de la Ciudad de México.

**Durán**, N., Ruíz, J., Parra, J. R. y González, D. R. (2007). Adaptación climática y distribución geográfica potencial del grupo racial cónico del maíz en la república mexicana. CUCBA, 9(1), pp. 57-67. Disponible en:
http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/scientia_cucba_pdf/Scientia_9_1.pdf#page=61

**Flores**, V. F., Moreno-Casasola, P., De la Lanza-Espino, G. y Agraz, C. (2010). El manglar, otros humedales costeros y el cambio climático. En A. V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez, y J. L. Rojas-Galaviz(Eds.) *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. (pp. 165-188). Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL y Universidad Autónoma de Campeche,

**Ibarrarán**, M.E., Reyes, M.S. y Altamirano, A. (2014). Adaptación al cambio climático como elemento de combate a pobreza. *Región y Sociedad del Colegio de Sonora*. Manuscrito enviado para su publicación.

**Instituto Nacional de Ecología** [INE]. (2006). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Nacionaes Unidas*. México: S SEMARNAT, INE.

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático** [INECC]. (2012). *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: INECC.

**Landa**, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008). Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. SEMARNAT. Disponible en:
http://coclima.guanajuato.gob.mx/archivos/file/presentacion.pdf.

**Leff**, E. (2007). El turismo ante los retos del cambio climático y la sustentabilidad.
Ambientico. 170, pp. 3-8.
**Liceaga**-Correa, M.A., Arellano, M. L. y Hernández-Núñez, H. (2010). Efectos de los huracanes y cambio climático sobre el caribe mexicano: Adaptabilidad de los pastos marinos. En A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas-Galaviz (Eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. (p. 211-228). SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL y Universidad Autónoma de Campeche.
**Lucatello**, S. (2014). Global financial architecture for climate change and the Green Fund. En Lázaro, R.L, Ayala, M. C., Müller, U. Global Funds and networks:Narrowing the Gap between global policies and national implementation. Nomos, Baden- Baden. . DOI: 10.5771/9783845260426_1
**Magaña**, V. O. y Gay, G. C. (2000). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*. 65, pp. 7-23. Disponible en: file:///C:/Users/dv5/Downloads/Dialnet-VulnerabilidadYAdaptacionRegionalAnteElCambioClima-2887461.pdf
**March**, I. J., Cabral, H., Echeverría, Y., Bellot, M. y Frausto, J.M. (Eds.). (2011). Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas del Caribe de México. Serie Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas de México. México:Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.
**Martínez**, A. A., Manzanilla N. M. & Zavala, H. J. (2011) Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in México. *Atmósfera*, 24, pp. 103-123.
**Martínez**, P. S., Muñoz-Meléndez, G., Ojeda, R. L. (2014). Lacoordinación multi-institucional y las fronteras como un reto a las políticas de Cambio Climático. En N. Oddone, y H. Rodríguez (Comps.), Municipios y Cambio Climático: Hacia la construcción de una agenda de paradiplomacia ambiental. Granada, España: Unión Iberoamericana de Municipalistas. (en prensa)
**México REDD**+ 2014. Alianza México REDD+ con la gente por sus bisques. Disponible
en: www.alianza-mredd.org. Última modificación: Martes, 25 de marzo de 2014 por Webmaster
**Mirza**, M. M., Warrick, R. A., Ericksen, N.J. & Kenny, G.J. (2001). Are floods getting worse in the Ganges, Brahmaputra and Meghna basins? Environ. *Hazards*, 3(2), pp. 37–48.
**Mirza**, M. M., (2003).Climate change and extreme weather events: can developing countries adapt? *Climate Policy*, 3 (2003) pp. 233–248.
**Moreno**, A., Calderón, MC., Riojas, H. Anglés, M., Ramsey, J., Moreno Banda, G., Chuc, S., Moo, A., Pinto, J. (2015). Salud humana. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México: UNAM-PINCC.
**Ojeda**, B. W., Sifuentes, I. E., Rojano, A. A., e Iñiguez, C. M. (2012). Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático. En C. Patiño y P. Martínez. (Eds.) Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México, (pp: 65-113). Vol. IV. . Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
**Organización para la Cooperación y el Desarrollo** [OCDE]. (2013). Estudio sobre el sistema nacional de protección civil en México. Francia: Autor.
**Overseas Development Institute** [ODI]. (2012). Climate finance thematic briefing: adaptation finance. Climate funds update. Reino unido: Autor.
**Plan de Acción Climática Municipal** [PACMUN]. (2014). Municipios participantes:. Disponible en: http://pacmun.org.mx/municipios-participantes/.
**Panel Intergubernamental de Cambio Climático** [IPCC]. (2007). Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability (AR4), Contribution of Working Group II.
**Panel Intergubernamental de Cambio Climático** [IPCC]. (2012). Glossary of terms, *Managing the risk of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. USA: New York University Press.
**Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación** [PECiTI]. (2014). **Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2014-2018**.
**Samaniego**, J.L. (Coord.) (2009). *Cambio climático y desarrollo en América Latina y El Caribe: una reseña*. Santiago de Chile: Naciones Unidas. CEPAL, GTZ.
**Schipper** & Pelling. (2006). Disasters risk, climate change and international development:
scope for, and challenges to, integration. *Disasters*, 30(I), pp.19-38.
**Secretaría de Hacienda y Crédito Público** [SHCP]. (2013). Presupuesto de Egresos de la
Federación para el Ejercicio Fiscal 2014. En *Diario Oficial de la Federación* México: Secretaría de Gobernación.
**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** [SEMARNAT]. (2012a). *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México.
**SEMARNAT**. (2012b). Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*. México: Secretaría de Gobernación.





**SEMARNAT**. (2013). *Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40*. México: Gobierno de la República.
**SEMARNAT**. (2014). *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. Diario Oficial de la Federación*. México: Secretaría de Gobernación.
**Secretaria de Turismo** [SECTUR]. (2014). Productos Turísticos. Disponible en: http://www.sectur.gob.mx/desarrollo-turistico/gestion-de-destinos/productos-turisticos/
**Sheinbaum**, P. C. y Vázquez, M. O.(2006). *Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal*. México: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.
**Tejeda**, M. A., Guadarrama, O. M., Ochoa, M. C. Medina, Ch. A., Equihua, Z. M. Cejudo, B. A., Marín, H. M. (2008). *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*. México: Universidad Veracruzana; Instituto Nacional de Ecología; Embajada Británica México; Centro de Ciencias de la Atmósfera -UNAM e Instituto Nacional de Ecología, A.C.
**Thomalla**, F. Downing, T. Spanger-Siegfired, E., Han, G. & Rockstrom, J. (2006). Reducing hazard vulnerability: towards a common approach between disaster risk reduction and climate adaptation *Disasters*, 30(I), pp. 39-48.
**Transparencia Mexicana**: *El financiamiento internacional para cambio climático en México: arquitectura institucional y retos para la transparencia y rendición de cuentas en la efectividad del uso de los recursos*. Disponible en: http://www.tm.org.mx/wp-content/uploads/2013/10/PolicyPaper_TM_Financiamiento-Internacional-para-Cambio-Clim%C3%A1tico-en-M%C3%A9xico.pdf
**Vázquez**, V., Castañeda, I., Molina, D., Sosa, DM., Chablé, E., Rivero, C. (2015). Género y cambio climático. Estado del arte y agenda de investigación en México. En Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación. México: UNAM-PINCC.
**World Bank**. (2010). Natural Hazards, Unnatural Disasters. The economics of prevention. Overview. P.50.
**World Bank**. (2012). Disaster Management in Mexico: from response to risk transfer. In Improving the assessment of disaster risks to strengthen financial resilience G2012. Washington D.C., USA: GFDRR, Estados Unidos Mexicanos,
**Zavala**-Hidalgo, J., De Buen, R., Romero-Centeno, R. y Hernández, F. (2010). Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas. En A. V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez, J. L. Rojas-Galaviz (Eds.).Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático, (pp. 249-268).. Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT-INE, UNAM-ICMyL y Universidad Autónoma de Campeche.

# Capítulo 13

## VULNERABILIDAD Y RIESGO

**Autor líder:**
Daniel Rodríguez Velázquez[39].

**Autores colaboradores:**
Simone Lucatello[2] y Fernando Briones[40].
Deysi Ofelmina Jerez Ramírez[41], Lorena E. Vera Martínez[2] y Carolina Pinilla[42].

[2]Instituto Mora Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas,
[40]CIESAS Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, [39]UNAM Escuela Nacional de Trabajo Social,
[41]UNAM Posgrado de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales,
[42]UNAM CIGA Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Campus Morelia.

**Palabras clave:** Riesgo, vulnerabilidad, desastre, adaptación, prevención.

## Resumen

Riesgo y vulnerabilidad adquieren un sentido teórico importante para el estudio del cambio climático, dado que las evidencias de desastres asociados con el cambio climático (CC) adquieren mayor relevancia conforme se comprueban diversas hipótesis contempladas en los escenarios proyectados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y académicos mexicanos, pero sobre todo por las condiciones de vulnerabilidad social prevalecientes, que constituyen un factor central para la comprensión de la crisis climática y sus implicaciones.

El cambio climático es un macroproceso de carácter complejo, expresa interrelaciones entre causas y efectos que influyen en los sistemas socioeconómicos, territoriales y ecosistémicos, expresando la influencia de prácticas y estructuras sociales, económicas y políticas que conforma el actual modelo de subdesarrollo en el cual se incrementa la vulnerabilidad por la carencia de estrategias de adaptación y prevención de desastres.

Este capítulo tiene como objetivo exponer los aportes de diversos estudios científicos relacionados con vulnerabilidad y riesgo en materia de cambio climático en México. Tiene en cuenta la conceptualización, el contexto empírico, la metodología y la interpretación de las influencias recíprocas entre clima y sociedad; observa nuevas condiciones de riesgo en diversos ámbitos regionales y sectoriales; y remite a diversos capítulos del Reporte Mexicano de Cambio Climático vinculados con vulnerabilidad y riesgo. La estructura del capítulo incluye aspectos relacionados con aspectos teórico-metodológicos, el contexto internacional y la situación nacional (acotando tres periodos de la producción científica en la materia); además se da cuenta de las dimensiones de vulnerabilidad y riesgo, enfocando aspectos relevantes acerca del sector agrícola, los ecosistemas y la migración. Por otra parte se presentan diversas recomendaciones y anexos que sintetizan aportes teórico-empíricos sobre vulnerabilidades clave y riesgos clave, e incluso riesgos de carácter emergente en México, en el contexto de la región de Norteamérica. Se finaliza exponiendo diversas preguntas clave y las respuestas que derivan de este capítulo.

## Introducción

En este trabajo se expone un acercamiento general de la producción académica en México relacionada con riesgos, desastres y cambio climático, que en los últimos años aporta conocimientos para replantear el enfoque tradicional que vincula impactos, adaptación y vulnerabilidad. El estudio de las repercusiones observadas y las previsibles que marcaron en un principio tanto el estudio del cambio climático antropogénico como los esfuerzos internacionales y nacionales por atender sus causas y efectos, permiten identificar los diferentes conceptos y dimensiones que se presentan claves en la configuración de los discursos teórico-metodológicos y los referentes empíricos, respecto al riesgo y la vulnerabilidad, teniendo en cuenta que el cambio climático como proceso complejo influye en la dialéctica de causas e impactos en la sociedad, los ecosistemas naturales y, en general, en la vida de las especies vivas, incluyendo la humana.

Enfatizamos los aportes de la literatura científica, complementando el análisis correspondiente con la selección de algunos documentos inscritos en la denominada literatura gris (principalmente documentos oficiales, desde leyes, planes, programas y otros), con base en un enfoque teórico-conceptual integrador, desde el cual se exponen los hallazgos científicos materia de este capítulo, teniendo en cuenta la realidad nacional en el contexto global, además de diversas escalas territoriales y aspectos sectoriales específicos. Lo anterior parte de reconocer la creciente influencia del cambio climático en la reflexión teórica y en el diseño de políticas públicas orientadas a la prevención y mitigación —en su acepción de reducción de daños— de desastres, que en el ámbito mundial precedieron a las establecidas en materia de adaptación a los efectos previsibles y observados del cambio climático y a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en los ámbitos internacional y de México.

Es notoria la fragmentación de la literatura científica. Por una parte las ciencias naturales y disciplinas afines buscan identificar las correlaciones entre las amenazas relacionadas al cambio climático y sectores específicos, por ejemplo el agrícola. Por otra parte, las ciencias sociales enfatizan los procesos de largo plazo que generan contexto de vulnerabilidad. En ambos casos se aprecia la preocupación de mejorar la resolución de la escala de análisis y la claridad conceptual a fin de ofrecer diagnósticos





y propuestas aplicables. En razón de lo anterior, en este capítulo se documentan los ejes de convergencia interdisciplinaria producidos en la literatura científica analizada.

Este reporte incluye diversos contenidos, como son el contexto teórico-metodológico y antecedentes de los estudios sobre cambio climático y desastres; riesgo y vulnerabilidad en los contextos internacional y nacional, en este segundo caso se presenta una primera periodización de los estudios sobre riesgos, desastres y cambio climático, así mismo se exponen de manera sintética resultados de investigaciones que documenten la vulnerabilidad y el riesgo asociados al cambio climático. Por otra parte, damos cuenta de estudios referidos a los llamados eventos extremos y algunos ejemplos en rubros tales como son agricultura, ecosistemas y la migración. Las recomendaciones se plantean en dos niveles: el ámbito científico y el relacionado con políticas públicas. Finalmente, incluimos en el anexo elementos analíticos del GII del IPCC en su quinto reporte: 1) la caracterización de vulnerabilidades clave, riesgos clave y riesgos emergentes; y 2) los riesgos emergentes en México y Norteamérica, atendiendo a que el propio IPCC refiere mayores riesgos y vulnerabilidad en México.

## 1. Contexto teórico-metodológico y antecedentes de los estudios sobre cambio climático y desastres

### 1.1 Riesgo y vulnerabilidad en el contexto internacional

Un primer antecedente en la materia fue el Decenio Internacional para la Reducción de "Desastres Naturales" (1990-1999), promovido por la Asamblea General de Naciones Unidas para profundizar en el diagnóstico y en las definiciones de los desastres relacionados con fenómenos naturales —destacando los fenómenos entendidos como peligros o amenazas hidrometeorológicas—. Al institucionalizarse la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) en 2005, la ONU asumió la importancia de reconocer los desastres como no naturales, aunque el organismo respectivo aún enfatiza los peligros o amenazas naturales como su principal universo de atención.

En 2007 el IPCC emitió su cuarto reporte (AR4), en el cual expuso las bases científicas que demuestran que el actual ciclo de cambio climático es diferente a la variabilidad climática de carácter natural (ver trabajos del Grupo I del Reporte Mexicano de Cambio Climático [RMCC]), tratándose de un proceso global resultante de la influencia de la sociedad en el propio clima, razón por la cual se le conoce como cambio climático antropogénico.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD por sus siglas en inglés) elaboró el "Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008", enfatizando los problemas de riesgo y vulnerabilidad en un mundo desigual y en el contexto del "cambio climático peligroso", subrayando la necesidad de adaptación en función de la inevitabilidad de los desastres asociados a éste. En 2009 Naciones Unidas publicó a través de la EIRD, el "Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres 2009", enfocando el planteamiento estratégico al asunto de la pobreza frente al riesgo de desastres. Propone conceptos tales como "riesgos globales concatenados", "amenazas múltiples", "riesgo extensivo e intensivo"; centra en su análisis diversas amenazas (ciclones tropicales, inundaciones, deslizamientos de tierra, agregando otras tales como: terremotos, sequías, tsunamis e incendios forestales y de biomasa). Enuncia los "factores subyacentes" de riesgo: 1) medios de vida rurales, 2) gobernanza, 3) declive de ecosistemas y 4) cambio climático global; además, propone opciones para reducir los "factores subyacentes del riesgo": 1) fortalecimiento de medios de vida, 2) asociaciones para la gobernanza urbana y local, 3) financiación para la gestión del riesgo de desastres, 4) gestión de los servicios de ecosistemas, 5) tecnologías medioambientales, y 6) enfoques comunitarios y locales en la reducción del riesgo de desastres.

Dos años después, en 2011, el Programa de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos publicó el reporte global sobre ciudades y cambio climático; en él se enfatizan los vínculos entre procesos de urbanización y CC, da cuenta de los impactos del CC en las áreas urbanas: 1) los peligros naturales; 2) infraestructura física; 3) aspectos económicos; 4) salud pública; 5) aspectos sociales; 6) desplazamiento y migración forzosas; 7) vulnerabilidad urbana. Sin duda el AR4 del IPCC (2007) sentó un precedente importante al exponer el carácter antropogénico del CC observado en tiempos históricos recientes, por lo que sus resultados conforman un momento de ruptura epistemológica en el conocimiento del CC.

Por otra parte, el AR5 (2013) aporta elementos para identificar las tendencias recientes de vulnerabilidad y riesgo a nivel conceptual (vulnerabilidades clave, riesgos clave y riesgos emergentes) (ver Cuadro1). En el caso de los riesgos emergentes, el mismo documento alude a aquellos riesgos para México, sólo que en dicho reporte nuestro país fue clasificado como parte de la región norteamericana, en un cambio geopolítico no explicado por el IPCC respecto al AR4, donde México fue ubicado en la región latinoamericana (ver Cuadro 2).

**Cuadro 1. Vulnerabilidades clave, riesgos clave y riesgos emergentes**

| # | Peligros | Vulnerabilidades clave | | Categoría | Riesgos clave | Riesgos emergentes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Elevación del nivel del mar, inundaciones costeras, ciclones tropicales extremos. | Alta exposición de las personas, de las actividades económicas y de la infraestructura, en zonas costeras bajas y en pequeños países insulares.<br><br>Población urbana desprotegida por viviendas con estándares inferiores y aseguramiento inadecuado. En tanto la población rural está marginada con pobreza multidimensional y limitadas opciones de sustento.<br><br>Insuficiente atención de gobiernos locales a la reducción del riesgo de desastre. | | Exposición<br><br>Vulnerabilidad social<br><br>Vulnerabilidad institucional | Muerte, lesiones y disrupción en las condiciones de vida, en las provisiones y en el abasto de agua potable.<br><br>Pérdida de recursos comunitarios, sentido de lugar e identidad, especialmente en las poblaciones indígenas en zonas rurales costeras. | Interacción de rápida urbanización; elevación del nivel del mar; incremento de actividades económicas; desaparición de recursos naturales y restricciones de los aseguramientos.<br><br>Existe una pesada carga para manejar del riesgo, desde la acción del Estado hacia aquéllos sectores más vulnerables, en los que el riesgo principal radica en la gran desigualdad existente. |
| 2 | Calentamiento, sequía y variabilidad pluvial | Poblaciones pobres en asentamientos urbanos y rurales son susceptibles a la inseguridad alimentaria.<br><br>Afecta economías dependientes de la agricultura, incluye a los productores que son compradores netos de alimentos, a importadores y por supuesto a personas de bajo ingreso.<br><br>Limitada capacidad para resolver situaciones en los hogares de personas viejas y en aquellos liderados por mujeres. | | Vulnerabilidad social<br><br>Vulnerabilidad institucional | Riesgo de daños y pérdida de vidas debido al retroceso en los progresos en reducción de desnutrición. | Interacciones entre CC, crecimiento de población, reducción de la productividad, cultivo y cosecha de biocombustibles, los precios de alimentos persistentemente desiguales, la seguridad alimentaria entre los pobres aumenta la desnutrición, elevando en gran escala la carga de enfermedades. El cansancio de redes sociales reduce la capacidad de aprendizaje. |
| 3 | Precipitaciones pluviales intensas e inundaciones tierra adentro | Gran cantidad de personas expuestas en áreas urbanas a inundaciones, particularmente en asentamientos informales de bajos ingresos.<br><br>Infraestructura de drenaje urbano inadecuada, muy añeja y con pobre mantenimiento.<br><br>Limitada capacidad para enfrentar y adaptarse desde la marginación, la elevada pobreza y la imposición cultural de roles de género.<br>Inadecuada atención gubernamental hacia la reducción de riesgo de desastres. | | Exposición<br><br>Vulnerabilidad social | Muerte, lesiones y disrupción de la seguridad humana, especialmente para niños, adultos mayores y discapacitados. | Interacción del incremento de la frecuencia de precipitaciones intensas, urbanización y límites de aseguramiento; existencia de limitaciones para cambiar el manejo de riesgos desde el Estado en el contexto de profunda desigualdad; erosión de recursos debido a la infraestructura dañada; abandono de distritos urbanos y la persistencia de alto riesgo/alta pobreza en espacios peligrosos. |
| 4 | Sequía | Población urbana con inadecuados servicios de agua.<br><br>Pérdida de agua e irregular suministro y contracción del incremento de las provisiones respectivas.<br><br>Reducida capacidad de resiliencia en los regímenes de administración del agua, incluyendo los vínculos rural-urbanos. | | Vulnerabilidad social<br><br>Vulnerabilidad institucional | Insuficiente suministro de agua para las personas y la producción industrial, daños severos e impactos económicos. | Interacción entre urbanización, insuficiencia de infraestructura y agotamiento de aguas subterráneas. |
| | | Pobre dotación de agua a agricultores y ganaderos en tierras secas e insuficiente acceso al agua para consumo humano e irrigación.<br><br>Limitada habilidad para compensar pérdidas en sistemas agrícolas y ganaderos, y conflictos por recursos naturales.<br><br>Inapropiada política de suelo y falta de percepción y socavamiento de los medios de vida en la ganadería. | | Exposición<br><br>Vulnerabilidad social<br><br>Vulnerabilidad institucional | Reducción de productividad agrícola y/o ingreso de la población rural.<br><br>Destrucción de condiciones de vida, particularmente aquellos dependientes de uso intensivo del agua en agricultura.<br><br>Riesgo de inseguridad alimentaria | Interacciones que cruzan vulnerabilidades humanas: deterioro de condiciones de vida, bloqueo a los pobres, incremento de la inseguridad alimentaria, decrecimiento de la productividad de la tierra, emigración rural e incremento de nuevos pobres urbanos en países de ingreso bajo y medio. Potencial reducción de lluvias afectará sistemas agrícolas alimentarios y/o ganaderos. |

**Cuadro 1. Vulnerabilidades clave, riesgos clave y riesgos emergentes**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Nuevos peligros producirían riesgos sistémicos. | Poblaciones e infraestructuras expuestas y falta de experiencia histórica ante estos peligros.<br><br>Deficiente manejo de peligros específicos, planeación y diseño de infraestructura y/o baja capacidad para pronosticar. | | Exposición<br><br>Vulnerabilidad institucional | Falla de sistemas vinculados a sistemas de energía eléctrica e.g. sistemas de drenaje apoyado en instalaciones eléctricas o servicios de emergencia apoyados en telecomunicaciones. Colapso de servicios de salud y emergencia ante eventos extremos. | Interacciones debido a la dependencia en sistemas ligados entre si, respecto a la magnificación de impactos con eventos extremos.<br><br>Reducida cohesión social debido a la pérdida de confianza en las instituciones que socavan la preparación y capacidad de respuesta. |
| 6 | Aumento de la temperatura oceánica, acidificación y pérdida de hielo Ártico. | Alta susceptibilidad de arrecifes coralinos de agua caliente y los respectivos servicios ecosistémicos para las comunidades costeras; alta susceptibilidad de sistemas polares, e.g. hacia especies invasivas.<br><br>Susceptibilidad de costas y pequeños países insulares y comunidades pesqueras dependientes de esos servicios ecosistémicos y de asentamientos árticos y su cultura. | | Vulnerabilidad ambiental | Pérdida de la cubierta de coral, especies árticas y ecosistemas asociados con la reducción de la biodiversidad y pérdidas potenciales de importantes servicios ecosistémicos.<br>Riesgo de pérdida de especies endémicas, mezcla de diversos tipos de ecosistemas e incremento de la dominancia de organismos invasores. | Interacciones de estresores como la acidificación y calentamiento en organismos calcáreos, riesgo incrementado. |
| 7 | Aumento de temperaturas de las tierras, cambios en patrones de precipitación y frecuencia e intensidad de calor extremo. | Susceptibilidad de las sociedades a perder la provisión, regulación y servicios culturales de los ecosistemas terrestres.<br><br>Susceptibilidad de sistemas humanos, agro-ecosistemas y ecosistemas naturales a: i) pérdida de regulación de pestes y enfermedades, incendios, deslizamientos de tierra, erosión, inundaciones, avalanchas, calidad del agua y clima local; ii) pérdida de la provisión de alimentos, ganadería, y bioenergía; iii) pérdida de recreación, turismo, valores estéticos y patrimoniales y biodiversidad. | | Vulnerabilidad económica<br><br>Vulnerabilidad ambiental | Reducción de biodiversidad y pérdidas potenciales de importantes servicios ecosistémicos. Riesgo de pérdida de especies endémicas, mezclando diversos tipos de ecosistemas e incremento de la dominancia de organismos invasivos. | Interacción de ecosistemas socioecológicos con pérdida de servicios ecosistémicos los cuales dependen de éstos. |
| 8 | Incremento en la frecuencia e intensidad de calor extremo, incluyendo efecto de islas urbanas de calor | Incremento de población urbana vulnerable: ancianos y muy jóvenes, mujeres embarazadas y personas con problemas crónicos de salud en asentamientos sujetos a altas temperaturas.<br><br>Incapacidad de organizaciones locales para proveer servicios de salud y emergencia, así como servicios sociales para adaptarse a nuevos niveles de riesgo de grupos vulnerables. | | Vulnerabilidad económica<br><br>Vulnerabilidad ambiental<br>Vulnerabilidad social<br><br>Vulnerabilidad institucional | Incremento de la mortalidad y morbilidad durante periodos de extremo calor. | Interacción de cambios en la temperatura regional extrema, islas locales de calor y polución del aire con los cambios demográficos.<br><br>Aumento de la demanda de servicios de salud y de emergencia.<br><br>Mortalidad, morbilidad y pérdida de productividad entre los trabajadores manuales en climas cálidos. |

**FUENTE: Elaboración propia, con base en IPCC WGII AR5 (2013), Chapter 19. Emergent Risks and Key Vulnerabilities, Table 19-4, 28 october.**

**Cuadro 2.**
**Riesgos emergentes en México y Norteamérica***

| Peligros | Vulnerabilidades clave | Riesgos clave | Riesgos emergentes |
|---|---|---|---|
| Incremento en la frecuencia y/o intensidad de eventos extremos, como fuertes precipitaciones, inundaciones ribereñas y costeras, olas de calor y sequías. | Infraestructura física en estado declinante en áreas urbanas particularmente susceptibles. También incremento en disparidades de ingreso y limitadas capacidades institucionales pueden resultar en grandes proporciones de personas susceptibles a estos estresores debido a limitados recursos económicos. | Riesgo de daños y pérdidas en áreas urbanas, particularmente en costas y ambientes secos debido al aumento de las vulnerabilidades de grupos sociales, sistemas físicos e institucionales combinados con el incremento de eventos climáticos extremos. | Incapacidad para reducir la vulnerabilidad en muchas áreas como resultado del incremento del riesgo con los cambios observados en los riesgos físicos. |
| Altas temperaturas, acelerado decrecimiento y baja humedad del suelo causado por el cambio climático.<br><br>Incendios forestales y condiciones de sequía. | Vulnerabilidad de los pequeños productores rurales, particularmente en la agricultura mexicana y de los pobres en los asentamientos rurales. | Riesgo de que se incrementen pérdidas y descenso en la producción agrícola. Riesgo alimentario e inseguridad laboral para pequeños productores rurales y grupos sociales en regiones expuestas a estos fenómenos. | Incremento de riesgos de inestabilidad social y disrupción económica local, causados por la migración interna. |
| Tormentas extremas y eventos calurosos, polución del aire, polen y enfermedades infecciosas. | Grupos indígenas, residentes de bajo ingreso en áreas periurbanas y sistemas forestales. | Riesgo de pérdida de la integridad de los ecosistemas, pérdidas de propiedades, morbilidad y mortalidad humana debido a incendios forestales. | |
| Inundaciones ribereñas y costeras y aumento del nivel del mar. | La susceptibilidad de los individuos está determinada por factores como estatus económico, situación preexistente de salud, edad y acceso a recursos. | Incremento del riesgo por temperaturas extremas –tormentas-, polen y enfermedades infecciosas relacionadas con morbilidad o mortalidad humana. | |
| | Incremento de la exposición de la población, propiedad así como de los ecosistemas, parcialmente causados desde destrucción de redes de drenaje. Grupos y sectores económicos con alta dependencia de diferentes provisiones; las instituciones de salud pública pueden enfrentar disrupciones; grupos que tienen limitadas capacidades aprendidas para tratar con interrupciones en cadena de suministros y disrupciones a sus condiciones de vida son particularmente susceptibles. | Riesgo de daños a la propiedad, disrupción en cadena de las provisiones, salud pública, afectación de la calidad del agua, disrupción de ecosistemas, daños a la infraestructura y disrupción del sistema social por inundaciones urbanas, desbordamiento de ríos e inundaciones costeras y por redes de drenaje. | Riesgos múltiples desde la interacción entre peligros y condiciones de vida de la población, infraestructura y servicios. |

***/ La fuente hace referencia al capítulo 26, en el cual refiere mayores riesgos y vulnerabilidad en México.**
**FUENTE: Elaboración propia, con base en IPCC WGII AR5 (2013), Chapter 19. Emergent Risks and Key Vulnerabilities, Box CC-KR Table, 28,october.**

Una paradoja no resuelta es que, a pesar de los conocimientos aportados en las ciencias sociales y de la tierra, reconocidos en el ámbito internacional,, los resultados, propuestas y recomendaciones expuestos no han logrado consolidar enfoques multi o interdisciplinarios en México, necesarios para diseñar una agenda de investigación que trascienda las fronteras disciplinares e institucionales y que contribuya a prevenir y atender causas y efectos del cambio climático.





### 1.2 Situación nacional

Los planteamientos teóricos, como es el caso de las interpretaciones "estructurales" desde ciencias físicas, naturales y sociales aún no confluyen en la explicación de la causalidad societal del denominado cambio climático antropogénico, dado que desde los estudios geofísicos y atmosféricos se confiere un alto grado de importancia a los modelos y escenarios configurados a partir de premisas teóricas y técnicas referidas al clima como variable independiente con dos indicadores específicos que son la temperatura y la precipitación pluvial, mientras que en los estudios de diversas disciplinas de ciencias sociales y humanidades se incursiona en varios aspectos, tales como análisis económico-financieros, vulnerabilidad social y riesgo de desastre. Por otra parte, las escalas de análisis de las ciencias sociales permiten un acercamiento al terreno que ofrecen particularidades que tienen que ser revaloradas. La comprensión de los contextos locales y regionales puede funcionar como punto de partida para programas de mitigación y adaptación, incluso a escala nacional.

A grandes rasgos tenemos que en el discurso gubernamental plasmado en los documentos rectores en materia de planeación, la idea de política del Estado ante los desastres quedó acotada desde el Plan Global de Desarrollo 1980-1982 y en las subsecuentes versiones del Plan Nacional de Desarrollo (PND), desde el periodo 1983-1988 al —2013-2018—, esto en la perspectiva de la seguridad nacional, entendida como sinónimo de intervención de las fuerzas armadas, la cual es la base para la actuación institucional del gobierno federal. Por otra parte, en el PND 2007-2012, ante el cambio climático se asume mayor interés en los elementos de política más cercanos a la mitigación que a la adaptación, situación parecida a la observada en el PND 2013-2018, incluyendo diversos componentes en materia de adaptación, que dicho sea de paso, fueron más desarrollados en el Programa Especial de Cambio Climático en sus versiones 2009-2012 y 2014-2018.

#### 1.2.1. Periodización de los estudios sobre riesgos, vulnerabilidad, desastres y cambio climático

En el ámbito de los desastres se distinguen distintas etapas de estudios sobre desastres y vulnerabilidad inscritos en las ciencias sociales a partir de 1985 (Rodríguez, 2007), precediendo los periodos aquí consignados, referidos a variabilidad climática y cambio climático desde 1994.

Distinguimos tres periodos en la producción científica mexicana en este campo del conocimiento. En una *primera etapa (1994-1999)* los trabajos científicos enfocaron su atención a la variabilidad climática, reconociendo como principal generador de la misma el fenómeno conocido como El Niño; se estudian los sectores de agua, bosque y agricultura considerando las fluctuaciones en materia de precipitación e incremento de temperatura con base a los modelos y los escenarios de clima elaborados en las ciencias físicas, también se formulan los primeros estudios sobre emisiones y mitigación, además de la vulnerabilidad como exposición a impactos ligada con planteamientos iniciales de adaptación, que incluye impactos socioeconómicos, asentamientos humanos y ecosistemas. En esta etapa destacan trabajos pioneros desde un acercamiento multidisciplinario (Gay et ál., 1994; Gay, 1995; y 2000; Aguilar, 1995; Conde et ál 1995 y 1996; Mendoza et ál., 1995; Villers, 1995; y Masera, 1995). Se concibe la vulnerabilidad como la condición de susceptibilidad que intensifica los efectos potenciales de la variabilidad climática y del cambio climático. Por otra parte la producción académica refiere el fenómeno de Oscilación del Sur "El Niño" (ENSO, por sus siglas en inglés) y su conceptualización dentro de los procesos de alteración del clima. Los impactos de fenómenos interanuales se analizaron para el territorio mexicano (Magaña et ál., 1998a, 1998b y 1999; Rosquillas, 1998), así mismo sus efectos fueron objeto de estudio en los aspectos sociales, económicos y de efectos en la agricultura (Delgadillo et ál., 1999; Conde et ál., 1999). Los modelos agroclimáticos, la recolección, sistematización e interpretación de los costos y daños generados por los desastres relacionados con el ENSO (Magaña, 1999). También destacan estudios sobre el caso del estado de Veracruz (Jáuregui y Zitácuaro, 1995; Tejeda, 1995).

La producción de conocimientos sobre desastres antecede a esta primera etapa, con una vasta producción referida a las interrelaciones observadas entre estado, sociedad y desastre considerando riesgos diversos asociados con peligros geológicos y tecnológicos, principalmente, desde el planteamiento conceptual de la vulnerabilidad como construcción social, sobre todo por el desastre derivado de los efectos de los sismos sobre una estructura urbana y social vulne-

rable en la ciudad de México, en septiembre de 1985 y después con las múltiples explosiones de hidrocarburos en la ciudad de Guadalajara en 1992 (entre otros, tenemos a Bassols, 1986; Dettmer, 1996; García, 1992; García et ál., 1995; Padilla y Reguillo, 1993); por su parte, López y Rodríguez coordinan la publicación de diversos trabajos vinculando sustentabilidad con vulnerabilidad; finalmente, destaca un trabajo multidisciplinario sobre riesgos por peligros hidrometeorológicos en Sinaloa (Delgadillo, 1996).

En la *segunda etapa (2000-2009)* hay mayor profundización en el análisis del cambio climático global o antropogénico considerando rubros tales como modelos, escenarios, emisiones y mitigación, sumando estudios sobre impactos regionales y nacionales, los fenómenos hidrometerológicos son entendidos como amenazas naturales asociadas con el CC; los aspectos sociales, económicos y energéticos se integran con mayor importancia en la agenda de la investigación sobre vulnerabilidad y adaptación, lo mismo ocurre con rubros tales como energía y transporte; se mantienen como articuladores temas tales como agua, bosques, agricultura, ecosistemas, asentamientos humanos. Finalmente, en el periodo actual (de 2010 a la fecha) además de los rubros anteriormente referidos, adquieren mayor relevancia destacando ciudades, desastres, género y políticas públicas (planeación, programación, financiamiento), adaptación y resiliencia, ayuda humanitaria global; conceptualmente se plantean el riesgo climático, la vulnerabilidad como proceso complejo, y la justicia climática además se consolidan estudios que afirman la importancia de fenómenos o eventos extremos, acotando así las tendencias recientes de los patrones de ocurrencia y recurrencia de las amenazas hidrometeorológicas y su vinculación con peligros geológicos. Esta etapa se caracteriza por los avances en las ciencias climáticas y la mejora en los métodos e instrumentos de mediación y pronóstico, la mayor demanda de información por parte del gobierno y de la sociedad civil, así como los aportes de las ciencias sociales. Se generan trabajos que profundizan en aspectos de riesgos, adaptación, impactos y vulnerabilidad, algunos de ellos configuran importantes referentes donde confluyen estudios desde ciencias físicas y sociales (Magaña y Gay, 2002; Martínez y Fernández, 2004; Landa et ál., 2008; Conde, 2006; Urbina y Martínez, 2006), y los casos de Puebla (Domínguez, 2000) y Veracruz (Tejeda y Welsh, 2007).

En la *tercera etapa (2010 a la fecha)* hay una mayor incidencia en estudios empíricos y téoricos sobre riesgo, vulnerabilidad, cambio climático y seguridad, además de los relacionados con aspectos económicos que consolidan un enfoque integrador, vinculando aspectos de resiliencia social, adaptación y mitigación (Lucatello y Rodríguez, 2011; Delgado, 2011; Gay y Rueda, 2012; Torres y Vera, 2012; Rodríguez, 2011a y b; Fetzek, 2011; Porrúa y Martínez, 2011; Rueda, 2014; Rodríguez, 2010; Constantino y Dávila, 2011; Torres et ál., 2011). En esta etapa se inscriben nuevas líneas de investigación alusivas a la importancia de la percepción social del riesgo en el diseño y aplicación de políticas públicas en mitigación de cambio climático (ver capítulo 2 del grupo III del RMCC, relativo a "Incertidumbre y riesgo") y género (ver capítulo 16 del grupo II del RMCC, referido a "Género y cambio climático").

## 2. La vulnerabilidad social ante cambio climático en México

Este tipo de vulnerabilidad guarda estrecha relación con riesgos y desastres, así como el vínculo con los estudios sobre cambio climático. Se enfatiza la necesidad de abordar a la vulnerabilidad social como un marco de referencia para identificar las fragilidades sociales ante los riesgos por daños o impactos destructivos asociados al cambio climático, y para comprender los procesos de largo plazo que producen los contextos que hacen a un grupo social susceptible a sufrir daños ante las amenazas, relacionadas con el cambio climático.

Los estudios sobre la vulnerabilidad social tienen como base conceptual las investigaciones sobre los riesgos y desastres desarrolladas desde las ciencias sociales, incluyendo el cambio climático. (Rodríguez, 2007). La articulación epistemológica entre desastre y vulnerabilidad implica desafíos interdisciplinarios en México (Rodríguez, 1998), mediante componentes económicos, políticos y sociales reconociendo las condiciones de desigualdad que dan lugar a que la vulnerabilidad sea precursora de la magnitud y persistencia de impactos. Esto no es una condición per se, es el resultado de un proceso multifactorial de largo plazo (Macías, 1992). Tenemos distintos aportes en estudios sobre la vulnerabilidad sobre grupos específicos y enfoque de género (Oswald, 2011; también ver capítulo 16 del Grupo II ya referido).





Estos enfoques han permitido poner énfasis en las condiciones sociales y no limitar el análisis en describir la magnitud de las amenazas, como se planteaba en los primeros estudios sobre variablidad climática y cambio climático, los cuales orientaron sus explicaciones considerando la ocurrencia de daños por la presencia de amenazas hidrometeorológicas extremas; en contraste, la mayor aportación de los estudios de vulnerabilidad social ha sido ofrecer elementos para entender las variables que dan lugar a que un grupo social sea vulnerable, por lo que no se limita la explicación a saber ante qué amenaza se es vulnerable, sino comprender por qué se es vulnerable.

El reconocimiento del cambio climático como un problema cuya naturaleza se enmarca en una realidad que concierne tanto a los sistemas humanos como a los sistemas naturales, abre una ventana de diálogo entre los científicos de diferentes disciplinas. El análisis de la capacidad de los sistemas humano-naturales para hacer frente y adaptarse a las amenazas relacionadas con el clima implica una discusión conceptual que tiene que diferenciar y aclarar términos como: vulnerabilidad, amenaza, riesgo, desastre, prevención, adaptación, resiliencia, mitigación (en su acepción relacionada con disminuir exante y expost los impactos de desastres). Esto supone retos conceptuales en la interacción entre comunidades científicas cuya influencia varía en función de su legitimidad ante la sociedad y las instituciones gubernamentales, de tal modo que el desarrollo de la noción vulnerabilidad social a desastres, también pasó por un proceso de apertura multidisciplinaria en interacción con diversos actores sociales y políticos (Garza Salinas y Rodríguez Velázquez, 1998).

El concepto vulnerabilidad tiene diferentes significados en las diversas disciplinas. De acuerdo con Lampis (2013) hay dos concepciones de vulnerabilidad que reflejan dos puntos de vista divergentes, los cuales influyen tanto en la forma de medir la vulnerabilidad de un sistema, así como en el tipo de intervención diseñado para mediar la vulnerabilidad misma.

En el primer caso, se habla de vulnerabilidad resultante como la cantidad (o potencial) de daño a un sistema por una amenaza climática. Desde esta definición el énfasis está puesto en el resultado final de un proceso, por ejemplo: cuando se quiere analizar de manera cuantitativa los resultados de un fenómeno/evento en términos de vidas, daños y pérdidas económicas. Este enfoque está bien representado en la tradición de la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) que enfatiza sus argumentos en explicar la vulnerabilidad de un sistema frente a determinadas amenazas y entender/cuantificar en el corto plazo los acontecimientos y su impacto en el territorio (Lampis, 2013). En este primer bloque tenemos diversos trabajos que centran sus análisis en el ámbito nacional, proponiendo evaluar el impacto (análisis de sensibilidad y aplicación de modelos) como eje analítico (Gay, 2000; Magaña et ál., 1998a y 1998b; Conde, 2006; Mendoza et ál., 2004) también se plantean aspectos territoriales interrelacionados con las condiciones políticas, sociales y económicas (Aguilar, 2004), procesos industriales (Sánchez-Salazar, 2004); y el planteamiento de la gestión integral de riesgos como herramienta para reducir la vulnerabilidad (Landa et ál., 2008).

En el segundo caso, la vulnerabilidad es un proceso relacionado con las condiciones internas o el estado de un sistema, que anteceden cualquier situación por efecto de la presencia de una determinada amenaza. Desde este enfoque se habla de vulnerabilidad social pues el objetivo es la comprensión de tales condiciones que hacen vulnerable a un sistema ante fenómenos o eventos críticos; la apuesta epistemológica es articular las condiciones inherentes y preexistentes de cada sistema para diferenciar la fragilidad de los mismos ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos clasificados como extremos. A partir de esto es posible abordar que los factores determinantes de la vulnerabilidad social ocurren a diferentes escalas espaciales y temporales. En este segundo bloque destacan trabajos que analizan diversas escalas (nacional, estatal, municipal y latinoamericano), definiendo diversas variables constituyentes de la vulnerabilidad (Liverman, 1990 y 1994); la capacidad de las comunidades para mitigar su vulnerabilidad (Vera, 2005); vínculos entre determinantes económicos y cambio climático (Eakin, 2005); la influencia del riesgo y ocurrencia de desastres en la reducción de ingresos de productores rurales (Saldaña, 2008); políticas públicas en materias tales como prevención, adaptación y recuperación, incertidumbre en torno a los resultados de tales políticas y las acciones de gobierno frente a desastres y cooperación internacional (Rodríguez, Lucatello y Garza, 2008). Además se profundiza en la multidimensionalidad del cambio climático como efecto y causa de riesgos múltiples en su carácter de mega proceso socionatural (Lucatello y Rodríguez, 2011); por otra parte, se plantea que el riesgo climático implica la conjunción multifactorial de procesos climáticos y societales (Rueda, 2014).

Un tercer bloque de literatura nacional sobre vulnerabilidad social al cambio climático se relaciona con los estudios de percepción y la caracterización de la vulnerabilidad. Los trabajos de Moreno y Urbina (2008) en principio parten sobre los impactos sociales del cambio climático y posteriormente analizan la percepción social con miras a la concientización de los riesgos ambientales (Urbina, 2012). También sobre la vulnerabilidad y la percepción social, el trabajo de Ávila y Briones (2014) muestra las diferencias en las percepciones a las amenazas de eventos extremos, así como las dimensiones políticas que influyen en la sensación de seguridad. Otro trabajo que muestra las distintas expresiones de la vulnerabilidad social a partir de la evidencia empírica es el desarrollado en la costa de Yucatán por Soares y Gutiérrez (2011). Por otra parte, el trabajo de Neri y Briones (2012) sobre las sequías en Sonora buscan comprender mejor las dinámicas sociales locales y regionales para hacer una caracterización de la vulnerabilidad social.

Retomando la propuesta de enfoque integrado (Lampis, 2013), podemos destacar los aportes de las dos corrientes mencionadas: a) el primer enfoque (riesgo–amenaza) tiene como objetivo la prevención y adaptación; b) el de vulnerabilidad social propone explicar los contextos sociales fortaleciendo a la sociedad. El objetivo del enfoque integrado busca la anticipación mediante un aumento de la resiliencia de los sistemas humano–ambientales, tomando en cuenta dos tipos de variables que inciden en la vulnerabilidad: biofísicas y sociales.

En un contexto donde se ha identificado el aumento y frecuencia de los eventos extremos por cambio climático, entendido como mega proceso socionatural y, en consecuencia, el incremento del riesgo de desastres. Las investigaciones futuras habrán de dar cuenta: a qué se es particularmente vulnerable, por qué se es vulnerable y "deconstruir" el riesgo como concepto donde convergen aspectos de daños previsibles, probabilidad de ocurrencia, vulnerabilidad social e institucional y el cambio climático. La comprensión detallada de vulnerabilidad social es una de las claves para enfrentar a los retos e incertidumbres que conlleva en cambio climático.

## 3. Riesgo asociado al cambio climático en México

El "riesgo" es una categoría compleja y su concreción resulta de la interacción de múltiples elementos altamente dinámicos y cambiantes cómo son las amenazas, los peligros, las exposiciones, la vulnerabilidades entre otros. Existe una vasta literatura sobre el riesgo y su interpretación, y en las últimas décadas hubo muchas aportaciones desde las ciencias sociales para definir y entender de mejor manera el concepto de riesgo y su uso. La definición más utilizada en la revisión de literatura de riesgo para este capítulo, refiere que es la probabilidad de impactos o pérdidas observadas o esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividades económicas o deterioro social y ambiental, derivado de las interacciones entre amenazas físicas/naturales, antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad (Lavell, 1996: 29), que en contexto de cambio climático implica transformaciones de las amenazas hidrometeorológicas y nuevos riesgos.

Para conocer la producción científica con respecto al tema de los riesgos ante el cambio climático en México, se llevó a cabo una búsqueda en los acervos del Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica[1] , hasta la actualidad, a través del meta buscador SUMMON. Los resultados arrojaron una cantidad de 85 productos académicos. Se presenta en seguida un esbozo de algunos de los más significativos.

Como parte de la evidencia sobre los efectos directos del cambio climático, empezaron a ser notorios y por lo mismo, estudiados, los riesgos observados por el cambio en las comunidades animales y vegetales en diferentes regiones. Para dar cuenta de ello se han presentado estudios puntuales sobre los fenómenos inducidos a partir de la amenaza y la disminución de especies vulnerables a la variación climática a partir de la variación en la temperatura y precipitación, estimando que los tipos de vegetación más afectados en México son los bosques templados, los bosques tropicales y los bosques mesófilos de montaña, lo que

[1]Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica. (s. f.). Recuperado 28 de julio de 2014, a partir de http://www.conricyt.mx/





implicará un cambio en la distribución de las especies que habitan en esos ecosistemas. Zacarías et .al. (2010) analizan el fenómeno de cambio de comunidades vegetales templadas de la Sierra de Juárez, en Oaxaca, a partir de las altitudes del territorio. Se caracterizó y estimó la diversidad de ecosistemas templados de la zona, percibiendo que existe un gran recambio de especies aun entre sitios cercanos. Aunque se esperan condiciones más secas y cálidas en estas regiones, sus posibles efectos han sido poco estudiados y se han enfocado sólo hacia algunas especies en particular (Márquez, Jurado y González, 2006; Alvarado et ál., 2007; Arriaga y Gómez, 2007; Del Castillo, Trujillo y Sáenz, 2009; Sáenz et ál., 2012).

Otros estudios como el de Arriaga y Gómez (2007), señalan la relación entre los cambios en la distribución de la vegetación por la influencia del cambio climático y su efecto en la distribución de las especies que habitan en ellos. Señalan que las especies animales y vegetales del país, hasta ahora amenazadas por la presión de las actividades humanas (30.5 % de las emisiones de GEI están fuertemente relacionadas con las actividades de cambio de uso del suelo, asociadas a su vez con procesos de deforestació n), también lo estarán por efectos del cambio climático.

Debido a que el concepto de riesgo está asociado primeramente con el tema de los desastres, en la revisión de algunos textos encontramos cómo se describe y plantea el campo de la vulnerabilidad y la reducción de riesgo ante desastres, a partir de una larga historia exitosa en cuanto al incremento de la resiliencia en las sociedades (Soares et ál., 2012), especialmente en las comunidades rurales (Benedetti et ál., 2012) y en las zonas costeras (Botello et ál., 2010) del país, así como en sectores estratégicos como salud (Graizbord et á., 2011), el agrícola (Díaz et ál., 2010), y el hídrico (Landa et ál., 2008; Garduño, 1995). Las metodologías usadas en el campo de la reducción de riesgos ante desastres tienden a concentrarse en los fenómenos ocurridos en el pasado, en el supuesto de que los desastres en el futuro serán similares a los desastres anteriores. Esta percepción, como comenta Benedetti et ál., (2012), resulta fatalmente érronea ante el cambio climático, ya que los eventos futuros podrán ser significativamente diferentes a los acontecimientos del pasado. Por esta razón se ha resaltado la importancia de generar evaluaciones sobre el riesgo y la vulnerabilidad ante los desastres y el cambio climático. Algunas de las evaluaciones se han enfocado en la vulnerabilidad biofísica, en la capacidad de adaptación, y en peligros; es decir se incluyen factores sociales y físicos para poder establecer una correlación más certera.

Otra obra elaborada por Landa et ál., (2008), hace una correlación con los temas del agua y el clima, en respuesta a la necesidad de tratar la gestión integral de riesgos de origen hidrometeorológico, como un tema trascendental para el país. También se señala que la construcción de capacidades de adaptación frente a los potenciales impactos del cambio climático depende de las decisiones que se tomen desde hoy en los campos tecnológico, social, económico y ambiental; en la definición de medidas de adaptación, en el uso de herramientas para planear con incertidumbre, y en el desarrollo de mejores condiciones reactivas y preventivas ante eventos extremos (Aragón, 2008; ver también capítulo del mismo autor en este volumen del RMCC.).

Graizbord et ál. (2011) analizan diversos temas, desde el cambio climático y su relación con los desastres y la salud, presentando en su momento avances de la investigación con resultados empíricos. Existen trabajos sobre la reducción del riesgo de los desastres, la relación entre el cambio climático y cambio tecnológico, la respuesta institucional a desastres "naturales", la falta de coordinación entre políticas públicas y las formas de afrontar los riesgos a la salud por eventos (sequía, inundaciones, lluvias intensas) derivados del cambio climático. Uno de los trabajos de evaluación elaborado por Benedetti et ál. (2012) para la Micro-Cuenca La Suiza ubicada en la cordillera de la Sierra Madre de Chiapas, señala que las amenazas pueden ser las condiciones ecológicas, las sociales y/o económicas extremas asociadas al cambio climático, mientras que la vulnerabilidad estará íntimamente asociada al nivel de desarrollo o subdesarrollo de los países.

Además de los textos mencionados, se han elaborado textos científicos que han logrado una evaluación del riesgo a partir de la vulnerabilidad especialmente en temáticas como el agua (Garduño, 1995; Benedetti et ál., 2012; Soares et ál., 2012), así como otros textos de corte científico en apoyo a instituciones de gobierno, que han mostrado el estado del sector hídrico (Martínez y Patiño, 2010) y ecosistémico en general (Cárdenas, 2010; SEMARNAT, 2014; SEMARNAT y Centro de Ciencias de la Atmósfera, 2014) en todo el país. Otros textos se han encaminado a describir las estrategias generadas para la adaptación y reducción de riesgos por variación climática, especialmente surgidas a partir de escenarios de crisis.

Respecto a salud (ver capítulo "Salud Humana" del Grupo II del RMCC), también se han elaborado textos encaminados a evidenciar las respuestas sociales para adaptarse ante escenarios de extrema pobreza y vulnerabilidad, como el caso de tres comunidades de la Sierra Tarahumara analizado por Cueva et ál. (2011), donde se analizan las respuestas a los riesgos para la salud derivados del cambio climático y trascienden al señalar las limitaciones y oportunidades que dan forma a procesos de adaptación orientados a enfrentar los retos de salud.

La problemática hídrica es ubicada también en estrategias de protección civil y gestión del riesgo hidrometeorológico en el contexto del cambio climático, como lo muestra Aragón (2008) en su texto, al aportar el establecimiento de líneas de acción mediante la elaboración de un análisis, tanto de la literatura especializada en adaptación, prevención de desastres y protección civil, como de los correspondientes planes y programas existentes en México. Algunos trabajos realizan un análisis más reflexivo sobre el tema del riesgo, como el trabajo ya referido de Lucatello y Rodriguez (2011), donde se analizan las complejas relaciones clima-sociedad en una etapa de crisis, señalando que la magnitud de los impactos destructivos asociados al cambio climático antropogénico de muy alto riesgo para la mayor parte de la humanidad, muchos de ellos en curso, han rebasado las previsiones de control y regulación diseñadas desde marcos referenciales en los ámbitos internacionales, gubernamentales y empresariales. Se señala en esta obra que el actual modelo de crecimiento económico, fincado en contradictorios procesos de especulación y de sobreexplotación de recursos naturales completados con procesos de exclusión e hiperconcentración de la riqueza, está generando escenarios sumamente vulnerables para nuestra civilización y para México en particular.

En el trabajo de Castillo (2014), se analiza cómo las inmobiliarias generan escenarios de vulnerabilidad socioambiental situación que, aunada a las amenazas naturales, producen el riesgo y el desastre; y cómo las percepciones, acciones e interacciones de los actores involucrados constituyen determinados imaginarios sociopolíticos del desastre. En este artículo se discute la construcción social y los imaginarios sociopolíticos a partir de las inundaciones que ocurrieron en Zona Diamante, Acapulco, en 2013. Se problematiza a las inundaciones como la consecuencia de las acciones humanas en la transformación del ambiente, y a su vez se discute cómo este tipo de eventos generan determinadas percepciones y formas de respuesta tanto del Estado como de las personas afectadas.

Otros textos se han orientado a la descripción de estrategias regionales y nacionales orientadas a la gestión del riesgo, como el caso de FAO y SAGARPA (2014) donde se presentaron las estrategias en materia de gestión del riesgo climático para las actividades primarias, principalmente bajo dos herramientas: La promoción del uso de seguros individuales mediante la aplicación de recursos fiscales; y un programa denominado: Componente para la Atención a Desastres Naturales en el Sector Agropecuario y Pesquero (Cadena), enfocado a apoyar a los productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas de bajos ingresos susceptibles de ser afectados por catástrofes climáticas, para facilitar su reincorporación productiva. En el informe se señala que a lo largo de sus casi once años de operación, el Cadena ha sufrido transformaciones en sus Reglas de Operación, permitiendo la simplificación de los requisitos de acceso para los productores y haciendo más simples los procedimientos de canalización de los apoyos por parte de las Entidades.

Por su parte el Banco Mundial (2013) identifica los factores claves que explican las diferencias socioespaciales en cuanto a resiliencia y vulnerabilidad al cambio climático en México, junto con las opciones de políticas públicas en los diferentes niveles de gobierno para fortalecer capacidades y reducir la vulnerabilidad de los hogares pobres en zonas expuestas, en el caso mexicano se argumenta que la resiliencia es importante para fortalecer a grupos de menores ingresos (Zapata, 2011), debiendo ser enfocada como resiliencia social para generar políticas de gestión de riesgos y adaptación de carácter participativo, sobre todo en la región sur-sureste (que representa 80 % de los daños a nivel nacional), la que presenta mayores daños por fenómenos hidrometeorológicos, que a nivel nacional representaron en el periodo 2001-2007 más de 85 % por pérdidas económicas y mayores inversiones en atención posdesastre (Rodríguez, 2010), tomando en cuenta los problemas derivados de actuaciones gubernamentales distantes de comunidades y sociedad civil.

El cambio climático (por los efectos de la precipitación y la temperatura en la productividad agrícola de maíz de temporal) guarda una relación con la desnutrición infantil (desmedro) en áreas rurales. También se encontró la relación de que a mayor





productividad agrícola, menor desnutrición infantil. El mismo Banco Mundial ofrece opciones de políticas públicas y reformas institucionales para dar mejor respuesta a desastres y prevención bajo el enfoque de riesgo-amenaza (Banco Mundial, 2013).

## 4. Consideraciones generales sobre el cambio climático en México

Los planteamientos de vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático, se han sustentado en el análisis de impactos y vulnerabilidad a partir de escenarios climáticos, enfatizando los riesgos asociados a fenómenos extremos (por ejemplo: IPCC, 2013; Constantino, 2013; Acosta, 2006; Mijares, 2006). En la última década del siglo XX, con los avances tecnocientíficos en materia de pronóstico y modelaciones climáticas para analizar la vulnerabilidad considerando las amenazas asociadas con cambio climático, principalmente por la influencia de fenómenos hidrometeorológicos tales como ciclones tropicales, inundaciones y sequías, principalmente. Sin embargo es en 2007 cuando el IPCC emite el cuarto reporte reconociendo la influencia antrópica en el clima, acotando conceptualmente este hecho como cambio climático antropogénico (IPCC, 2007) y reiterando la diversificación de riesgo y vulnerabilidad (IPCC, 2013).

### 4.1 Eventos extremos y cambio climático

En México han ocurrido condiciones climáticas extremas. Por ejemplo, en 2010 se registró una temporada de lluvias inusual, siendo el segundo año de más precipitaciones por lluvia en la historia moderna del país; en 2011 las precipitaciones disminuyeron a tal nivel en el territorio nacional que se registró una prolongada sequía, especialmente en los estados del norte. Los riesgos por daños ante fenómenos extremos a cambios extremos del clima son diferenciados por regiones y sectores sociales y económicos. Las variaciones en las precipitaciones estacionales se traducen en fuertes sequías que afectan la disponibilidad de agua para el desarrollo de actividades dependientes de este recurso como la agricultura, la ganadería, la industria y el sector salud, especialmente si se tiene en cuenta que las zonas áridas, muy áridas y semiáridas representan aproximadamente 54 % del territorio nacional. La demanda del recurso agua está superando su disponibilidad, razón por la cual los escenarios de cambio climático evidencian una alta vulnerabilidad en el agua disponible y de reserva, que no necesariamente tiene una relación directa con la disminución de las precipitaciones. Por ejemplo, los estudios basados en tendencias de lluvia a nivel regional pronostican un aumento de precipitaciones, principalmente en los estados del norte; no obstante, el crecimiento agro-industrial y demográfico de esta zona ha aumentado el uso doméstico y fabril, por lo cual la disponibilidad del recurso no es suficiente, intensificando los escenarios de sequía (Magaña et ál., 2004), habiendo una desigual distribución regional del recurso hídrico (Delgadillo et ál., 1999).

Es importante reconocer que el acelerado crecimiento urbano sobrepasó el enfoque y la capacidad de la política urbana para reducir riesgos de desastre, generar empleos, dotar de servicios públicos, asegurar asentamientos humanos seguros en un marco de sustentablidad (ver capítulo de Áreas urbanas del grupo II del RMCC). A partir del análisis del metabolismo urbano (Delgado, 2011) plantea que las ciudades son emisoras importantes de GEI; en el caso de la ciudad de México se expone que su huella ecológica es cien veces mayor que su tamaño. Expone cómo el actual modelo urbano-habitacional se basa en construir viviendas "de calidad cuestionable" en "suelos de bajo valor" en zonas periféricas de las ciudades mexicanas. El modelo urbano implica "expansión acelerada de infraestructura de servicios", presionando al medio natural, se favorece también un mayor consumo de combustibles fósiles (p. 150). A lo anterior se suma el incremento de riesgo climático por la vulnerabilidad inherente a este tipo de diseño espacial; el grado de afectación potencial depende en gran medida de las vulnerabilidades latentes en el sistema social, más que de la propia intensidad y magnitud de la variabilidad climática, en sectores tales como espacios construidos e infraestructura (dimensión física), estructura económica, medio ambiente y abastecimiento de agua (ambiental) y condiciones de salud (social) (Aguilar, 1995 y 2004).

### 4.2 Ejemplos de riesgos climáticos

#### 4.2.1 Sector agrícola

La producción del maíz, uno de los alimentos básicos de la canasta familiar mexicana, podría ser afectada por cambio climático, reduciéndose la superficie apta para su cultivo. De acuerdo a Magaña (et ál., 2004), la superficie de cultivo pasará del 40 % del territorio nacional a sólo el 25 % del país, situación que implica que el área total de cultivo de maíz se reducirá en una tercera parte. Respecto a los fenómenos hidrometerológicos que generaron catástrofes agrícolas en el periodo 1995-2003, 80 % corresponde a sequías, 17 % a huracanes, 2 % a lluvias y 1 % a heladas (Ibarrarán y Rodríguez, 2007). Los campesinos que dependen del régimen de temporal son más vulnerables que los productores con más recursos económicos y tecnológicos.

#### 4.2.2 Ecosistemas

Las condiciones climáticas determinan en gran medida el tipo y las condiciones de los ecosistemas forestales, es muy probable que la alteración de los patrones climáticos afecte su dinámica natural. Se estima que 50 % de la vegetación del país sufriría modificaciones. Las áreas mayormente afectadas corresponden a los bosques de clima templado (Magaña et ál., 2004), las especies animales que habitan estos ecosistemas están en riesgo ante la modificación de su entorno. Por otra parte, los ecosistemas marinos y costeros han sido particularmente vulnerables ante los efectos de El Niño que representa el mayor riesgo de daños a la actividad pesquera especialmente en el litoral Pacífico, con otras afectaciones en el golfo de México (Lluch-Cota et ál., 1999). Las empresas que son propietarias de barcos de pesca intensiva, con mayor capacidad de captura masiva de peces, pueden superan los inconvenientes generados por el fenómeno, caso contrario a los pescadores cuyo medio de trabajo son pequeñas embarcaciones de baja capacidad de navegación.

Los ejemplos anteriores dan pie a tres elementos de análisis fundamentales: Primero, los impactos de la variación climática no se pueden generalizar, por lo cual se debe entender que existe una distribución regional de los mismos; segundo, los análisis de pérdidas que se basan únicamente en los efectos indirectos, es decir, en la economía del consumidor, tiende a hacer invisibles los efectos directos que recaen en los ingresos de grupos específicos como los campesinos y los pescadores; tercero, existe una distribución social diferenciada de los impactos no siempre incluida en las mediciones y estadísticas institucionales.

#### 4.2.3 Migración y vulnerabilidad social

Los riesgos a desastres por factores climáticos constituyen un rubro inscrito en las tendencias recientes de la investigación, acotándose al cambio climático como un nuevo riesgo ligado con otros factores no climáticos (Rodríguez et ál., 2013, pp. 76-77), planteando que tanto el propio cambio climático como diversas medidas de política pública influyen en la migración forzada. De ahí que la emergencia de desplazados ambientales empieza a ser analizada en México, se exponen varios ejemplos relacionados con desalojos en localidades rurales para desviar cauces de ríos y evitar inundaciones en ciudades, caso de Tabasco (2010); poblaciones afectadas por el manejo de presas hidroeléctricas, también Tabasco (2007); y comunidades afectadas durante varias décadas por la expansión de la industria expansiva del petróleo, como en el sureste del país (pp. 80-81).

## Conclusiones

- Para profundizar el conocimiento sobre riesgo y vulnerabilidad frente al cambio climático se requieren más apoyos económicos, la investigación científica implica estudios multi o interdisciplinarios para identificar las particularidades del riesgo climático y de la vulnerabilidad social y formular proyectos integrales de investigación de escalas regional y local, considerando el contexto nacional.
- Consolidar un enfoque integrador en materia de riesgo y vulnerabilidad plantea la necesidad de generar investigación teórica a fin de formular conceptualizaciones más consistentes.





- La vulnerabilidad ante el cambio climático y los escenarios de riesgo y desastre es multicausal por la convergencia de factores no climáticos, tales como exclusión política, falta de información y diseños autoritarios de política pública.
- Es importante vincular teórica y prácticamente la adaptación con la prevención de desastres, construyendo resiliencia social y ecosistémica, que fortalezca capacidades no limitadas por el enfoque se seguridad nacional de corte militar.
- La deficiencia en las políticas de adaptación al cambio climático puede derivar en desastres, procesos que se presentan como la manifestación territorial y temporalmente específica del mega proceso de cambio ambiental global, lo cual evidencia una vulnerabilidad en la capacidad de prevención y respuesta impulsada desde la estructura institucional.
- Las disposiciones políticas de adaptación deberán estar sustentadas en estudios científicos que no sólo proporcionen información respecto a la variabilidad del clima (escenarios futuros), sino de igual forma, de las principales vulnerabilidad sociales y sectoriales relacionadas con las condiciones de vida de la población mexicana.
- Los escenarios de riesgo y vulnerabilidad requieren de la vinculación de conocimientos y saberes diversos, articulando su diseño con la elaboración de planes participativos que incorporen a todos los actores sociales posibles.
- Es imperante la generación de una propuesta de mitigación de emisiones mediante el control y la planeación del proceso de urbanización, coadyuvando así con proyectos de adaptación.
- Deben generarse y aplicarse medidas basadas en el reconocimiento de la importancia de los servicios ecosistémicos por encima de los intereses financieros vinculados con megaproyectos extractivos y de infraestructura, entre otros.
- Es recomendable que la información generada desde los escenarios de cambio climático tenga soportes interdisciplinarios y que sea accesible y socializada con diversos actores políticos, sociales y económicos (poderes legislativo, ejecutivo y judicial); pobladores urbanos y rurales, campesinos, productores, pescadores, ganaderos e industriales, entre otros) para democratizar la toma de decisiones.

## Preguntas frecuentes

- *¿Qué relación existe entre cambio climático y desastres?* (Sección 18.3)
  A nivel internacional varios organismos de Naciones Unidas reconocen que el cambio climático antropogénico se configura como importante precursor y potenciador de efectos desastrosos, observándose un incremento sostenido de daños humanos, ecológicos, sociales, económicos y territoriales, principalmente en países subdesarrollados. El IPCC documenta que diversos peligros hidrometeorológicos están adquiriendo el carácter de fenómenos extremos, cuya influencia en contextos de vulnerabilidad da lugar a la profundización de riesgos existentes y a la emergencia de nuevos riesgos.
  En México existe una producción científica, tanto en ciencias naturales como en ciencias sociales, que aportan conocimientos acerca de la magnitud del riesgo climático en contextos regionales, locales y comunitarios. El conocimiento científico debe ser la base para fundamentar políticas y programas de adaptación y mitigación en el marco de proyectos nacionales en ambas materias. Lo anterior es importante porque en los documentos y las acciones gubernamentales ha faltado articular la reducción de riesgo de desastres con la adaptación enfocada al fortalecimiento de capacidades y de la resiliencia social con un enfoque preventivo ante los riesgos probables y la magnitud previsible de los daños derivados del cambio climático, sobre todo en sectores sociales más vulnerables y en actividades socioeconómicas más dependientes del agua. En nuestro país se observa que los efectos destructivos dan lugar a causalidades complejas, al incrementarse la vulnerabilidad social.
  En este capítulo se exponen sintéticamente diversos trabajos de investigación que documentan la relación entre cambio climático y desastres, conjugando estudios con aportaciones teóricas y aproximaciones empíricas que documentan la realidad actual y la agenda de investigación necesaria en el futuro cercano.

- *¿Cómo interactúa el riesgo climático con la vulnerabilidad social y la adaptación?* (Sección 18.4)
  El riesgo climático, inherente al cambio climático como proceso de alcance global, está modificando los patrones de recurrencia de diversas amenazas hidrometeorológicas, como sucede con ciclones tropicales, sequías y precipitaciones pluviales intensas. Aunado a lo anterior se documenta en este capítulo que la vulnerabilidad no es sinónimo de exposición, es una construcción social de carácter dinámico que perfila las condiciones diferenciales de grupos sociales y ecosistemas para resistir impactos o para recuperarse ante éstos.
  La interacción entre riesgo climático, vulnerabilidad social y adaptación se ha basado en estudios con fundamentos teórico-

metodológicos que interpretan los riesgos y desastres desde una perspectiva epistemológica interdisciplinaria, la cual trasciende al naturalismo, profundizando en el conocimiento de los componentes económicos, políticos y sociales que conforman el referente comprehensivo de la vulnerabilidad como precursora de la magnitud y persistencia de riesgos e impactos, en un proceso multifactorial con diversas escalas temporales y espaciales.

El enfoque integrado plantea la pertinencia metodológica de dar prioridad a las condiciones societales, sin limitar el análisis a la descripción de las características y magnitud de las amenazas, aun tratándose de fenómenos considerados extremos desde el referente cuantitativo.

En razón de lo anterior, el cambio climático muestra las influencias recíprocas entre los sistemas climático, humano y natural. Por ello, el estudio de la capacidad de los sistemas socionaturales para hacer frente y adaptarse a las amenazas relacionadas con el clima, remite a la vulnerabilidad y a las posibilidades de instrumentar políticas, programas y acciones de adaptación con una orientación preventiva que privilegie las causas por sobre los efectos.

Este capítulo asume la importancia de construir un enfoque integrado, con la finalidad de generar conocimientos socialmente útiles orientados a atender la doble dimensión que implica el cambio climático: adaptación y reducción de desastres.

- *¿Cuáles son los aportes de la investigación científica para el diseño de políticas públicas?* (Secciones 18.5 y 18.6)

Un primer aporte remite a la comprensión del riesgo como una categoría compleja, cuya concreción es resultado de la interconexión de múltiples elementos altamente dinámicos y cambiantes (clima, vulnerabilidad, amenaza, resiliencia, entre otros). El diseño de políticas públicas —incluyendo los rubros programáticos de aplicación, evaluación, seguimiento y rendición de cuentas— requiere de una conceptualización precisa sobre el riesgo climático en sus dimensiones de probabilidad de ocurrencia y como manifestación de impactos ocurridos o previsibles (por ejemplo, muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, interrupción de actividades económicas o deterioro social y ambiental), que en el contexto de cambio climático implica transformaciones de las amenazas hidrometeorológicas y nuevos riesgos.

Las investigaciones sobre vulnerabilidad y riesgo incluyen los sistemas sociales y naturales, indisolublemente ligados entre sí, por lo que otro de sus aportes apunta al diseño de metodologías interdisciplinarias que permitan explorar las interrelaciones entre ambos sistemas y, en consecuencia, proponer medidas de adaptación y mitigación multidimensionales.

Con el análisis de la vulnerabilidad de diversos sistemas y sectores, destacando agua, agricultura, alimentación, ecosistemas, ciudades, asentamientos humanos, biodiversidad, salud, vivienda e infraestructura, los estudios científicos contribuyen al conocimiento de procesos socioeconómicos, territoriales y naturales que interactúan en escenarios climáticos, tomando en cuenta variables tales como temperatura, precipitación pluvial y fenómenos acotados como extremos (por superar medias institucionalmente establecidas en materia de inundaciones, sequías, ciclones tropicales, olas de calor y heladas, entre otras), pues estos son evaluados en sus efectos potenciales dados ciertos contextos de vulnerabilidad.

En este capítulo se considera que las políticas públicas de adaptación y mitigación deben trascender los enfoques sectoriales para incorporar diversos aspectos desde la dimensión territorial, en la cual coexisten los sistemas y sectores mencionados.





## Referencias


**Aguilar**, A. G. (1995). Vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante el cambio climático. En C. Gay, (1995) *Memorias del Segundo Taller de Estudio de País: México. México ante el cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología [INE], US Country Studies-Program Support for Climate Change Studies y Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM].

**Aguilar**, A. G. (2004). Los asentamientos humanos y el cambio climático global. En J. Martínez y A. Fernández (Eds.) *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT e INE.

**Alvarado**, D., Saavedra, L., Almaraz, A., Tlapal, B., Trejo, O., Davison J.M. (…) Quiroz, D. (2007). Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (Quercus, Fagaceae) en el centro oeste de México. *Polibotánica*, (23),1-21. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62102301 [Consultado el 9 de octubre de 2014].

**Aragón**, F. (2008). Estrategias de protección civil y gestión de riesgo hidrometeorológico ante el cambio climático. México, D. F: INE. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008h_prot_civil.pdf [Consultado el 30 de Septiembre de 2014].

**Arriaga**, L. y Gómez, L. (2007). Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. En J. Martínez y A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México*. México: SEMARNAT e INE.

**Ávila**, B. y Briones, F. (2014). Comunidades vulnerables ante amenazas identificadas: percepción del riesgo en Alvarado, Veracruz, México. En W. Jungbluth (Comp.) *Cambio climático. Poder, discursos y prácticas*, Núm. 26. Lima, Perú: DESCO.

**Banco Mundial** (2013). Fortalecimiento de la reducción del riesgo de desastres a nivel municipal. En *Las dimensiones sociales del cambio climático en México* (pp.44-48). Washington, USA: World Bank. Disponible en: http://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/document/web%20spa%20mexico.pdf [Recuperado 22 de septiembre de 2014].

**Bassols**, B. Á. (1986). Los sismos de septiembre, ¿clave para el futuro de México? *En Problemas del Desarrollo, Vol. XVI*. núm. 62-63. UNAM-Instituto de Investigaciones Económicas.

**Benedetti**, A., Boné, E. y Hobson, J. (2012). *Evaluación integral de riesgo ante el cambio climático en la microcuenca La Suiza, Municipio de Montecristo de Guerrero, Chiapas, México*. San Cristobal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur.

**Botello**, A., Villanueva, S., Gutiérrez, J. y Rojas, J. L. (2010). Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático. Disponible en: http://etzna.uacam.mx/epomex/Vulnerabilidad.html (Consultado el 5 de octubre de 2014).

**Cárdenas**, M.J. (2010) *México ante el cambio climático. Evidencias impactos, vulnerabilidades y adaptación*. México: Greenpeace México.

**Castillo**, O. (Sept-Oct, 2014). La construcción social y los imaginarios sociopolíticos del desastre: una reflexión sobre las inundaciones en Zona Diamante. *El Cotidiano*, 30(187), pp. 249-263.

**Conde**, C. (2006). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso y los retos en las investigaciones actuales. En J. Urbina, y J. Martínez (Eds.). *Más allá del cambio climático: Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. SEMARNAT, INE y UNAM.

**Conde**, C., Sánchez, O., Magaña, V. y Gay, C. (1995). Escenarios climáticos básicos y regionales. En México ante el Cambio Climático. Segundo Taller de Estudio de País, México. Cuernavaca, México. pp. 39 - 44.

**Conde**, C., Liverman, D., Flores, M., Ferrer, R., Araujo, R., Betancourt, E., Villareal, G. y Gay, C. (1996). Vulnerabilidad del Cultivo de Maíz de Temporal en México ante el Cambio Climático. Memorias del Taller de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en América Latina. Montevideo, Uruguay: pp. 22-24 de abril, 1996.

**Conde**, C., Ferrer, R. M., Araujo, R., Gay, C., Magaña, V., Pérez, J. L., Morales, T. y Orozco, S. (1999). El Niño y la Agricultura. En V. Magaña (Ed.). *Los impactos del niño en México*. México: SEGOB, SEP, CONACYT y UNAM.

**Constantino**, T. R. y Dávila, I. H. (2011). Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México. *Política y Cultura*, Núm. 36, México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

**Cueva**, T., Few, R. y Mercado, A. (Sept-Dic, 2011). Afrontando el cambio climático y los riesgos contra la salud: respuestas en la Sierra Tarahumara. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 26(3), pp. 671-708.

**Del Castillo**, R., Trujillo, S. y Sáenz, C. (Mayo, 2009). Pinuschiapensis, a keystone species: genetics, ecology and conservation. *Forest Ecology and Management, 257*(11), pp. 2201-2208.

**Delgadillo**, M. J. (Coord.). (1996). *Desastres naturales. Aspectos sociales para su prevención y tratamiento en México*, México, D. F.: UNAM-Coordinación de Humanidades, Instituto de investigaciones Económicas; Universidad Autónoma de Sinaloa-Centro de Ciencias de Sinaloa y CONACyT.

**Delgadillo**, M. J., Aguilar. T. y Rodríguez, D. (1999). Los aspectos económicos y sociales de El Niño. En V. Magaña, (Ed.). *Los impactos del niño en México*. México: SEGOB, SEP, CONACYT y UNAM.

**Delgado**, R. G. (2011). Cambio climático y pobreza, retos de las ciudades periféricas a principios del siglo XXI. En R. Pichs (Coord.), *Cambio climático: enfoques desde el Sur*. Habana/Panamá, Instituto Cubano del Libro-Editorial de Ciencias Sociales/Ruth Casa Editorial.

**Dettmer**, J. (1996). Algunas contribuciones de las ciencias sociales al conocimiento y prevención de los desastres naturales: el caso de México. eE *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 165, julio-septiembre, México, D. F.: Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM.

**Díaz**, R., Castéllanos, E., Solano, L., Anzueto, F., Tucker, C., Morales, H., y Barrera, J. (2010). *Cambios globales y café, estrategias de adaptación y reducción de riesgos por variación en los precios, plagas y cambios climáticos: lecciones de la crisis del café en Mesoamérica*. México: El Colegio de la Frontera Sur.

**Domínguez**, J. E. (Coord.). (2000). *Puebla, 1999: Lecciones de "La tragedia de la Década"*. Puebla, Pue.: El Colegio de Puebla.

**Eakin**, H. (2005). Institutional Change, Climate Risk, and Rural Vulnerability: Cases from Central Mexico. *World Development, 33* (11), pp. 1923–1938.

**Fetzek**, S. (2011). Cambio climático y seguridad en México. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.). *Las dimensiones sociales del cambio climático: un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* México, D.F.: Instituto Mora y UNAM-Escuela Nacional de Trabajo Social.

**Food and Agriculture Organization of the United Nations** [FAO] y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA] (2014). *La gestión de riesgos climáticos catastróficos para el sector agropecuario en México: caso del componente para la atención a desastres naturales para el sector agropecuario.* Disponible en: http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/20/13954329605800/cadena.pdf (Consultado el 2 de octubre de 2014).

**García**, A. V. (Coord.) (1992). *Estudios históricos sobre desastres naturales en México*. México, D. F.: CIESAS.

**García**, A. V. (2006). Estrategias adaptativas y amenazas climáticas. En J. Urbina. y J. Martínez (Coord.). *Más allá del cambio climático*, México, DF, Instituto Nacional de Ecología / Facultad de Psicología-UNAM.

**García**, B. M., González, S. y Rodríguez, J. (1995). Los peligros industriales en la zona metropolitana de Guadalajara. En *Comercio Exterior, Vol. 45*, Núm. 10. México, D. F.: Banco Nacional de Comercio Exterior.

**Garduño**, R. (Sep-Dic, 1995) Conjeturas para el siglo próximo (los riesgos por hidrometeoros en el Estado de Veracruz ante el cambio climático global). *La ciencia y el hombre, 7*(21), pp. 225-245.

**Garza**, S. M. y Rodríguez, V. D. (1998). *Los desastres en México: una perspectiva multidisciplinaria*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Iberoamericana, Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

**Graizbord**, B., Mercado, A. y Few, R. (2011). *Cambio climático, amenazas naturales y salud en México*. México, D.F: El Colegio de México.

**Gay**, G. C. (1995). Prólogo, Memorias del Segundo Taller de Estudio de País, México: México ante el cambio climático: INE, UNAM y US Country Studies-Program Support for Climate Change Studies. Cuernavaca, México. 8 a 11 mayo.

**Gay**, G. C. (Ed.). (2000). *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México y US Country Studies Program.

**Gay**, G. C., Ruiz, S. L. Imaz, M., Conde, C. y Sánchez, O. (Eds.). (1994). Memorias del Primer Taller de Estudio de País, México. México ante el cambio climático. INE, UNAM-Coordinación de Investigación Científica, Centro de Ciencias de la Atmósfera; y US Country Studies-Program Support for Climate Change Studies. Cuernavaca, México: 18 a 22 de abril.

**Gay**, G. C. y J. C. Rueda Abad (2012). Vulnerabilidad social y cambio climático. En M. Perevochtchikova, (Coord.) C*ultura del agua en México. México*, D.F.: UNAM-Programa de Investigación en Cambio Climático, Red del Agua; Miguel Ángel Porrúa.

**Ibarrarán**, M. y Rodríguez, M. (2007). *Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México*. México: Instituto Nacional de Ecología y Universidad Iberoamericana.

**Intergovernmental Panel on Climate Change** [IPCC], (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.

**IPCC**. (2013). *Emergent Risks and Key Vulnerabilities*, Work Group II, AR5. Geneve.

**Jáuregui**, E. y Zitácuaro, I. (1995). El impacto de los ciclones tropicales del Golfo de México en el estado de Veracruz. *La Ciencia y el Hombre*, vol. VII, Núm. 21. Xalapa, México.

**Lampis**, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía, 22*(2), pp. 19–33.

**Landa**, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008). *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. México: SEMARNAT, UNAM-Centro de Ciencias de la Atmósfera. Disponible en: http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/agua_y_clima/agua_y_clima.pdf (Consultado el 9 de octubre de 2014).





**Lavell**, A. (1996). Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano; Problemas y conceptos; hacia la definición de una agenda de investigación. En M. A. Fernández, *Ciudades en riesgo: degradación Ambiental: Riesgos urbanos y desastres*. Lima: La Red.

**Liverman**, D. (1990). Drought and Agriculture in Mexico: The case of Sonora and Puebla in 1970. *Annals of the Association of American Geographers, 80*(1), pp. 49-72.

**Liverman**, D. (1994). Vulnerability to Global Environmental Change. En S. Cutter, (Ed.). Environmental Risks and Hazards. U.S.A.: Prentice Hall.

**Lluch-Cota**, D., Lluch-Belda, B. D., Lluch-Cota, S.E., López-Martínez, J., Nevarez-Martínez, M.O., Ponce-Díaz, G., (…) Morales, J. (1999). Las pesquerías y El Niño: Impactos de El Niño en el sector pesquero. En O. Magaña (Ed.) *Impactos de El Niño en México* (pp. 137-178). México: SEGOB, SEP, CONACyT y UNAM.

**López**, M. I. y Rodríguez, V. D. (Coords.), (1998). *Ciudades*, Año 10/No. 38, abril-junio, Puebla, RNIU/Universidad Autónoma de Puebla, número temático Vulnerabilidad, sustentabilidad y biodiversidad en sistemas urbanos.

**Lucatello**, S. y Rodríguez, D. (2011). Las dimensiones sociales del cambio climático: Un panorama desde México ¿cambio social o crisis ambiental? México, D.F: Instituto Mora y UNAM-Escuela Nacional de Trabajo Social.

**Macías**, J. (1992). Significado de la vulnerabilidad social frente a los desastres. *Revista Mexicana de Sociología, 54*(4), 3-10.

**Magaña**, V. (Ed.), (1999). *Los Impactos del Niño en México*. México, D. F.: Dirección General de Protección Civil, SEGOB, UNAM, SEP CONACyT e IAI.

**Magaña**, V., Vázquez, J., Pérez, J. L. y Pérez. J. (1998a). Impact of El Niño on precipitation in México. *Geofísica Internacional, 42*(3), 313-330.

**Magaña**, V., Pérez, J. L. y Conde, C. (1998b). El fenómeno de El Niño y la Oscilación del sur y sus impactos en México. *Revista Ciencias, 51*(14), 1-18.

**Magaña**, V., Conde, C., Sánchez, O. y Gay, C. (1999). Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México. En C. Gay, *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, México: SEMARNAP, UNAM y U. S. Country Studies Program.

**Magaña**, V. y Gay, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica*, (65), pp. 7-23.

**Magaña**, V., Méndez, J. M., Morales, R. y Millán, C. (2004). Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. En *Cambio climático: Una visión desde México*. México: INE.

**Masera**, O. (1995). México y Cambio Climático Global. El papel de la eficiencia energética y alternativas de manejo forestal en la reducción de emisiones de bióxido de carbono. En J. J. Jardón (Coord), *Energía y medio ambiente. Perspectiva económico-social*, (pp. 157- 178). México D. F: Plaza y Valdés, S.A.

**Mendoza**, M., Villanueva, E. y Maderey, L. (1995). *Vulnerabilidad e hidrología, Estudio de País: México*.

**Macías**, J. (1992). Significado de la vulnerabilidad social frente a los desastres. *Revista Mexicana de Sociología, 54*(4), 3-10.

**Márquez**, M. A., Jurado, E. y González, S. (Enero-Marzo, 2006). Algunos aspectos de la biología de la manzanita (Arctostaphylos pungens HBK) y su papel en el desplazamiento de bosques templados por chaparrales. *Ciencia, Universidad Autónoma de Nuevo León 9*(1), 7-64. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/1741/1/art_manzanita.pdf (Recuperado 9 de octubre de 2014).

**Martínez**, J. y Fernández, A. (Comps.) (2004).*Cambio climático: Una visión desde México*. México D, F.: INE y SEMARNAT.

**Martínez**, P. y Patiño, C. (2010). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el Cambio Climático*. Juitepec, Mor. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

**Mayorga**, J., Aragón, F., Sánchez, L., Chargoy, M., Soto, J. (2015). Áreas urbanas en Reporte Mexicano de Cambio Climático.

**Mendoza**, V., Villanueva, E. y Maderey, L. (2004). Vulnerabilidad en el recurso agua de las zonas hidrológicas de México ante el cambio climático global. En J. Martínez, y A. Fernández (Comps.). Cambio climático: una visión desde México (pp. 215-226). SEMARNAT e INE.

**Mijares**, G. T. (2006). El papel de la sociedad civil en el cambio climático: la visión social. En J. Urbina y J. Martínez (Coord.), *Más allá del cambio climático*. México, D.F.: INE y UNAM-Facultad de Psicología.

**Moreno**, S. A. y Urbina-Soria, J. (2008). Impactos sociales del cambio climático en México. INE y PNUD.

Moreno, R., Calderón, M., Riojas, H., Anglés, M., Ramsey, J., Moreno, G., Chuc, S., Moo, A., Pinto, J. (2015), Salud Humana en Reporte Mexicano de Cambios Climático.

**Neri**, C. y Briones, F. (2012), Cada quien su sequía. Caracterización de la vulnerabilidad en Sonora, México. En F. Briones (Coord.) Perspectivas de investigación y acción frente al Cambio climático en Latinoamérica. Mérida, Venezuela: LA RED, CIGIR.

**Oswald**, S. Ú. (2011) Reconceptualizar la seguridad ante los riesgos del cambio climático. En S. Lucatello, y D. Rodríguez (Eds.), *Las dimensiones sociales del cambio climático: un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental?* Instituto Mora y UNAM.

**Padilla**, D. C. y Reguillo R. (Comps.) (1993). *Quien nos hubiera dicho: Guadalajara*. Instituto .Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente. 22 de abril, Guadalajara, Jal.

**Porrúa**, E. F. y Martínez, L. B. (2011). *Economía del Cambio Climático en la Ciudad de México*, México, D.F.: UNAM.

**Rodríguez**, V. D. (1998). Desastre y vulnerabilidad. Entre las ciencias naturales y las ciencias sociales", en Garza y Rodríguez. *Los desastres en México: una perspectiva multidisciplinaria*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México/Universidad Iberoamericana/Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

**Rodríguez**, V. D. (2007). Desastres y estudios sociales y territoriales. *Ciudades*, no. 64, abril-junio, Puebla, México: Red Nacional de Investigación Urbana.

**Rodríguez**, V. D. (2010). Social Resilience, Disaster Prevention, and Climate Change: Challegues from Mexico, *Journal of Disaster Research*, Vol. 5, No. 2, Tokyo, Fuji Technology Press.

**Rodríguez**, V. D. (2011a). Adaptación y prevención de desastres en el contexto nacional de inseguridad. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Coords.), *Las dimensiones sociales del cambio climático: un panorama desde México. ¿Cambio social o crisis ambiental* México, D.F.: Instituto Mora y UNAM-Escuela Nacional de Trabajo Social.

**Rodríguez**, V. D. (2011b). Políticas urbanas y cambio climático en México. En G.C. Delgado (Coord.), *Transporte, ciudad y cambio climático.* México, D.F.: UNAM:CEIICH-PINCC.

**Rodríguez**, V. D., Lucatello, S. y Garza, S. M. (Coords.). (2008), *Políticas públicas y desastres*. México, D.F.: Instituto Mora/Red Mexicana de Estudios Interdisciplinarios para la Prevención de Desastres.

**Rodríguez**, V. D., Alaniz, C. S. y Ortega, S. J. (2013). Migración forzada y cambio climático. De la crisis a los derechos humanos. En L. Cano (Coord.), *Pobreza y desigualdad social. Retos para la reconfiguración de la política social*. México, D.F.: UNAM-Escuela Nacional de Trabajo Social y Díaz de Santos.

**Rodríguez**, V. D., Lucatello, S., Briones, F., Jerez, O., Vera, L., Pinilla, C. (2015). Vulnerabilidad y riesgo en Reporte Mexicano de Cambio Climático.

**Rosquillas**, A.H. (1998). *Efectos del fenómeno de El Niño en Tijuana*. Prevención. 21, pp. 32-36.

**Rueda**, A. J. (2014). *Cambio climático: financiamiento y dependencia en América Latina. El riesgo socioclimático en México (1995-2011)*. Tesis doctoral. Universidad de Guanajuato, León, Gto., División de Ciencias Sociales y Humanidades-posgrado en Ciencias Sociales.

**Sáenz**, C., Rehfeldt, G.E., Crookston, N., Duval, P., y Beaulieu, J. (2012). Modelos "SPLINE" de climas contemporáneo, 2030, 2060 y 2090 para Michoacán, México. Impactos en la vegetación. *Revista Fitotecnia Mexicana, 35*(4), pp. 333-345. Disponible en: http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/SaenzRomero_2012_ClimateMichoacan_RFM.pdf
(Consultado el 29 de septiembre de 2014).

**Saldaña**, S. (2008). Stakeholders views in reducing rural vulnerability to natural disasters inSouthern Mexico: Hazard exposure and coping and adaptive capacity. *Global Environmental Change, 18*, 583–597.

**Sánchez**–Salazar, M. (2004). Evaluación de la vulnerabilidad en zonas industriales. En J. Martínez y A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México*. SEMARNAT-INE.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** [SEMARNAT]. (2014). México ante los riesgos del cambio climático. En *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*, (pp. 4-7). México: Gobierno de la República.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Centro de Ciencias de la Atmósfera**. *El Cambio Climático en México*. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/sector/sector-agua.html / (Consultado el 5 de Octubre de 2014).

**Spencer**, W. (2011). The public and climate change. The Discovery of Global Warming. Disponible en: www.aip.org/history/climate/public.htm [Consulta: 22 de noviembre de 2014].

**Soares**, D., Romero, R., López, R. y Arellano, J. (2012). *Vulnerabilidad socioambiental frente al cambio climático en la cuenca del río Huehuetán, Chiapas*. México: IMTA.

**Soares**, D. y Gutiérrez, I. (2012). Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucatán. México: *CIENCIA ergo sum, 18*(3), 249-263.

**Tejeda**, M. A., Aguas, T. y Viveros, E. (1995). Riesgos por factores climáticos en centros urbanos del estado de Veracruz. *La Ciencia y el Hombre,* No. 21, vol. VII, septiembre-diciembre, Xalapa, Veracruz, México.

**Tejeda**, M. A. y C. Welsh, R. (Coord.). (2007). *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz*, Xalapa, Ver, Universidad Veracruzana.

**Torres**, B. B. y Vera C. J. (2012). Indicadores de vulnerabilidad social ante el cambio climático: una aproximación urbana. En M. Perevochtchikova (Coord.), *Cultura del agua en México*. México, D.F.: UNAM: PINCC-Red del Agua y Miguel Ángel Porrúa.

**Torres**, P., Cruz, J., Acosta, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Política y Cultura*, no. 36, México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.





**Urbina**-Soria, J. (2012). Percepción y comunicación de riesgos ambientales y su aplicación en la adaptación al cambio climático. *Ciencia,* volumen 63, no, 4, Octubre-Diciembre 2012. México: Academia Mexicana de Ciencias.

**Vázquez**, V., Castañeda, I., Molina, D., Sosa, D., Chablé, M., Del Rivero, L. (2015). Género y Cambio Climático. Estado del arte y agenda de investigación en México en Reporte Mexicano de Cambio Climático.

**Vera**, G. (2005). Vulnerabilidad social y expresiones del desastre en el distrito de Pochutla, Oaxaca. En V. Acosta, (Coord.), *La Construcción Social de Riesgos y el Huracán Paulina*. México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, [CIESAS].

**Villers**-Ruiz, L. (1995). *Vulnerabilidad de los ecosistemas forestales ante el cambio climático*. México: Estudio de País.

**Villers**-Ruiz, L. y Trejo-Vázquez, I. (1998). Impactos del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Revista Interciencia*, 23 (1), 10-19.

**Zacarías**, Y. y Del Castillo, R. (diciembre, 2010). Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (87), 13-28. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n87/n87a2.pdf (Consultado el 29 de septiembre de 2014).

**Zapata**, R. (2011). Cambio climático y desastres. En S. Lucatello y D. Rodríguez (Eds.). *Las dimensiones sociales del cambio climático: un panorama desde México: ¿cambio social o crisis ambiental?* Instituto Mora y Universidad Nacional Autónoma de México.

# Capítulo 14

## PERCEPCIÓN DE LA CIUDADANÍA MEXICANA SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DE SU INSTITUCIONALIZACIÓN

**Autor líder:**

Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita[12].

**Autores colaboradores:**

Brenda Bravo Díaz[35], María Guadalupe Peláez Gálvez[12] y Minerva Rebollar Plata[12].

[12]IPN CIIEMAD Centro interdisciplinario de Investigación y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo,
[35]IPN Instituto de Diseño.

**Palabras clave:** adaptación al cambio climático, indígenas, ciudadanos urbanos, perspectiva de género.

## Resumen

Al revisar la literatura científica, se analizó la percepción de la población mexicana respecto al cambio climático, cómo se ha institucionalizado la política ambiental para enfrentarlo y qué repercusiones conlleva en su vida cotidiana. No se consideró literatura gris, excepto el Atlas Nacional de Riesgo y el informe internacional de Naciones Unidas sobre las ciudades, ambos informes están firmados por expertos en el tema. La participación ciudadana está limitada por la poca credibilidad al gobierno en dos aspectos: 1) creen que la información que les dan está sesgada hacia el alarmismo para inducir temor y controlar mejor a la población. 2) los ciudadanos creen que no sirve que ellos actúen cuando el gobierno no hace nada por propiciar un cambio beneficioso a la sociedad ni al ambiente. La clase media de las ciudades y la población rural perciben que hay una situación de injusticia que favorece a la clase con alto poder adquisitivo, promovida por las instituciones públicas como consecuencia de una errada y errática política ambiental. Ninguna persona se siente responsable del cambio climático, siempre se justifican argumentando que los responsables son otros ciudadanos y grupos comunitarios, incluyendo al gobierno. El temor de un cambio climático está determinado por el grado de pérdida de productividad y nivel de vida.






## Introducción

Como punto de partida hay que asentar en este documento qué es lo que entendemos por percepción y así poder encuadrar el contexto de la revisión del tema. La percepción es un proceso cognitivo que realizamos las personas cuando a través de nuestros sentidos captamos señales del ambiente. Traducimos dichas señales de acuerdo con nuestra cultura, nivel educativo y capacidad intelectual en conocimiento significativo. Bajo esta conceptualización, puede definirse a la percepción como un proceso por el cual una persona selecciona, organiza e interpreta los estímulos, para darle significado a un hecho o acontecimiento por venir (Goldstein, 2006; Schmidt, Ivanova y Schäfer, 2013). Dada la gran variedad de culturas y jurisdicciones en México resulta muy difícil estimar cuál es la percepción de la población mexicana e incluso la posición del gobierno respecto al cambio climático, máxime si cada individuo y administración pública lo experimenta en su localidad y bajo sus muy particulares condiciones de vida, educación, cultura y forma de hacer y entender la política, esto último incluso, entre los tres órdenes de gobierno del país (Weber, 2006; Howe et ál., 2013; Gutiérrez, 2014a).

El cambio climático altera de manera diferente las localidades del planeta, el impacto en cada región depende principalmente del nivel de vulnerabilidad que provocan los ecosistemas naturales y la infraestructura construida por el hombre sobre los cambios en el clima y los eventos meteorológicos extremos, así como la capacidad de reacción y adaptación hacia las nuevas condiciones ambientales (Ibarrarán, Malone y Brenkert, 2010). Bajo esta perspectiva, la percepción ciudadana sobre el cambio climático y cómo lo aborda el gobierno es de vital importancia porque afecta directa y sustancialmente su seguridad y derechos humanos. Las políticas ambientales sobre cambio climático deben ser a la vez de Estado y públicas. Esta dualidad les confiere características únicas ya que son coyunturales, polémicas y polisémicas a tal grado que incomodan al tomador de la decisión gubernamental, al ciudadano y las ONG.

Son políticas coyunturales porque desarrollan una política pública para adaptarnos al cambio climático y deben contener los ajustes al comportamiento global para sobrevivir al nuevo entorno natural y socio-político; significa que debemos desarrollar la integración de todas las estrategias que se planteen para prevenir los efectos del cambio climático, mitigar y revertir algunos de sus impactos, que junto con los procesos de desertización, la pérdida de ecodiversidad y el incremento de nuestra vulnerabilidad ante fenómenos naturales o mixtos desatan grandes catástrofes ecológicas (Gutiérrez, 2007a; CENAPRED, 2013). Catástrofes que otrora eran sólo ambientales pero que ahora son socio-económicas con repercusiones fuertes en la geopolítica de los Estados nación y sus límites jurisdiccionales. Las estrategias de adaptación corren por dos vertientes como líneas divergen cada vez más con el incremento de la escala espacio-temporal en la cual se concretan los planes de acción estratégicos (Eakin, Lerner y Murtinho, 2010). Somos persona y sociedad a la vez, pero actuamos diferente en cada ámbito y por tanto, nuestro comportamiento es y debe ser diferente para adaptarnos a los nuevos estilos individuales de vida y modas sociales de convivencia (Tucker, Eakin y Castellanos, 2010; Juvin, 2011; Campos, Velázquez y McCall, 2014). Debemos replantear nuestro actuar respecto a la reconversión de sistemas rurales en agrosistemas de productos altamente rentables (Conde. Ferrer y Orozco, 2006; Schroth et ál., 2009), incluso al usar para ello tecnología punta (Mercer, Perales y Wainwright, 2012). Debemos cambiar nuestra visión de la pesca aprovechando los nuevos métodos de teledetección para encontrar rápidamente los bancos de peces y no afectar todo el ambiente acuático, sea este marino o dulceacuícola (Bautista et ál., 2007; Aguilar, Sánchez y Martínez, 2013). Debemos realizar, ya, de manera imperativa, cambios en nuestros patrones de consumo de bienes no consuntivos pero que su producción y desarrollo conlleva modificaciones grandes en el paisaje natural para hacerlos más turísticos y sustentables, por ejemplo (Gutiérrez, García y Rebollar, 2012; Álvarez, Zamora y Gutiérrez, 2013); nuestra manera actual de consumo promueve la deforestación de grandes áreas boscosas en paisajes forestales y de selva baja dentro de áreas naturales protegidas (Gutiérrez et ál., 2014) y produce cambios irreversibles en los modos de vida de zonas rurales, periurbanas y urbanas por mencionar los más relevantes (Eakin et ál., 2007; Vignola, Otárola y Calvo, 2010).

## 1. Cambio Climático, Sociedad y Política

La coyuntura social actual no puede dejar a un lado del panorama geopolítico el tema del cambio climático. Tema polémico porque implica, además, tomar en cuenta las grandes amenazas extras que presupone estamos ocasionando por desarrollar actividades "económicas" fuera de lugar y de contexto, en las que no hemos aplicado cabalmente la legislación nacional e internacional (Gutiérrez, 2009). De igual forma, el tema es polisémico debido a que no es posible encasillar la percepción ciudadana del cambio climático bajo un solo precepto, aunque sea el de la propia seguridad, lo que conduce a que siempre se tengan que realizar varias acciones coordinadas e interdisciplinarias para resolver un problema (Bell, 2005). El ciudadano de cualquier estrato socioeconómico sabe que debe tomar una actitud proactiva para poder avanzar junto con sus autoridades en un modelo de vida adaptado a las nuevas condiciones meteorológicas, lo que no significa que lo aplique o que tenga intención de hacerlo a corto plazo, primero debe resolver otros asuntos de su vida que sí le son prioritarios para el día a día (Gutiérrez, 2014a).

Por último, hablar de seguridad humana incomoda a los tomadores de decisiones políticas, administradores públicos y de empresas con poder de decisión, debido a que para resolver los acertijos de nuestro futuro común necesitamos movernos en la esfera económica (desarrollo de la nación y generación de riqueza por parte de todos los individuos), en la normativa y de gobernanza (justicia social, justicia ambiental y desarrollo de todas las comunidades con equidad), y en el campo de la conservación biológica, especialmente en áreas naturales protegidas con comunidades socialmente marginadas y con alto grado de rezago económico (Zamora, Álvarez y Gutiérrez, 2013; Ortega y Gutiérrez, 2014). De esta manera diversos componentes de la percepción humana sobre el cambio climático permean en la seguridad y derechos humanos en tres dimensiones: 1) la alimentaria (Appendini y Liverman, 1994; Appendini, Cortés e Hinojosa, 2008; Ruane y Sonnino, 2011; Sánchez y Chavero, 2011; Bee, 2014); 2) la laboral (Varese y Escárcega, 2004; Gay et ál., 2006;) y 3) la de salud (Aragón, 2011; McMichael y Woodruff, 2005; Shindell et ál., 2012; Lee et ál., 2014).

El acertijo planteado conlleva una situación paradójica sin precedentes en nuestra historia para alcanzar bienestar individual y paz social, se contraponen las dimensiones de la seguridad humana. Para mejorar el estado nutricio de la gente y su salud es necesario incrementar considerablemente la superficie agrícola y promover más procesos de transformación de la naturaleza, lo cual nos hace más vulnerables respecto a la seguridad ambiental y por supuesto, a la seguridad económica y a la seguridad civil (Saldaña y Sandberg, 2009; Krishnamurthy, Fisher y Johnson, 2011), tanto como a la seguridad sanitaria en sentido social (Frank, Eakin y López, 2011; Bravo y Gutiérrez, 2014). Por otro lado, la gente obrera y los campesinos tienen claro que su seguridad laboral riñe constantemente con su seguridad en la salud, dado que no se trata únicamente de trabajar en un ambiente limpio y seguro, sino que la industria y los procesos agropecuarios deterioran inexorablemente nuestro medio, nuestras cosechas y productos de consumo alimenticio directo, y con ello nuestra salud (McMichael y Woodruff, 2005; Durand y Lazos, 2008; Soares y Gutiérrez, 2011; Shindell et ál., 2012; Lee et ál., 2014).

En nombre del desarrollo aunque se llame *sustentable*, en castellano, lo que se persigue es en verdad un desarrollo *duradero* (como se dice en francés) siguiendo la interpretación original del enunciado del informe Brundtland[1] , por cuanto lo que debe durar es el crecimiento económico, no la conservación de la naturaleza (Grosmann y Krueger, 1995). La política ambiental surge de la política económica de posguerra con miras a la democratización mundial, en el sentido de que si hay crecimiento económico hay trabajo y mayor bienestar individual, que se traduce en mejoras sociales y sistemas libres y democráticos (Martínez-Alier, 2011; Azam, Bonneuil y Combes, 2012). Se ha potenciado de esta forma la política de Estado llamada pan para hoy, hambre para mañana, no sin tener una abierta, pero débil, oposición por parte de ONG, stakeholders y población con o sin información clara y concreta de cómo se llevan a cabo las políticas ambientales en México (Laestadius et ál., 2014).

El ciudadano medio cree que hay muchas y muy diversas leyes ambientales en México, desde los bandos municipales hasta las leyes Estatales y Federales (Haro y Muñúzuri, 2014). Algunas leyes como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección

[1]http://www.unesco.org/new/es/unesco-world-conference-on-esd-2014/about-the-conference/background/





al Ambiente (LGEEPA) propicia la participación ciudadana sobre todo en algunos instrumentos para su aplicación; otras como la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) fomentan diversos modos de impartir justicia, las más específicas como la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) promueve un aprovechamiento racional de los recursos naturales y las más novedosas como la Ley General de Cambio Climático (LGCC) pretende fortalecer la horizontalidad gubernamental en la toma de decisiones de cara al cambio climático. Todas ellas tienden a una meta adjetiva muy clara, incrementar la participación ciudadana en la toma de decisiones y la generación de agendas políticas, pero para ello se requiere primero informar veraz y oportunamente a la población (Galicia, Gómez y Magaña, 2013). No obstante, hay que tomar en cuenta que si la participación ciudadana no es lo proactiva que se desea, sino más bien reactiva, se debe a que la información llega por canales gubernamentales. La gente rural, urbana, clase media o marginado social no cree en la información del gobierno, ésta es poco aceptada, debido a la baja confianza en la autoridad (Rojas, 2015). Únicamente los ciudadanos aceptan la información cuando la obtienen de primera mano por los "científicos" de las universidades (Robles et ál., 2014).

La síntesis es ésta, se agudizan los meteoros que propician cambios en el hidroperiodo y el régimen hídrico de los paisajes nacionales, lo cual hace que la percepción de la gente respecto a la lluvia sea muy diferente a lo que es el cambio climático (Mishra y Singh, 2010; Dai, 2011; Gutiérrez, 2012). Sin embargo, el efecto del cambio en el patrón de lluvias y calor, sí se manifiesta en la producción y en la situación laboral y sanitaria de la gente, de tal forma que poco a poco se vuelven más precarias las cosechas y erosiona más el monte talado, lo que obliga a la población a emigrar a las ciudades en búsqueda de trabajo (Gutiérrez, 2007b; Schmidt-Verkerk, 2010). El reto de los gobiernos y sociedades del futuro es resolver el problema de los emigrados climáticos (Black et ál., 2011) o refugiados ambientales, como se les llamó desde los 80 (Bates, 2002).

## 2. Percepción ciudadana de la política institucionalizada para el cambio climático

La percepción ciudadana del cambio climático va muy asociada a la política internacional y nacional. De esta forma, el tema político del cambio climático sigue en ambos ámbitos la misma suerte de la normatividad general de protección ambiental, de tal manera que al ser desarrollado de forma política, más que técnica, su ejecución no es clara, ni precisa y en el caso particular de México, sólo se deja llevar por lo que ocurre internacionalmente (Gutiérrez, 2004). Para ejemplificar, basta con mencionar que en materia de seguridad humana las estrategias de protección civil en eventos hidrometeorológicos extremos, por cierto, los más devastadores y frecuentes en México, no consideran los escenarios sobre cambio climático, ni estrategias de prevención; lo más grave desde el punto de vista jurídico es que tampoco hay instrumentos adecuados para estimar el daño ambiental con fines de fincar responsabilidad administrativa, civil o penal al infractor o infractores que provocaron el desastre socio-ambiental, si es que hay (Peláez y Gutiérrez, 2014). Además, aunque estos temas son competencia del orden de gobierno federal, se atienden por diferentes ministerios con poca transversalidad en sus actuaciones (Aragón, 2011). La protección civil está a cargo de Secretaría de Gobernación (SEGOB) mientras que cambio climático, lo comanda la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La Ley Federal de Protección Civil, publicada en el DOF el 6/06/2012, establece que la Coordinación Nacional debe ser presidida por el ejecutivo federal y por los titulares de las Secretarías Federales, los Gobernadores de los Estados, el Jefe de Gobierno del Distrito Federal y la Mesa Directiva de la Comisión de Protección Civil de las Cámaras de Senadores y Diputados. Esta última coordinación debe promover que los distintos órdenes de gobierno generen información que facilite los procesos de toma de decisiones conjuntas entre administración pública, instituciones de protección civil, academia y pueblo. El soporte técnico gubernamental corre a cargo del Centro Nacional de Prevención de Desastres con la publicación y actualización periódica del Atlas Nacional de Desastres Ambientales (CENAPRED, 2013). Pero por otro lado, Ley General de Cambio Climático, expedida el 10/10/2012, refrenda la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, también presidida por el ejecutivo federal e integrada por los titulares de las Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; de Salud; de Comunicaciones y Transportes; de Economía; de Turismo; de Desarrollo Social; de Gobernación; de Marina; de Energía; de Educación Pública; de Hacienda y Crédito Público; de Relaciones Exteriores, y de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. El titular del Ejecutivo Federal, podrá delegar esa función al titular de la Secretaría de Gobernación o al titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien brinda el respaldo científico principalmente por medio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

El incremento en las noticias en televisión sobre desastres ambientales, hacen que la población perciba que hubo un auge en la política ambiental de México desde finales de los 80 y un declive paulatino durante la parte final de los 90 y el primer lustro del siglo XXI. Posteriormente, con la publicación y puesta en escena mundial del informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) cobra fuerza la percepción de que aumenta la preocupación de México por el cambio climático (CC) y el ambiente en general, 2006-2010; el CC se convierte en tema de debate y discusión en cadenas televisivas, internet, radio y la prensa del corazón. Todos los ciudadanos –especialmente del sector artístico- de nivel medio alto dicen ser *sustentables o ecológicos* y aman la naturaleza. Incluso llegan a aparecer en público con plantas "exóticas" cultivadas y mascotas. Estamos en la sociedad de la moda impuesta por la cultura mundo y hay que seguirla, es la percepción del individuo urbano (Lipovetsky y Serroy, 2010). Esta moda cala hondo en la cámara de diputados y comienza el torbellino por desarrollar leyes ambientales para todo y llamarle a todo lo que se realice en el país, política pública ambiental. Esta moda dura poco en su apogeo y se calman las aguas legislativas, aunque no el discurso político sobre el desarrollo de México que debe ser sustentable, con matices, dependiendo del grupo político en el poder. Es claramente una política coyuntural y sexenal (ámbito estatal y federal) y trienal (municipal), aunque sí haya un reconocimiento explícito de la importancia del cambio climático para la seguridad humana y para garantizar los derechos humanos reconocidos en la constitución (Martínez, 2006).

Dentro de los temas ambientales, el Cambio Climático Global ha sido el de mayor atención en los dos últimos gobiernos federales, ha pasado a segundo término, la conservación de la biodiversidad y casi al olvido la desertización. El motivo es claro, México es un país muy vulnerable al cambio climático a pesar de no ser un contribuyente mayoritario en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera y hay que aprender a vivir con ello, esto es, a adaptarnos rápidamente. Al finalizar la COP15 en Copenhague (2009) el entonces ejecutivo federal de México se erige en el presidente de la Comisión Mundial sobre Economía y Clima consiguiendo que las naciones más industrializadas del planeta aceptaran la creación de un Fondo Verde para el Clima con una aportación anual de 100 mil millones de dólares estadounidenses a partir del 2013. Este hecho da mucha publicidad al gobierno al interior del país y se gesta una nueva conciencia de que algo estamos haciendo mal respecto a nuestros sistemas de producción y consumo y la naturaleza nos pasará factura. Con este pensamiento pesimista por un lado, y escéptico por otro, se desarrolla la COP16 de Cancún (2010). El ciudadano urbano de clase media alta considera que México está tomando un liderazgo para detener el Cambio Climático, aunque no saben a ciencia cierta qué es el Cambio Climático, por qué se genera ni qué consecuencias nos traerá. Se pone de moda el Centro Mario Molina creado en 2004, sin mucha repercusión social, y el premio nobel Mario Molina, se dedica a dar conferencias y a salir en televisión todo el tiempo para hacer propaganda política de que en México se va a trabajar para adaptarnos al cambio climático. El ciudadano urbano de nivel medio vuelve a confiar en las instituciones públicas. Este sentimiento se refuerza cuando se expone la base teórica del Fondo Verde para el Clima en donde menciona que no hay que escoger entre la lucha contra el cambio climático y el desarrollo económico, si se tiene capital disponible para incentivar estas acciones: 1) conocimiento para incrementar la eficacia en el uso de los recursos naturales; 2) inversión en infraestructura de bajo consumo energético; y 3) incentivar la investigación tecnológica. En la COP20 (Lima – 2014), México compromete 10 millones de dólares estadounidenses (Godínez, 2015).

Galindo (2000) explica el sentir popular de la insipiencia de nuestras instituciones en cuidado ambiental de manera genérica:

> La yuxtaposición entre desarrollo a pesar de la pobreza y el atraso, dio lugar a agendas ambientales débiles y muy congestionadas, junto a capacidades institucionales fragmentadas e insuficientes, con capacidad limitada para determinar pautas nacionales en salvaguarda y usufructo de los recursos naturales y resultados satisfactorios en el control de la contaminación.

Continúa mencionando que se construyeron normativas de comando control, pero no los instrumentos para su aplicación eficaz. Al desarrollo de esta normativa debe sumarse el apoyo que ha tenido la educación, desde niveles básicos en explicar qué es el medio ambiental, cuáles son sus amenazas y cómo se incrementa por este motivo nuestra vulnerabilidad al riesgo de un desastre ambiental; riesgo que a la postre se traduce en un desastre socio-económico-ambiental (Bravo y Gutiérrez, 2014). Volviendo a la política ambiental institucionalizada, se crea a principios de los 90 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) la cual va cogiendo fuelle hasta el advenimiento de procuradurías estatales y traspaso de más competencias ambientales a los estados de la federación. Sin embargo, ante el fracaso operativo real de éstas, la PROFEPA busca su





renacimiento mediante una jugada audaz, que si resulta, será en beneficio de la sociedad mexicana y el ambiente mundial, la creación de un código ambiental mexicano y de un código de procedimientos administrativos ambientales (Gutiérrez, 2015). A pesar de todo el despliegue publicitario de esta Procuraduría, el pueblo mexicano, en especial el campesinado y el indígena dudan mucho de la honestidad de los inspectores; y el ciudadano medio urbano, cuestiona la experiencia y el conocimiento de todos sus funcionarios.

El punto central de la percepción y decepción ciudadana sobre la política y las normas ambientales mexicanas es que el país históricamente ha tenido una política ambiental sólo de papel. Signa convenios internacionales cuando negarse no es opción. El sentimiento del pueblo mexicano y de la comunidad internacional de que al tiempo que deterioramos nuestros paisajes naturales, degradamos nuestra calidad de vida y disminuimos nuestro potencial de bienestar, no se ha traducido en un discurso político acompañado de una normativa que pueda aplicarse cabalmente. En síntesis, si revisamos fríamente las estadísticas de la conservación de especies de flora y fauna únicamente[2] (no digamos de la preservación de ecosistemas o de los otros tipos de vida como hongos, protoctistas o monera), como lo manda el convenio firmado por México dentro del Tratado de Libre Comercio con Norteamérica (TLC México/EE.UU./Canadá), nos daremos cuenta de que estamos perdiendo la batalla; por un logro, hay 400 fracasos. En este punto, la percepción ciudadana es muy crítica y dura, ya que dice que la administración pública invierte mucho dinero en reparar el daño estructural cuando una catastrofe ambiental se cierne sobre una comunidad, pero que no se restablece el tejido social dañado, ni mucho menos, el daño ambiental; sólo se gasta dinero en limpieza y búsqueda de fallecidos, este punto lo deja muy claro Aragón (2011) en la siguiente frase: *"La reducción de la vulnerabilidad de la gente y el incremento de su resiliencia contribuyen a la reducción del riesgo a los desastres y por ende a la adaptación al cambio climático"* -si se atendieran con anticipación y de manera conjunta y no separada-. Con sólo echar un vistazo a las cuentas económicas y ecológicas satélite de los últimos años[3] , observaremos que México no invierte en prevención, ni adaptación al cambio climático, sólo gasta una vez ocurrida la catástrofe (Gutiérrez, 2015).

La percepción ciudadano rural sobre cómo las instituciones públicas enfrentan el reto de la adaptación al cambio climático, está documentada únicamente en dos artículos de revistas indizadas, un trabajo en Yucatán (Soares y Gutiérrez, 2011) y otro en el sur de Veracruz (Lazos y Paré, 2000). Hay una tesis de doctorado inconclusa aún (Ortega, 2015) desarrollada en la sierra otomí de Querétaro-Estado de México-Michoacán que tenga rigor científico. Desafortunadamente abundan las páginas de internet que aunque digan cosas interesantes son subjetivas y no siempre están sustentadas con hechos que puedan probarse. Este tipo de información, sin rigor científico ni objetividad conduce a una respuesta casi unánime cuando se pregunta a la población en general (citadinos, campesinos, indígenas) si considera que las acciones tomadas por su gobierno son beneficiosas para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales que supone vendrán con un cambio climático: mucho se habla, pero muy poco se hace; es decir, **no** (Berrang, Ford y Paterson, 2011). Los ciudadanos perciben que la falta de continuidad en las políticas municipales de prevención del riesgo, debido a la rotación constante de funcionarios es la causa primordial de que no funcionen adecuadamente (Soares y Gutiérrez, 2011). Por su parte, Lazos y Paré (2000) recogieron la percepción de algunas comunidades indígenas, quienes perciben que las erráticas y poco articuladas políticas ambientales de la autoridad municipal, combinadas con unas políticas económicas del estado sesgadas hacia un sistema de producción de bienes y servicios masivos, son las causas por las cuales no hay programas eficaces de adaptación y mitigación del cambio climático, y por lo cual ellos desconfían del gobierno y no generan conductas sustentables a mediano plazo.

La población, aunque percibe ligeramente el riesgo de un desastre ambiental por cambio climático, no toma conciencia plena de su vulnerabilidad por falta de comunicación adecuada y confianza con las autoridades locales. Algunos de los problemas que enfrentan las instituciones para lograr sus cometidos son: una semántica y epistemología diversas sobre los efectos nocivos del cambio climático, discontinuidad en las políticas, estructuras, programas y planes que se dan en la rotación de funcionarios

[2]En aproximadamente una década, se ha incrementado el número de especies de flora y fauna en peligro de extinción de 372 a 475, de acuerdo con el conteo oficial del 2012, digamos que aproximadamente en un 30 %.

[3]Las cuentas satélite ambientales (INEGI 2013) lo corroboran, el gasto de la administración pública para reparar los desastres ambientales que provocamos: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/doc/SCNM_Metodologia_11.pdf.

que conlleva cambios en los equipos técnicos y la falta de coordinación institucional para lograr objetivos que no se opongan en sus resultados. Por otro lado, es posible que la preferencia por la planificación a corto plazo y las dificultades para evaluar los beneficios a largo plazo, dificulten la justificación en la inversión para la disminución del riesgo a escala nacional, a saber, la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático requieren de grandes líneas de presupuesto que no se pueden exhibir como "logros" para un potencial electorado.

## 3. ¿Cuánto de seguros nos hacen sentir nuestras instituciones públicas respecto al cambio climático?

La seguridad humana puede estudiarse bajo diversas perspectivas y cada resultado también tendrá diferentes lecturas e interpretaciones (Granderson, 2014). Esta característica temática hace que el habitante promedio de la misma ciudad e incluso del mismo barrio perciba su seguridad de acuerdo con su género, nivel económico, cultura y experiencias personales o de personas cercanas, como se ha documentado en diferentes localidades de México (Veracruz, Zacatecas, Chiapas, Yucatán, Centro de México, Sonora, región norte del país -ver referencias-). ¿Cuánto de seguros y de libres somos los humanos? Es una pregunta que ha realizado Naciones Unidas en reiteradas ocasiones y nunca ha llegado a comprender a fondo la contestación, si es que la hay (Gordon, Deines y Havice, 2010). Antaño la ciudadanía sólo percibía la seguridad humana en términos bélicos o de delincuencia, posteriormente en términos de alimentación, trabajo, salud y gobierno (Nance y Cottrell, 2014). Si ahora se le pregunta a la misma gente, cómo se siente respecto a su seguridad, pero tomando en cuenta los probables impactos del cambio climático global (CCG) en su ciudad, dirían que ya no están seguras en sitio alguno. Pero cosa curiosa, aunque los ciudadanos encuestados asocian su inseguridad al riesgo ambiental, no harían intentos por mitigar el CCG si eso supone perder satisfactores materiales (Taylor, Dessai y Bruin, 2014).

En cuanto a la percepción del riesgo ambiental por hombres y mujeres, está claro que hay una brecha muy grande, dado que las mujeres lo padecen mucho más que los hombres, empezando porque hay más analfabetas que analfabetos; las mujeres de campo son más ignorantes respecto a cómo afrontar una situación novedosa porque hay pocas que han salido de sus comunidades y han aprendido nuevas actividades, como por ejemplo, saber nadar o al menos, mantenerse a flote. La percepción se torna más divergente cuando habla de los mecanismos de difusión de la información, en Yucatán (México), por ejemplo, el 70 % de los hombres saben que es el cambio climático frente a un 54 % de las mujeres; en ese mismo estudio, también se aprecia el sesgo informativo a un único capítulo de CC: el incremento de la temperatura atmosférica. Se han dejado de lado capítulos tan importantes para la gente de la península de Yucatán como el incremento del nivel medio del mar y el endurecimiento de los ciclones, dado que es una región que está nivel del mar (Soares y Murillo, 2013).

Al agrupar por lugar de residencia de las personas, campo vs. ciudad, mientras que la persona que radica en una ciudad, sea ésta acomodada o marginada, piensa que poco o nada tiene de "culpa" por el cambio climático, aunque está consciente de que su conducta puede distar mucho de ser sustentable; la gente rural sí lo tiene claro, los responsables del cambio en el patrón de lluvias, cada vez a menos y en el aumento del calor, son las personas citadinas (Barnett y Neil-Adger 2007). La población que se dedica como buenamente puede a las actividades rurales (agricultura, ganadería, recogida de bayas y frutos silvestres, hierbas, ramas para leña, silvicultura planificada o clandestina), pero en especial la gente que se dedica a la acuicultura y la pesca marina, costera y estuarina tiene una percepción muy diferente del cambio climático que el ciudadano urbano o de tierra adentro, para ellos representa además, pérdida de empleo, producción, riqueza, nivel de vida y sobretodo, la necesidad de cambiar de profesión u oficio, y emigrar, se convierten así en refugiados climáticos (Aguilar et ál., 2013). Esta situación desigual deja en indefensión a los campesinos e indígenas, se refuerza lo complejo de la realidad agropecuaria y forestal mexicana por el discurso gubernamental de que los indígenas y campesinos deben limitar sus actividades por cuestiones de conservación biológica y mitigación del cambio climático. Estos argumentos fortalecen la idea del campesinado de que la autoridad no busca el desarrollo equitativo del país, sino que promueve la injusticia, en especial la social y la ambiental. Un campesino o una comunidad indígena carecen de servicios urbanos y además son los que pagan la carga de proteger el ambiente. La justicia ambiental es percibida como un problema de distribución de bienes y servicios naturales promovida por la autoridad (Ortega, 2015).

El ser urbano desarrolla una economía basada en modelos de apropiación de tierra y acopio de recursos naturales vinculada a su esquema de producción, privando al mismo tiempo, a la gente del campo o de la periferia urbana de los mismos recursos





naturales que posee su paisaje, por ejemplo, agua, madera, suelo y piedra. La privación de los recursos a la vez que impacta el tejido socio-económico local, genera situaciones de injusticia hacia las comunidades indígenas y rurales al momento de limitarles los usos de sus recursos que son su fuente de riqueza, a favor de las personas de las ciudades, que los aprovechan sin percatarse de la brecha que abren de inequidad entre ellos y la gente del campo (Ibarra, Puente y Schteingart, 1984). El modo de vida urbano desvincula a los individuos de la naturaleza, tanto el del paraje natural proveedor de servicios ambientales, como el de la campiña productora de alimentos; estos paisajes están fuera de los límites espaciales, cada vez más difusos, que separan lo urbano de lo rural (Monge et ál., 2013).

Una persona promedio que ha vivido toda su vida en la ciudad consideraba hace dos décadas que el problema del cambio climático se debía a que los campesinos talaban los bosques y a los incendios forestales; que el efecto invernadero al adelgazamiento de la capa de ozono; la contaminación aérea y acuática se debía a las actividades agro-industriales (16 % de los encuestados); en general, que gran parte de las causas secundarias del cambio climático se debían a problemas por la sobrepoblación (22 %) (Camarasa y Moreno 1994). Todo tiene un origen ajeno a ellos y una causa que no pueden comprender bajo su perspectiva citadina (Camarasa y Moreno 1994). Incluso, el incremento de los desastres ambientales es culpa de la administración pública por no respetar los ordenamientos de uso de suelo, ni los programas de conservación de la naturaleza, en especial los de áreas naturales protegidas. Bajo esta premisa, un tema que ha salido con frecuencia, más que nada en las ciudades es el de los emigrantes. La gente del campo migra a la ciudad capital de su Estado o a la cabecera municipal, si no tiene mucho dinero o si es mujer. Cuando se trata de un varón, va a la Ciudad de México y a las zonas turísticas como Puerto Vallarta, Cancún, Mazatlán. Y los más necesitados de dinero migran a los Estados Unidos de Norteamérica. Estas migraciones se han incrementado por consecuencia de las variaciones meteorológicas en las áreas agrícolas. A poco que se retrase la lluvia, se puede perder la calidad de la cosecha...una inundación de una semana, pierde toda la producción, una nevada o helada a destiempo acaba con todo, incluyendo sistemas pecuarios por incremento de gripe aviar, porcina o brucelosis. Esta situación obliga al campesino a convertirse en un refugiado ambiental en las ciudades. Esta situación, creciente a un ritmo muy acelerado preocupa también mucho a la autoridad, así, la percepción de un funcionario de la administración pública respecto al cambio climático aunque también varía mucho, está en función de su orden de responsabilidad administrativa, municipal, estatal o federal. Un federal inmediatamente habla de la seguridad alimentaria y civil por la alta movilidad ciudadana de un sitio a otro, sin fijar residencia ni tener trabajo estable; un estatal lleva el tema a la seguridad de la salud y el municipal a la seguridad más elemental: escuelas, agua potable.

Un funcionario internacional relaciona el tema de seguridad humana respecto al cambio climático con las migraciones forzadas. Morton, Boncour y Laczko (2008) señalaron que *"Todos los datos hacen pensar que la migración por razones medioambientales y climáticas se convertirá en uno de los principales problemas políticos de este siglo"*. El desencadenante de las grandes migraciones ambientales son y serán la degradación progresiva y aguda de los ecosistemas y paisajes productivos, rurales y urbanos, junto con los fenómenos meteorológicos extremos, cada vez más frecuentes, erráticos y sobretodo, mal gestionados por la autoridad competente (Gutiérrez 2014b). Sin embargo, la migración ambiental no es un fenómeno aislado, sino que es una propiedad emergente de la nueva configuración de la complejidad de los socioecosistemas. Agudización de la pobreza, falta de empleo, incremento de enfermedades infecciosas por vivir en sitios insalubres, favorecida por una deficiente alimentación y potenciada por una mala nutrición, son a grandes rasgos, algunos de los indicadores sinergísticos de la migración ambiental (Costa, 2008).

El informe *Las Ciudades y el Cambio Climático: Orientaciones para políticas*, publicado por ONU-Hábitat (2011) menciona que el Sistema Urbano Nacional (SUN) ya está integrado por 383 ciudades y concentra aproximadamente tres cuartas partes de la población mexicana. Lo más alarmante de ese informe no es el presente, sino nuestro futuro inmediato, pues también menciona que con base en las proyecciones de población se calcula que el país contará con veinte ciudades de más de un millón de habitantes para mediados del presente siglo. El reto a enfrentar en México, pues, de cara al cambio climático y la seguridad humana será hacer ciudades sustentables (Schteingart, 2000; Barton, 2009; Gutiérrez, 2013).

## 4. Síntesis comparativa internacional de la percepción ciudadana al cambio climático

En América Latina los grupos indígenas perciben de manera similar el CC que en México, cuando el campesino entrevistado se dedica a una actividad similar. Se tienen resultados parecidos con etnias de Ecuador, Bolivia, Nicaragua, Chile, Perú, México, Brasil, Costa Rica, Venezuela y la frontera entre Estados Unidos de Norteamérica y México. Los trabajos realizados en África van más por la perspectiva de la sequía y de que deben migrar para sobrevivir. En el mundo europeo, también se tienen trabajos en España, Reino Unido, Bélgica, Alemania, Austria, Francia, Italia, Países Bajos y Grecia. La percepción es diferente dado que su nivel de conocimiento es mayor, así como su grado para satisfacer las necesidades básicas de subsistencia (alimento, trabajo, dinero, vivienda, salud, educación). Sin embargo, su nivel de participación no dista mucho de lo que ocurren en países en desarrollo como México, Argentina o ciertas ciudades de Brasil. Presentan pocas barreras para ser proactivos, pero en general están receptivos a tener economías con tendencia a ser "verdes" en el sentido de reducir GEI; confían en que la infraestructura que desarrolla su Estado será suficiente para reducir su vulnerabilidad y por eso su percepción de riesgo de desastre es menor. En general, el mundo desarrollado está más dispuesto a adaptarse al cambio climático que la gente de los países en desarrollo, los primeros invierten en investigación para elaborar productos y realizar actividades con menor impacto ambiental. Sin embargo, se habla más de cambio climático en los países de Latinoamérica que en los países europeos, tanto a nivel gubernamental como mediático, pero sus actividades de prevención y mitigación no son consideradas como parte del riesgo al que se encuentran expuestos. Si bien hablan de cambio climático en algunos países de Latinoamérica, se tiene un camino muy poco recorrido en el desarrollo de actividades que contribuyan a la reducción de los gases tipo invernadero, la apreciación de las consecuencias de sus actividades son percibidas como hechos aislados que pueden provocar daños en el medio ambiental. Lo mismo sucede con la gestión del riesgo de desastre, son pocos los países que han incluido la variación climática en la percepción del riesgo para implementar acciones que disminuyan la vulnerabilidad de la población y reduzcan los desastres.

## 5. Tema de reflexión

La percepción ciudadana de los efectos del cambio climático en México no es resultado de un pronunciamiento de la población, sino de programas, la mayoría fallidos, del gobierno para controlar el crecimiento urbano, cambios del uso de suelo y prevención de desastres ambientales. La percepción social, de todos los sectores es que las políticas ambientales a mediano y largo plazo del gobierno no son eficaces ni constantes, en gran parte, porque no tienen un plan claro de cómo realizarlas, no hay objetivos sociales o ambientales concretos, claros y definidos, por lo que no pueden elegir o construir los indicadores de eficiencia. La idea de que el gobierno planteara una política a largo plazo que incluyera la participación ciudadana, seduce mucho a los inquilinos de áreas catalogadas como vulnerables y muy vulnerables a catástrofes ambientales, por lo que estarían dispuestos a trabajar con la autoridad de igual a igual, en cambio, quieren que la administración pública se comprometa a apoyarles con los insumos necesarios que ellos no pueden sufragar y a darles la seguridad de que dará seguimiento a las acciones.

En las zonas rurales, donde la agricultura es de temporal o la ganadería extensiva y se aprovechan recursos forestales de manera marginal, incluso, en regiones con alto grado de conservación ecológica, las personas locales han llegado a poner recursos propios en especie y su tiempo para disminuir el riesgo de desastre y sentirse más seguros en todos sentidos. Una catástrofe natural en aquellas regiones termina en un desastre social y económico muy grande en el sentido de que perderían todo su medio de subsistencia. La gente de este medio ambiental tiene muy claro que vive en situación de riesgo de desastres y que cada vez es más vulnerable, por lo que también podría tener actitudes sustentables con iniciativas del sector académico, puesto que las Instituciones de Investigación y de Enseñanza Superior son las únicas instituciones de gobierno en la cuales confía casi sin miramientos.

El mexicano medio, sin importar el sector en el cual esté insertado, persigue primeramente tener seguridad alimentaria y seguridad civil, saber que cuentan con su parcela, su monte productivo o su trabajo estable que les aporta el recurso necesario para abastecerse y llevar una vida digna (una especie de seguridad laboral), les permite desarrollar otras actividades, como las necesarias para adaptarse al cambio climático. Seguridad a la salud es la tercera amenaza que se cierne sobre ellos, y más que centros de salud, necesitan saber que cuentan con el apoyo de la autoridad en caso de desastre ambiental, en primer lugar, contra las inundaciones. Un sistema de prevención de desastres es lo que espera esta gente que desarrolle la autoridad local.





Seguridad económica y educación son dos derechos que reclaman en gran medida por el afán de mejorar constantemente su nivel y calidad de vida, y si esa mejoría se realiza en su localidad, manteniendo su cultura y su ambiente es lo mejor que les podría pasar. El cambio climático va precedido por meteoros cada vez más intensos, pero antagónicos, lluvia – sequía; ola de frío -golpe de calor; vientos huracanados –calma chicha.

La reflexión más relevante del estudio es que analizar los efectos que podría tener el cambio climático o el impacto socio-ambiental que en este momento tienen las variaciones meteorológicas que han incrementado la vulnerabilidad de los mexicanos, bajo la perspectiva ciudadana otorga una oportunidad a la administración pública para comenzar un gobierno basado en la colaboración, en la transferencia de información y en la participación de todos, para alcanzar la meta de tener una sociedad preparada a lo que pueda venir con un modelo de administración pública llamado gobernanza. Conocer cuál es la percepción de la ciudadanía sobre el cambio climático, entender a qué se enfrentan, cuál es su sensibilización sobre el tema, cuánto saben y cuánta confianza le tienen a las acciones que realiza o dice que realizará el gobierno, es importante porque de este análisis pueden partir propuestas más acertadas y sobretodo, planes concretos de acción que en verdad cuenten con la participación social para su consecución y seguimiento.

## Conclusiones

- La percepción ciudadana con respecto a las políticas para combatir el cambio climático y la institucionalización de las normas ambientales es que la respuesta institucional para atender demandas socio-ambientales, sería más eficaz si se invirtiera en la prevención de desastres y gestión del riesgo, como aspectos medulares para atender la vulnerabilidad de la población al cambio climático, y no como cosas separadas.
- La intención innata de la sociedad con respecto al cambio climático es la de realizar acciones sustentables, como recogida de basura de áreas naturales, parques públicos e incluso de las calles, pero cuando ven que la autoridad no les apoya como ellos lo esperan, o que la autoridad no hace acciones que mantengan limpios los espacios y propiciar nuevas áreas verdes, se desmotivan y se genera un ambiente de desconfianza hacia el gobierno.
- La gente de ciudades pequeñas, y más la que vive en municipios muy chicos, piensan que no hay apoyo institucional para adaptarse y revertir el cambio climático, debido a que los programas de gobierno subsisten lo que dura el gobierno, tres años el municipio y seis el Estado y Federación, por lo que no pueden organizarse acciones a largo plazo, que es lo que corresponde.
- Los eventos extremos son importantes estímulos para actuar inmediatamente a un desastre ambiental por el problema socio-económico que le plantea a la sociedad afectada, pero una vez que se ha resarcido el tejido social, se olvida de prevenir el riesgo, reducir los impactos y adaptarse al cambio, según ellos, por falta de apoyo económico, de capacitación, equipo e infraestructura por parte de la administración pública.
- La tendencia a reaccionar más intensamente ante un posible daño climático es más fuerte en la población de escasos recursos económicos que en la población de clase acomodada. Incluso, en una encuesta a ciudadanos de países europeos, la clase alta dice que no le preocupa para nada porque no les afecta. La clase baja dice que para qué se preocupa si no puede algo al respecto y la clase media con educación es la única preocupada y con actitudes ambientalistas.
- Hay grupos de personas, en especial las que habitan en las regiones periféricas a la ciudades, entre el campo y el urbanismo, más o menos, que piensan que la información debe llegar a la ciudadanía de forma diferencial y pensando las posibilidades de acceso a ella de cada comunidad. No toda la gente en estas zonas tienen acceso a internet, por ejemplo.
- El tema de género también ha salido a la luz en algunos artículos, no como tema dominante pero sí de manera tangencial en el sentido de que son las mujeres las que se quedan en las zonas donde son originarias y soportan las catástrofes ambientales –sequías, inundaciones, heladas, granizadas, plagas de langostas y ratones entre otras-, mientras que los hombres se han ido a la ciudad a trabajar.
- No debe tratarse por igual a hombres que a mujeres en el tema de adaptación al cambio climático, porque ellas siguen en franca desventaja cultural, incluso cuando en sus comunidades también haya hombres, y son mucho más vulnerables al cambio climático debido a que son las que más lo padecen y perecen.
- La percepción del riesgo al cambio climático en la comunidad de campesinos mestizos y de indígenas en sus localidades originarias está sesgada hacia la pérdida de capacidad productiva, sólo se preocupan por el ambiente natural cuando éste

perjudica seriamente a su salud, por ejemplo, cuando hay una charca natural o no y se llena de mosquitos, la tendencia es a secarla.

- Entre población indígena y población campesina hay diferencias en la percepción, mientras que los indígenas creen que el problema lo ocasionan personas ajenas a ellos; los campesinos mestizos de la misma región sí consideran que tienen un poco de culpa con sus acciones de sobreexplotación, pero la justifican sobradamente por cuestiones de supervivencia.
- Los causantes del cambio climático son los vecinos, los otros y el gobierno, nunca nosotros mismos, es una frase generalizada en todos los sectores, culturas y épocas.





## Referencias


**Aguilar**, A., Sánchez, A. & Martínez, B. (2013). Economic impacts of climate change on two Mexican coastal fisheries: Implications for food security. *Economics: Open-Assessment E-Journal, 7*(2013-36), pp. 1-38.

**Álvarez**, A., Zamora, N. y Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2013). Propuesta de un nuevo modelo de turismo en áreas naturales protegidas con alto valor paisajístico y cultural: turismo responsable. En B. Bravo, I. Niembro, L. Salgado y P. J. Gutiérrez-Yurrita (Eds.). *Memorias en extenso del Primer Simposio Internacional de Innovación en Sistemas Industriales y Ambientales* (pp. 55-61). México D.F.: 161 pp.

**Appendini**, K. & Liverman, D. (1994). Agricultural policy, climate change and food security in Mexico. *Food Policy, 19*(2), 149-164.

**Appendini**, K., Cortés, L. e Hinojosa, V. D. (2008). Estrategias de seguridad alimentaria en los hogares campesinos: La importancia de la calidad del maíz y la tortilla. *Ruralidad sin agricultura*. pp. 103-128.

**Aragón**, F. (2011). Adaptación al cambio climático y gestión del riesgo a desastres en México: obstáculos y posibilidades de articulación. En El Colegio de México (Comp.) *Cambio climático, Amenazas Naturales y Salud* (pp. 131-158). México: Programa LEAD-MÉXICO.

**Azam**, G., Bonneuil, Ch. y Combes, M. (2012). *La naturaleza no tiene precio*. Francia: ATTAC y Editorial Clave Intelectual.

**Barnett J**. & Neil-Adger W. (2007). Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography, 26*, 639-655.

**Barton**, J. R. (2009) Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de Geografía Norte Grande, 43*, pp. 5-30.

**Bates**, D. C. (2002). Environmental refugees? Classifying human migrations caused by environmental change. *Population and environment, 23*(5), pp. 465-477.

**Bautista**, E., Ornelas, P., Pedraza, C. y Gutiérrez–Yurrita, P. J. (2007). Influencia de la administración de alimento complementario sobre el crecimiento de *Oreochromis mossambicus* (Steindachner 1864) cultivada en jaulas flotantes en un embalse eutrofizado. CIVA 2006. Pp. 579-589. Disponible en: http://www.CIVA2006.org

**Bee**, B. A. (2014). Si no comemos tortilla, no vivimos: women, climate change, and food security in central Mexico. *Agriculture and Human Values, 1*, pp. 1-14.

**Bell**, D. R. (2005). Liberal environmental citizenship. *Environmental politics, 14*(2), pp. 179-194.

**Berrang**-Ford, L., Ford, J. D. & Paterson, J. (2011). Are we adapting to climate change? *Global environmental change, 21*(1), pp. 25-33.

**Black**, R., Adger, W. N., Arnell, N. W., Dercon, S., Geddes, A. & Thomas, D. (2011). The effect of environmental change on human migration. *Global Environmental Change, 21*, S3-S11.

**Bravo**, B. & Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2014). Introducing a new logical model based on the holistic approach to risk assessment for environmental disaster. *Geological and Environmental Sciences, III*(73), pp. 60-64.

**Camarasa**, A. y Moreno, F. (1994). Algunas reflexiones sobre la percepción del cambio climático en una muestra de población adulta de nivel cultural medio. *Serie Geográfica, 4*, pp. 127-132.

**Campos**, M., Velázquez, A. & McCall, M. (2014). Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. *Land Use Policy, 38*, pp. 533-540.

**Centro Nacional de Prevención de Desastres** [CENAPRED]. (2013). *Atlas Nacional de Riesgo*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Disponible en: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php (Consultada el 30 de septiembre del 2014).

**Conde**, C., Ferrer, R. & Orozco, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera, 19*(3), 181-194.

**Costa**, A. (2008). General Aspects of Sustainable Urban Development. In C. Clini, (Ed): *Sustainable development and environmental management: experiences and case studies*. Springer. pp. 365-380.

**Dai**, A. (2011). Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Rev., Climate Change, 2*(1), 45-65.

**Durand**, L., & Lazos, E. (2008). The local perception of tropical deforestation and its relation to conservation policies in Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Mexico. *Human Ecology, 36*(3), pp. 383-394.

**Eakin**, H., Magaña, V., Smith, J., Moreno, J. L., Martínez, J. M. & Landavazo, O. (2007). A stakeholder driven process to reduce vulnerability to climate change in Hermosillo, Sonora, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 12*(5), 935-955.

**Eakin**, H., Lerner, A. M. & Murtinho, F. (2010). Adaptive capacity in evolving peri-urban spaces: Responses to flood risk in the Upper Lerma River Valley, Mexico. *Global Environmental Change, 20*(1), pp. 14-22.

**Frank**, E., Eakin, H. & Lopez-Carr, D. (2011) Social identity, perception and motivation in adaptation to climate risk in the coffee sector of Chiapas, Mexico. *Global environmental change, 21*(1), pp. 66-76.

**Galicia**, L., Gómez-Mendoza, L. & Magaña, V. (2013). Climate change impacts and adaptation strategies in temperate forests in Central Mexico: a participatory approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 1*, pp. 1-22.

**Galindo**, L. (2000). La evolución de la agenda ambiental. Una visión global. *Gaceta Ecológica*, (55), 55-60.

**Gay**, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H. & Villers, L. (2006) Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change, 79*(3-4), pp. 259-288.

**Godínez**, R. (2015). Las conferencias de Cambio Climático de Lima. *Derecho Ambiental y Eclogía, 11*(64), pp. 31-34.

**Goldstein**, B. (2006). *La percepcion del movimiento*. España: Thomson – Reuters.

**Gordon**, J.C., Deines, T. & Havice, J. (2010). Global Warming Coverage in the Media: Trends in a Mexico City Newspaper. *Science Communication, 32*, pp. 143–170.

**Granderson**, A. A. (2014). Making sense of climate change risks and responses at the community level: a cultural-political lens. *Climate Risk Management, 3*, pp. 55-64.

**Grosmann**, A. & Krueger, G. (1995). *Economic Growth and the Environment, Quarterly Journal of Economics, Vol. 110, No. 2*. (May, 1995).

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2004). Análisis de la legislatura de Impacto Ambiental. *Scientiae Naturae, VII*(1), pp. 5-25.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2007a). Efectos del Cambio Climático Global sobre la Biodiversidad. *Derecho Ambiental y Ecología, 4*(20), pp. 61-70.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2007b). Los corredores ecológicos como herramienta para paliar los efectos negativos del cambio climático sobre la biodiversidad. *Derecho Ambiental y Ecología, 4*(21), pp. 55-63.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2009). Perspectiva ecológica para mejorar la aplicación de la ley ambiental de cara al cambio climático global. *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental, 15*(1), pp. 81-92.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2012). A reflection on the importance of estimating environmental flows in seasonal rivers. The case of rivers in Central Mexico. *Environment, Energy and Biotechnology, 33*, pp. 55-59.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2013). Hacia el diseño de una ciudad sustentable. *Pragma, espacio y comunicación visual, 4*(9), 2-18.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2014a). Revisión del tema 'Ciudadanía Ambiental': Retrospectiva histórica para re-evolucionar su futuro. *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental, 27*, pp. 37-59.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2014b). A socio-economical perspective for a holistic management of temporary watersheds in Central Mexico based on a simple mathematical model for decision-makers. *International Journal of Natural Sciences Research, 2*(10), pp. 206-226.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J. (2015). El ABC de la ecología para un Código Federal Ambiental de México. En S. Muñúzuri (Comp.). *Retos y tendencias en materia de codificación ambiental en México. Reflexiones surgidas en el marco del taller de codificación de la normativa ambiental federal en México* (pp. 37- 43). México: SEMARNAT, PROFEPA, CEJA y UNAM. 245 pp.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J., García-Serrano, L. A. & Rebollar-Plata, M. (2012). Is ecotourism a viable option to generate wealth in brittle environments? A reflection on the case of the Sierra Gorda Biosphere Reserve, México. *Transactions on Ecology and the Environment 161*(V), pp. 141-151.

**Gutiérrez**-Yurrita, P. J., Ortega, A., Álvarez, A., García, L. & Rebollar, M. (2014). The holistic management of the landscape of ethnic communities will reduce climate change and promote its sustainability. *International Journal of Environmental Science and Development, 5*(3), pp. 317-323.

**Haro**, G. y Muñúzuri, S. (Comps.). (2014). *Retos y tendencias en materia de codificación ambiental en México: Reflexiones surgidas en el marco del taller de codificación de la normativa ambiental federal en México*. México: SEMARNAT, PROFEPA, CEJA y UNAM. 245 pp.

**Howe**, P. D., Markowitz, E. M., Lee, T. M., Ko, C. Y. & Leiserowitz, A. (2013). Global perceptions of local temperature change. *Nature Climate Change, 3*(4), pp. 352-356.

**Ibarra**, V., Puente, S. y Schteingart, M. (1984). La ciudad y el medio ambiente: el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Demografía y Economía, 18*(57).

**Ibarrarán**, E. M., Malone, L. E. & Brenkert, L. A. (2010). Climate change vulnerability and resilience: current status and trend for Mexico. *Environ Dev Sustain, 12*, 365-388.

**Juvin**, H. (2011). Cultura y globalización. En G. Lipovetsky y H. Juvin. El occidente globalizado. España: Anagrama. pp. 103-174.

**Krishnamurthy**, P. K., Fisher, J. B. & Johnson, C. (2011). Mainstreaming local perceptions of hurricane risk into policymaking: A case study of community GIS in Mexico. *Global Environmental Change, 21*(1), 1pp. 43-153.

**Laestadius**, L., Neff, R., Barry, C. & Frattaroli, S. (2014). We don't tell people what to do: An examination of the factors influencing NGO decisions to campaign for reduced meat consumption in light of climate change. *Global Environmental Change, 29*, pp. 32-40.

**Lazos**, E., & Paré, L. (2000). *Miradas indígenas sobre una naturaleza "entristecida": percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz*. España: Plaza y Valdes. 183 pp.





**Lee**, D. R., Edmeades, S., De Nys, E., McDonald, A. & Janssen, W. (2014). Developing local adaptation strategies for climate change in agriculture: A priority-setting approach with application to Latin America. *Global Environmental Change, 29*, 78-91.

**Lipovetsky**, G. y Serroy J. (2010). *La cultura mundo: respuesta a una sociedad desorientada*. España: Anagrama.

**Martínez**-Alier, J. (2011) *El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. España: Editorial Icaria.

**Martínez**, J. (2006). Algunos peligros del cambio climático. En INE (Comp.). *Más allá del cambio climático: las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global*. México: 190 pp.

**McMichael**, A. J. & Woodruff, R. E. (2005). *Climate change and human health*. Springer Netherlands. pp. 209-213.

**Mercer**, K. L., Perales, H. R. & Wainwright, J. D. (2012). Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environmental Change, 22*(2), 495-504.

**Mishra**, A. K. & Singh, V. P. (2010) A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1), 202-216.

**Monge**, C., Patzy, F. y Viale, C. (2013) *Minería, Energía, Agua y Cambio Climático en América Latina*. Heinrich Böll Ed. 50 pp.

**Morton**, A., Boncour, P. y Laczko, F. (2008). Seguridad humana y desafíos políticos. *Revista Migraciones Forzadas, 31*, 5-7.

**Nance**, M. T. & Cottrell, M. P. (2014) A turn toward experimentalism? Rethinking security and governance in the twenty-first century. *Review of International Studies, 40*(02), 277-301.

**ONU-Hábitat (2011)**. *Las Ciudades y el Cambio Climático. Orientaciones para políticas*. Informe Mundial sobre Asentamientos Humanos. Naciones Unidas.

**Ortega**-Marín, B. A. (2015). *Estudios socio-ecológicos en comunidades éticas Nha-Nhu en Querétaro, México*. (Tesis de Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico). Instituto Politécnico Nacional. México.

**Ortega**-Marín, B. A. & Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2014) A new way to protect natural areas through the human rights. The case of ethnic minorities in Mexico. *Environment, Energy and Biotechnology, 70*(3): 64-68.

**Peláez**, M. G. y Gutiérrez-Yurrita, P. J. (mayo-agosto, 2014) Recensión de la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental de México y análisis comparado con la ley equivalente española. *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental, 28*, 251-279.

**Robles**-Morua, A., Halvorsen, K. E., Mayer, A. S. & Vivoni, E. R. (2014). Exploring the application of participatory modeling approaches in the Sonora River Basin, Mexico. *Environmental Modelling & Software, 52*, 273-282.

**Rojas**, R. (2015) *Diagnóstico socio-ecológico de la microcuenca del Arroyo Peña Gorda, Gustavo A. Madero, D.F. Elementos para el manejo holístico*. (Tesis de Maestría en Ciencias en Estudios Ambientales y de la Sustentabilidad). CIIEMAD-IPN. México.

**Ruane**, J. & Sonnino, A. (2011). Agricultural biotechnologies in developing countries and their possible contribution to food security. *Journal of biotechnology, 156*(4), 356-363.

**Saldaña**-Zorrilla, S. O. & Sandberg, K. (2009). Impact of climate-related disasters on human migration in Mexico: a spatial model. *Climatic change, 96*(1-2), 97-118.

**Sánchez**, M. S. & Chavero, E. L. (2011). Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Clima. Change, 107*(3-4), 363-389.

**Schmidt**-Verkerk, K. (2010). Buscando la vida–How Do Perceptions of Increasingly Dry Weather Affect Migratory Behaviour in Zacatecas, Mexico? In *Environment, Forced Migration and Social Vulnerability* (pp. 99-113). Springer Berlin Heidelberg.

**Schmidt**, A., Ivanova, A. & Schäfer, M. S. (2013). Media attention for climate change around the world: A comparative analysis of newspaper coverage in 27 countries. *Global Environ. Change, 23*(5), 1233-1248.

**Schroth**, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Haggar, J., Eakin, H. & Ramirez-Villegas, J. (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 14*(7), 605-625.

**Schteingart**, M. (2000). Aspectos conceptuales y metodológicos en estudios urbano-ambientales. Estudios demográficos y urbanos, 15. 2(44), 233-252.

**Shindell**, D. Kuylenstierna, J. C., Vignati, E., van Dingenen, R., Amann, M., Klimont, Z. & Fowler, D. (2012). Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security. *Science, 335*(6065), 183-189.

**Soares**, D. y Gutiérrez, I. (2011). Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucatán. *CIENCIA ergo sum, 18*(3), 249-263.

**Soares**, D. y Murillo-Licea D. (2013). Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural, 10*(72), 181-199.

**Taylor**, A. L., Dessai, S. & de Bruin, W. B. (2014) Public perception of climate risk and adaptation in the UK: a review of the literature. *Climate Risk Management*, (In press)

**Tucker**, C. M., Eakin, H. & Castellanos, E. J. (2010). Perceptions of risk and adaptation: coffee producers, market shocks, and extreme weather in Central America and Mexico. *Global Environmental Change, 20*(1), 23-32.

**Urbina**-Soria, J. (2008). *Impactos sociales del cambio climático en México*. México: Instituto Nacional de Ecología.

**Varese**, S., y Escárcega, S. (2004). *La ruta mixteca: el impacto etnopolítico de la migración trasnacional en los pueblos indígenas de México* (No. 5). México: UNAM.

**Vignola**, R., Otárola, M. & Calvo, G. (2010). Defining ecosystem-based adaptation strategies for hydropower production: stakeholders' participation in developing and evaluating alternative land use scenarios and the strategies to achieve desired goals. *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina*. 67 pp.

**Weber**, E. U. (2006). Experience-based and description-based perceptions of long-term risk: Why global warming does not scare us (yet). *Climatic Change, 77*,103–120.

**Zamora**, N., Álvarez, A. y Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2013). El derecho como herramienta para promover una cultura ambientalmente responsable. El caso de San Joaquín (Querétaro). En B. Bravo, I. Niembro, L. Salgado y P. J. Gutiérrez-**Yurrita**, (Eds.). *Memorias en extenso del Primer Simposio Internacional de Innovación en Sistemas Industriales y Ambientales*. México. 161 pp.

# Capítulo 15

## DERECHOS HUMANOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

**Autoras Líderes:**

María del Carmen Aurora Carmona Lara[37] y Ana Laura Acuña Hernández[37].

**Autores colaboradores:**

Marisol Anglés Hernández[37], Rosalía Ibarra Sarlat[37] y Víctor Amaury Simental[51].

[37]UNAM Instituto de Investigaciones Jurídicas, [51]UNICACH Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

**Palabras clave:** Derechos humanos, derecho al medio ambiente, derecho a la salud, derecho a la alimentación, derecho al libre tránsito, derecho al agua.

## Resumen

El cambio climático es un fenómeno transversal dentro de la normativa en México. Para los Derechos Humanos toma gran importancia, ya que, el gobierno está obligado a garantizar a los ciudadanos el pleno goce de los mismos y por lo tanto a tomar medidas de mitigación y adaptación frente a los diferentes fenómenos derivados del Cambio Climático que afecten la posibilidad de gozar de alguno de estos derechos. Entre los Derechos Humanos que se ven afectados por el cambio climático son: el derecho a un medio ambiente sano, el derecho a la alimentación, derecho a la salud, derecho al libre tránsito y derecho al acceso del agua potable.





## Introducción

El tema de los Derechos Humanos es relevante para el cambio climático a partir del 10 de junio 2011 que se reforma la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), cambiando la denominación al Capítulo I, donde se sustituyó "De las Garantías Individuales" por el título "De los Derechos Humanos y sus Garantías". En la misma reforma se estableció en su artículo primero que en los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece.

Por lo anterior el Estado Mexicano está obligado a la protección de todos los derechos humanos consagrados en la legislación nacional y en los tratados internacionales de los que es parte. Para cumplir con esta obligación debe de tomar en cuenta en sus políticas, planes y programas los efectos relacionados con el cambio climático porque estos tienen consecuencias directas en el goce de los derechos humanos al afectar de manera contundente la vida del ser humano. Podemos resaltar que los derechos directamente afectados por el cambio climático son el derecho a la salud, el derecho al medio ambiente sano, el derecho a la libertad de tránsito y residencia, el derecho a una alimentación adecuada (Consejo de Derechos Humanos, 2009) y el derecho al acceso al agua potable.

### 1. El derecho al medio ambiente sano y el cambio climático en México

La justicia ambiental es una de las premisas fundamentales del concepto de gobernanza que abarca el respeto de los derechos humanos relacionados con el derecho al medio ambiente sano y su garantía por parte del Estado, tiene como objetivo que la relación hombre / naturaleza sea armónica y promueva la distribución equitativa de los beneficios que brindan los ecosistemas.

El derecho humano al medio ambiente sano por su parte, es una categoría conceptual en la que se engloban derechos fundamentales como el de la vida, y que se complementan con otros derechos, como el derecho a la información o a conocer el riesgo en el que nos encontramos por vivir en un ambiente deteriorado. Estos derechos, a su vez, permiten acceder y hacer efectivo el derecho a un medio ambiente sano que se estructura a partir de:

- el derecho a la información ambiental,
- el derecho a la participación social en la toma de decisiones, y
- el derecho a exigir la protección ambiental y la reparación del daño o deterioro ambiental.

Las diferentes formas que asume el derecho a un medio ambiente sano, tienen como base el concepto de derecho, que en castellano, es sinónimo de potestad, es decir, que determinados sujetos tienen potestad de promover el funcionamiento del aparato coactivo del Estado para que otros actúen de una determinada manera. En el caso del derecho al medio ambiente sano, la forma de actuar que han asumido los sujetos frente al ambiente se traduce en las formas de aprovechamiento, intercambio y destino de los elementos naturales que conforman al ecosistema, los recursos naturales.

La definición del derecho a un medio ambiente sano en México se debe de hacer a partir de una serie de conceptos que a través del tiempo han sido incorporados al texto constitucional.

- El derecho al medio ambiente sano que por estar reconocido en instrumentos internacionales como Derechos Humanos aplica la Cláusula de Convencionalidad (artículo 1.º).
- Derecho de los pueblos y comunidades indígenas a conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras (artículo 2.º).
- Derecho de protección a la salud (artículo 4.º).
- Derecho a un medio ambiente sano (artículo 4.º).
- Derecho de que el Estado garantizará el respeto a este derecho (artículo 4.º).

- Derecho a la reparación del daño y deterioro ambiental que generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. (artículo 4.o).
- Derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. (artículo 4.o).
- Derecho de acciones colectivas para salvaguardar el derecho humano al medio ambiente sano (artículo 17).
- Derecho al desarrollo sustentable (artículo 25).

Los efectos adversos del cambio climático como lo son los riesgos de inundaciones y los peligros de incremento del nivel del mar, pueden producir un impacto negativo en el goce de los derechos humanos; conforme a las conclusiones contenidas en los informes de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC por sus siglas en inglés). Por ello el Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas aprobó la resolución 7/23 "Derechos humanos y cambio climático", Desde marzo de 2009, el Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas tomó una acción inmediata al adoptar su segunda resolución, la 10/4, sobre "los derechos humanos y el cambio climático". Esta resolución puso de relieve que las obligaciones y los compromisos en materia de derechos humanos pueden y deben informar, guiar y reforzar la respuesta ante el cambio climático, y decidió realizar un panel sobre la relación entre el cambio climático y los derechos humanos.

Durante el panel que tuvo lugar en junio de 2009, se hizo hincapié en que los efectos adversos del cambio climático sobre los derechos humanos ya se hacían sentir en la gente alrededor del mundo. Además, evidenció que un enfoque de derechos humanos fortalecería la dimensión humana del problema en el debate y negociaciones sobre el cambio climático por parte de la comunidad internacional.

En la sesión ordinaria del Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, se adoptó la tercera resolución sobre "los derechos humanos y el cambio climático", la resolución 18/22, promovida por Bangladesh y Filipinas. Esta resolución tiene como objetivo realizar el seguimiento del llamado a respetar los derechos humanos en todas las acciones y políticas relacionadas con el cambio climático, y además, forjar una interfaz y una cooperación más sólidas entre los expertos en derechos humanos y los expertos en materia de cambio climático; para quizá así avanzar en el ámbito multilateral –tras los compromisos en Cancún 2010 y Durban 2011–. También exhorta a los gobiernos a consolidar soluciones que apoyen urgentemente la adaptación a los efectos adversos del cambio climático que se sienten más cada vez, las opciones de mitigación de los gases de efecto invernadero, y optar por un desarrollo sostenible.

En todas las Reuniones Internacionales se prevé aumento de las temperaturas, mayor posibilidad de sequías, precipitaciones torrenciales, eventos climáticos extremos e incremento de la intensificación de la agricultura por la demanda de alimentos y el crecimiento de la población, por lo que se imponen las medidas de adaptación.

Al presente análisis se deberán sumar las reflexiones que se realicen para la construcción del nuevo acuerdo climático global que va tomando forma gracias al impulso de la Conferencia Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP20) de Lima, Perú en 2014, y las recientes negociaciones en Ginebra, Suiza, en las que los gobiernos acordaron finalmente los elementos del borrador del nuevo acuerdo que se espera sea firmado en la COP21 de París a finales de 2015.

Es claro que uno de los temas que acompañarán, justificarán y lograrán consenso, en la COP21 es el relativo a los derechos humanos vinculados con el derecho al medio ambiente sano, en los que destacarán no solo los relativos a las medidas de mitigación y adaptación frente al cambio climático, sino que tomarán importancia los derechos vinculados con ello, como el derecho de acceso al agua potable, el derecho a la alimentación, la prevención y control de la contaminación del suelo y el agua, el ordenamiento territorial, la sustentabilidad energética y productiva.





## 2. Derecho a la alimentación y cambio climático

El derecho a la alimentación se estableció en la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948, dentro del artículo 25 como parte necesaria para un nivel de vida adecuado y se incluyó en el Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales en 1966, pero es hasta el año 2004, que se desarrollaron las Directrices voluntarias en apoyo de la realización progresiva del derecho a una alimentación adecuada en el contexto de seguridad alimentaria nacional, aprobadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés) (Durán, 2012).

La Cumbre Mundial de la Alimentación en Roma ha enfatizado que los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados se enfrentarán a dificultades relacionadas con el calentamiento mundial y el cambio climático, por lo que se pueden tener graves repercusiones para la seguridad alimentaria y la subsistencia. (FAO, 2002), la FAO ha propuesto la agricultura climáticamente inteligente como una fórmula para vincular más directamente las actividades productivas con la mitigación y adaptación al cambio climático (FAO, 2010). Los cambios son locales y aplican tanto a los sistemas agrícolas comerciales como a los de subsistencia, estableciendo un nuevo paradigma de desarrollo. (SAGARPA, 2012a).

El 13 de octubre de 2011 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la reforma a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos donde se incluyó en el artículo 4 párrafo tercero que toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. Existen varias demandas de la necesidad de crear la legislación necesaria para su garantía, considerando la adaptación al cambio climático y el apoyo a los pequeños productores y las mujeres rurales. (OXFAM, 2014).

En México la actividad del campo es una importante fuente de ingresos y proveedora de alimentos tanto para las zonas rurales como urbanas. Para la creación de nuevas estrategias se debe tomar en cuenta que la producción agropecuaria es vulnerable y sensible al cambio climático. Algunos ejemplos de los impactos más importantes previstos para el sector agropecuario con relación a la variación de la temperatura son la disminución de rendimientos de los cultivos debido al estrés causado por el calor, el aumento de plagas y enfermedades, el incremento de fuegos devastadores, la reducción en el suministro y calidad del agua, y florecimiento de algas. En cuanto a los fenómenos extremos como las sequías, las lluvias extremas, las granizadas y los ciclones, se tienen previstos daños severos a los cultivos, erosión del suelo, imposibilidad para cultivar por saturación hídrica de los suelos, efectos adversos en la calidad del agua, estrés hídrico y aumento de la muerte del ganado, entre otros. (SAGARPA, 2012b).

En México uno de los principales productos de consumo es el maíz, el cual según las predicciones más de una quinta parte de la tierra actualmente disponible para el cultivo de maíz podría llegar a ser no apta para dicho fin como consecuencia de la reducción de precipitaciones y el aumento de temperaturas (Cushing y Kopas, 2011).

El gobierno Mexicano debe tomar en cuenta en sus acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático, la situación sensible del sector agrícola y su vinculación directa con el derecho a la alimentación, pues se prevé una modificación radical en las zonas, calendarios y rendimientos de la producción (FAO, 2011).

## 3. Derecho a la salud y cambio climático

Existe una clara vinculación entre el ejercicio de determinados derechos humanos, como el derecho a la salud, y la cooperación internacional en la lucha contra el cambio climático. Dicho derecho está reconocido en el artículo 25.1 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos como uno de los derechos en los que se concreta el derecho a una vida digna. También está protegido por los artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, cuyo Comité (2000), en su Observación General No. 14 ha afirmado que: El derecho a la salud abarca una amplia gama de factores socioeconómicos que promueven las condiciones a merced de las cuales las personas pueden llevar una vida sana y hace ese derecho extensivo a los factores determinantes básicos de la salud, como la alimentación y la nutrición, la vivienda, el acceso al agua potable, así como a condiciones sanitarias adecuadas y condiciones de seguridad en el trabajo; por supuesto también a un medio ambiente sano.

En este sentido, Paul Hunt (2007), relator especial sobre el derecho de toda persona al disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental, advirtió que: "si la comunidad internacional no toma en serio las repercusiones sobre la salud del calentamiento del planeta, se estarán poniendo en peligro las vidas de millones de personas en todo el mundo". De manera que las fluctuaciones climáticas en México alterarán la salud pública, los patrones de muertes y enfermedades, la estabilidad social y la seguridad geopolítica al amplificar los riesgos de salud existentes (McMichael, 2011; Deheza y Mora, 2013).

Uno de los factores determinantes para México es la sequía, la cual se ha incrementado en frecuencia e intensidad y, como resultado de ello los incendios forestales, lo que dificulta el disfrute del derecho a la salud y a la vida misma (Cushing y Kopas, 2011), pues el humo incrementa el riesgo de enfermedades respiratorias, la reducción de la función pulmonar y los ataques de asma; además, puede conducir a enfermedades crónicas (Schwela, 1999) e, incluso, cobrar vidas humanas, tal como sucedió en 1998 cuando murieron 72 personas en una sola área incendiada (FAO, 2000).

Por otro lado, la rápida urbanización combinada con los efectos del cambio climático conducirá al incremento de las enfermedades respiratorias. En mega-metrópolis como la Ciudad de México, que está ubicada en una cuenca de aire sujeta a inversiones térmicas que atrapa contaminantes tóxicos del aire, los efectos combinados serán particularmente dañinos para la salud de los habitantes (Parry, 2007). Además, debe considerarse el efecto de las olas de calor, que se presenta debido a que la conglomeración de infraestructura urbana tiende a absorber la radiación solar y emitir calor, lo que, en combinación con la proliferación de planchas de asfalto y una menor cobertura de vegetación, deriva en islas de calor en las ciudades, con contrastes térmicos de entre 5 °C y hasta 10 °C entre las zonas urbanas y las áreas rurales colindantes (Jáuregui, 2009), lo que conlleva importantes consecuencias para el sector salud (Corburn, 2009; Corfee-Morlot et ál., 2009).

Al respecto, se realizó un estudio en México que muestra que el efecto negativo de las altas temperaturas y el ejercicio del derecho a la salud. Como resultado se evidencia que la exposición en la primera infancia (1 a 4 años) y adolescencia (10 a 14 años), a altas temperaturas tiene consecuencias a largo plazo. En particular, tienen efectos negativos significativos sobre la estatura adulta. (Agüero, 2014).

Por otro lado, se analizaron las características más sobresalientes del crecimiento demográfico reciente, así como la distribución y las tendencias futuras de los asentamientos humanos en cuanto a vulnerabilidad. Los resultados muestran que los niveles de vulnerabilidad más altos podrían encontrarse específicamente en los estados con rápido crecimiento poblacional, gran consumo de agua y en los que se registran altos niveles de incidencia de enfermedades infecciosas. Esta situación se localizó en la región del norte (Tamaulipas y Chihuahua), del centro (Jalisco y México) y del Golfo (Tabasco) (Aguilar, 1999).

Debido a que México se encuentra en una transición tanto demográfica como epidemiológica, la coexistencia de enfermedades transmisibles y no transmisibles o crónicas está en aumento. De manera que el ejercicio del derecho a la salud se pone en riesgo y ello se incrementa con la alta marginación, la carencia de acceso a los servicios de salud, y el deterioro ambiental. Por tanto, los impactos en la salud humana que pueden asociarse al cambio climático evidencian la necesidad de identificar las poblaciones en riesgo y las regiones más vulnerables, con el fin de establecer acciones prioritarias (SEMARNAT, 2012), ya que los problemas de salud pueden tener repercusiones a largo plazo por daños en la vivienda, la infraestructura urbana y de servicios. (Moreno y Urbina, 2008).

En consonancia con ello, el Índice de vulnerabilidad frente a inundaciones considera entre sus indicadores los siguientes: ingresos, composición socio-demográfica (población expuesta y variables de dependencia: infancia y vejez), nivel de escolaridad, acceso a los servicios de salud, comunicaciones y condiciones materiales de la vivienda (Saavedra, 2010).

En México se estima que el impacto económico para el sector salud se traducirá en un desembolso adicional aproximado de 45 mil millones de pesos, considerando un escenario medio de cambio climático, proyección realizada bajo el escenario A2, para el período 2008-2050 (INE, 2009).





Por otro lado, cabe mencionar que como parte de los compromisos asumidos por los Estados al amparo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, éstos deben fortalecer su capacidad de adaptación en el sector salud (SEMARNAT, 2012), acción fundamental para garantizar el derecho a la salud.

Aunado a lo anterior, resulta fundamental el impulso de sistemas de alerta temprana, estrategias para el enfrentar las sequías, las inundaciones, y el manejo de zonas costeras (Conde y Saldaña, 2007). Lo cual puede facilitar las intervenciones en salud pública a partir de problemas ambientales concretos. (Moreno y Urbina, 2008, p.33).

Sin duda, las acciones que se propongan para garantizar el derecho a la salud de las personas deben orientarse al fortalecimiento de la salud pública, así como robustecer la educación y la lucha contra la pobreza. (Moreno y Urbina, 2008).

## 4. Derecho humano de tránsito y cambio climático

México es un país altamente vulnerable a los fenómenos climáticos (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2012; Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, 2010; Conde y Gay, 1999), cuyos efectos adversos ya se han manifestado en migraciones, sin embargo, el impacto de la degradación ambiental de los desastres naturales y el cambio climático en los flujos migratorios internos e internacionales originarios de México, es todavía un campo poco explorado (Alscher y Faist, 2009), aun cuando algunos estudios muestran evidencia de que el cambio climático ha influido en los movimientos de las personas; tal es el caso de los hogares rurales mexicanos, donde la deforestación ambiental, la erosión de los suelos, el cambio en los patrones de lluvia y la posesión limitada de tierras fértiles ha sido un incentivo para la emigración (Janvry et ál., 1997).

Empíricamente en el estado de Morelos se realizó un estudio que enfoca la migración ambiental en las comunidades rurales de Nicolás Zapata y La Cañada en Los Altos; El Pañuelo en el Valle Central de Cuautla-Ayala, y Lorenzo Vázquez en la Sierra Madre del Sur, cuatro comunidades que forman parte de un transecto de Los Altos (Popocatépetl y Chichinautzin) hasta la Sierra Madre del Sur, pasando por el Valle Central de Cuautla-Ayala. El estado de Morelos ha mostrado un patrón de emigración e inmigración desde la década de 1950, ello debido al deterioro ambiental que ha agudizado las condiciones de pobreza en el medio rural (Oswald-Spring, et ál., 2014).

De acuerdo a este estudio algunas personas han emigrado por falta de tierra, y otras han emigrado a consecuencia de la desertificación, la paridad de la fertilidad del suelo, la contaminación del agua e inseguridad en los precios de los productos agrícolas, destacando que la migración no sólo ha sido interna, sino también internacional, particularmente hacia los Estados Unidos de Norteamérica (Oswald-Spring et ál., 2014).

El trabajo de campo llevado a cabo en el marco del proyecto Environmental Change and Forced Migration Scenarios (EACH-FOR), muestra igualmente la existencia del vínculo entre la degradación ambiental y la migración en dos regiones que fueron seleccionadas y analizadas. En Tlaxcala las consecuencias de la desertificación, la erosión de suelos, y el cambio de los patrones de lluvia son un factor principal en la economía rural y en la migración; por otro lado en el caso del estado de Chiapas, el impacto de las tormentas tropicales, los huracanes Mitch en 1998 y Stan en 2005 (Alscher y Faist, 2009), y los cambios en las precipitaciones como prolongadas y fuertes lluvias que provocan inundaciones y deslizamientos de tierras y que a su vez han ocasionado severas pérdidas de parcelas y cosechas en los últimos años, son factores que tienen un efecto importante en la migración interna e internacional (Jungehülsing, 2010).

En ambas regiones también se conjugan varios factores para explicar la migración, tales como la crisis de la agricultura mexicana, la falta de apoyo estatal, los bajos precios de los productos agrícolas y la competencia internacional, no obstante se ha puesto de manifiesto que las condiciones ambientales juegan un papel fundamental, ya que constituyen la base para la producción agrícola (Alscher y Faist, 2009).

Lo anterior sugiere que la migración inducida por el poco rendimiento de los cultivos a causa del cambio climático (Albo y Ordaz, 2011).implicará un problema importante en varias regiones del mundo incluyendo gran parte de África, la India, Bangladesh, América y Australia, entre otros, cuya población rural podría ser la más afectada con efectos globales que pueden ser enormes, especialmente si las concentraciones de GEI continúan en aumento; dadas estas proyecciones, países como Estados Unidos de Norteamérica considerados como receptores de migrantes, se espera que enfrenten altos índices de migración de personas provenientes de países particularmente vulnerables a los efectos del cambio climático, como es el caso de México, pues se estima que para el año 2080 la disminución de la producción agrícola atribuible al cambio climático, debido a sequías, inundaciones y pérdida de tierra cultivable, inducirá a que entre 1.4 y 6.7 millones de mexicanos adultos (o del 2% al 10% de la población de entre 15 y 65 años) intenten emigrar a los Estados Unidos de Norteamérica (Feng, Krueger y Oppenheimer, 2010).

En el análisis de la relación entre cambio climático y migración, resultan destacables las diferencias en las que mujeres y hombres son afectados por fenómenos del cambio climático y las posibles diferencias en la migración como estrategia de adaptación. En un estudio de caso, en el que se realizaron entrevistas con mujeres y hombres en seis comunidades en el sur del estado mexicano de Chiapas, una zona altamente afectada por fenómenos asociados con el cambio climático y que son intensificados por un acelerado deterioro ambiental, básicamente se concluyó que debido a los roles de género adscritos por la sociedad, los hombres son afectados en el ámbito del trabajo remunerado, específicamente en la agricultura, lo que constituye un factor importante en la migración de muchos varones; por otro lado la mayoría de las mujeres son afectadas principalmente en el ámbito del hogar al verse afectados los ingresos por la crisis agrícola y la economía en general. En cuanto a destinos de migración, los hombres emigran a Estados Unidos de Norteamérica, en cambio las pocas mujeres que emigran en reacción a los impactos económicos del cambio climático, consideran también como destinos ciudades mexicanas, tales como Tijuana, la Ciudad de México, Nuevo Laredo y Cancún (Jungehülsing, 2010).

El caso de México como país de destino, también es trascendente, lo cual se hace patente en un estudio que se enfocó en los desplazamientos de nacionales guatemaltecos a México y Estados Unidos de Norteamérica como resultado de la devastación provocada por el Huracán Stan a finales del 2005, que impactó de manera intensa sobre Centroamérica, especialmente en Guatemala (Calleros, 2012).

Desde el punto de vista de los derechos humanos, la dimensión del desplazamiento motivado por el cambio climático implica que cada persona que se ve obligada a abandonar su hogar en contra de su voluntad debe disfrutar de una solución que respete sus derechos, los proteja y, si es necesario, los cumpla de acuerdo a lo reconocido en disposiciones internacionales en materia de derechos humanos (Leckie, 2008; Espósito y Torres, 2012), ello debido a que el Consejo de Derechos Humanos ha identificado a los efectos del cambio climático como una amenaza para el goce y disfrute de derechos humanos, tales como los derechos a la vida, la salud, la alimentación, el agua, la vivienda y la libre determinación (Consejo de Derechos Humanos, 2009) y ha reconocido que dicho fenómeno junto con la degradación ambiental y la desertificación están exacerbando la miseria, con consecuencias negativas para el pleno disfrute del derecho a la alimentación, en particular en los países en desarrollo (Consejo de Derechos Humanos, 2012).

Los impactos del cambio climático pueden afectar el acceso a la vivienda para millones de personas y conducir al desplazamiento forzado masivo. El incremento en la intensidad y frecuencia de las grandes tormentas y huracanes han dejado ya cientos de miles de personas sin hogar y sin una vivienda adecuada en América Latina debido a las inundaciones y deslizamiento de lodo, aunado a ello la elevación en el nivel del mar podría destruir las casas e infraestructura, lo que obligaría al desplazamiento interno masivo de la población (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente, 2011).

De acuerdo con las Directrices Operacionales sobre la protección de los derechos humanos en situaciones de desastres naturales, adoptadas por el Comité Permanente entre Organismos (IASC por sus siglas en inglés), las personas afectadas pueden enfrentar múltiples desafíos en materia de derechos humanos después de una catástrofe natural (Inter-Agency Standing Committee, 2011), especialmente aquellas que se ven forzadas a abandonar su hogar o lugar de residencia debido a un desastre natural, convirtiéndose en desplazados internos o en el peor de los casos internacionales, cuya violación a sus derechos humanos generalmente se debe a la falta de capacidad del Estado para otorgar su protección, ello debido a la ausencia de una planificación y preparación adecuada que genere una estructura institucional para responder en casos de desastres naturales en beneficio de todos los afectados, por ejemplo en materia de salud, alimentación y vivienda entre otros, además de que jurídicamente no hay un reconocimiento legal para los desplazados por motivos ambientales (Ibarra, 2014). Es cierto que el gobierno mexicano cuenta con planes, programas y protocolos para la prevención y atención de desastres, incluso las evacuaciones a gran escala que han funcionado correctamente en el caso de varios huracanes han sido reconocidas por la Naciones Unidas, sin embargo, la reconstrucción de las zonas afectadas varían de región a región, principalmente debido a los intereses económicos (prioridad para áreas turísticas), donde el problema general de desarrollo desigual es reflejado también en prevención y atención de desastres, dejando desprotegidos a varios sectores sociales, violando sus derechos humanos (Feng, Krueger y Oppenheimer, 2010).





Por otro lado, además de las graves consecuencias humanitarias, se pone de manifiesto los efectos significativos en los ecosistemas circundantes, generando importantes repercusiones ambientales en las zonas de origen, las zonas de destino, y en las rutas migratorias, contribuyendo a una mayor degradación ambiental con la consecuente afectación a la biodiversidad (Brown, 2008). De ahí que los futuros flujos migratorios por cuestiones ambientales sean considerados también como un problema de seguridad internacional (Solana, 2008).

Las autoridades mexicanas reconocen que los principales efectos del cambio climático tienen repercusiones de gran alcance, sin embargo los efectos que se podrían catalogar como secundarios, como por ejemplo en materia de seguridad, han recibido una atención menor, sin dejar de ser importantes. El fenómeno migratorio es complejo y entretejido entre aspectos demográficos, sociales, políticos, económicos y ambientales, de ahí que los responsables de políticas públicas deban considerar los estudios de caso que se han llevado a cabo, con el objetivo de comprender la relación entre el cambio ambiental, la migración y la seguridad (Deheza y Mora, 2013), sin descuidar el vínculo relevante que existe en materia de protección de derechos humanos, sobre todo en México, donde el impacto del cambio climático en el desplazamiento de las personas no ha sido ampliamente profundizado con todas sus vertientes.

## 5. Acceso al agua potable y cambio climático

Al conjugar derechos humanos, acceso al agua y cambio climático, encontramos un "coctel" que ha sido bienvenido por la comunidad académica mexicana, por varias razones, que exponemos en orden cronológico: la vocación agrícola de México, como eje potenciador del desarrollo, posterior a la Revolución Mexicana (Aboites, 2004); el uso del agua en los procesos industriales, que en la etapa del desarrollo estabilizador (décadas de los años 50 y 60 del siglo XX) fue la apuesta de los gobiernos de entonces, convirtiéndose desde entonces, las grandes industrias en altos demandantes del agua y en sus principales contaminadores (Aboites, 2004; CONAGUA, 2013); el crecimiento acelerado de las grandes concentraciones urbanas, especialmente México, Guadalajara y Monterrey, sin embargo, posterior a la década de los 80 una veintena de ciudades también crecieron de manera espectacular (Domínguez y Graizbord, 2011) y su correspondiente consumo de agua (CONAGUA, 2013); los evidentes cambios en el clima, notorios a partir de 1994, y que además de haber incrementado la temperatura media (Romero-Lankao, 2009), han llevado a extremos los días más calurosos, sumado a la presencia de fenómenos más violentos y abruptos en forma de tormentas y huracanes que descargan más en menos (agua-tiempo), prolongación de las sequías, a veces hasta por varios años (Romero, 2009).

El agua como tema monográfico, ya decíamos, ha sido abordado por diversos tratadistas desde los años 60 (García, 2008; Carabias y Landa, 2005), la producción científica aumentó conforme los problemas relativos al agua cambiaron de ser una problemática derivada por falta de infraestructura (Legorreta, 2006), a uno de "escases" por demanda (Simental, 2010), posteriormente, el tema fue el de agotamiento de las fuentes (Legorreta, 2006), para finalmente, incluir el relativo a la contaminación-depuración (Simental, 2010).

La visión tutelar de los derechos humanos, inició en México a principios de los años 90 del siglo pasado (Denton, 2006), la expansión semántica de éste constructo dio sustento para incluir entre el listado de los derechos humanos específicos el derecho

humano al agua (García, 2008; ONU, 2010).

Tanto en México como en la comunidad internacional, fue motivo de grandes debates teóricos conceptuales, el reconocimiento del derecho humano al agua (Barlow, 2004; Dávila, 2006; Saldívar, 2007; Tello, 2008, Arrojo, 2009); sin embargo ya en 2010 la Asamblea General de la ONU lo incluye entre los derechos humanos que deben ser plenamente reconocidos (ONU, 2010).

En 2013 el Congreso de la Unión (Poder Legislativo Federal en los Estados Unidos Mexicanos) de manera sorpresiva, modifica la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, modificando el artículo 4.º, para expresamente indicar que: "Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines." (Artículo 4.º, párrafo sexto de la CPEUM).

En los últimos años los trabajos de investigación se han centrado en cómo deberá hacerse asequible el derecho humano al agua consagrado en la CPEUM, es decir, cuál deberá ser el contenido de la legislación secundaria (debe tenerse presente que existe un rezago temporal de más de un año, sin que se expida la ley que instrumente el derecho humano al agua en México), esto es debido, entre otros factores, a que en los hechos sigue existiendo una seria disputa entre dos posiciones antagónicas, por un lado el interés del gran capital que concibe al agua como una mercancía, respecto de la cual se pueden obtener múltiples ganancias, contra la concepción del agua como un bien común, de interés estratégico para la nación y respecto al cual debe asumirse un manejo comunitario, racional y desligado de intereses mercantilistas (Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. [*CEMDA*], 2015; Trujillo, 2008).

México al ser un país tropical, rodeado por océanos, al tener una orografía compleja, ecosistemas diversos y una creciente población, es uno de los lugares que puede tener mayores afectaciones derivadas del cambio climático (Conde, 2006) lo cual sin duda impactará en el acceso al agua potable, hoy se asume que deben tomarse medidas inmediatas para evitar que los desposeídos de siempre (Céspedes, 2011), ahora tengan una nueva causa de preocupación: los efectos dañinos del cambio climático (Conde, 2006) y pues como narramos esto está íntimamente relacionado con el acceso al agua. (Barreda, 2007).

## Conclusión

Es evidente que el cambio climático tiene un gran impacto en el goce pleno de los Derechos Humanos. Se debe de llevar a cabo una profunda reflexión multi, inter y trans disciplinaria, para vincular de manera transversal el tema de cambio climático con todos y cada uno de los Derechos Humanos, en particular con del derecho al medio ambiente sano, el derecho a la protección a la salud, el derecho a la alimentación y el derecho al acceso al agua potable que se consolidan con los derechos asociados como el derecho de participación pública, el derecho acceso a la información y fundamentalmente con el derecho al acceso a la justicia. El Estado, quien tiene la obligación constitucional de garantizar los Derechos Humanos, requiere aplicar en sus políticas, programas, planes y proyectos todas las medidas que tengan por objeto la mitigación y adaptación por el cambio climático.





## Referencias

**Aboites**, A. L. (2004). De bastión a amenaza. Agua, políticas públicas y cambio institucional en México, 1974-2001. En B. Graizbord, J. Arroyo, *El futuro del agua en México*. México: Universidad de Guadalajara.

**Aguilar**, A. G. (1999). Los asentamientos humanos y el cambio climático en México un escenario futuro de vulnerabilidad regional. En J. Martínez, y A. Fernández, *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. México: SEMARNAT, INE y UNAM-Programa Universitario de Medio Ambiente.

**Agüero**, J. M. (2014). *Long-Term Effect of Climate Change on Health: Evidence from Heat Waves in Mexico*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.

**Albo**, A. y Ordaz, J. L. (2011). Migración y Cambio Climático. El caso mexicano. *Servicio de Estudios Económicos del Grupo BBVA, 11*(27), pp. 2-15.

**Alscher**, S. & Faist, T. (2009). Environmental Factors in Mexican migration: The cases of Chiapas and Tlaxcala. Case study report on Mexico for the Environmental Change and Forced Migration Scenarios Project. Disponible en: https://www.ehs.unu.edu/file/get/7745.pdf

**Arrojo** A. P. (2009). Tipología y raíces de los conflictos por el agua en el mundo. En J. Delclós (Coord.), *Agua, un derecho y no una mercancía*. Barcelona: Icaria.

**Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente** [AIDA]. (2012). *Cambio Climático y Derechos Humanos en América Latina: Una crisis humana*. México: Autor.

**Barlow**, M. y Clarke, T. (2004). *Oro azul. Las multinacionales y el robo organizado de agua en el mundo*. Barcelona: Paidós Controversias.

**Barreda**, A. (2007). Los usos dilapidatorios en la zona metropolitana. En A. Barreda y E. Ortiz (Coord.), *Defensa y gestión comunitaria del agua*. México: Ítaca, pp. 42.

**Brown**, O. (2008). *Migración y cambio climático*. Ginebra: Organización Internacional para las Migraciones.

Calleros, J. C. (2012). Los efectos del cambio climático sobre la migración internacional: análisis de la evidencia en el caso mexicano. Diálogos migrantes, (8), pp. 67-78.

**Carabias**, J. y Landa, R. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. México: Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte.

**Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM**. (2010). *Escenarios para la República Mexicana según los modelos de circulación general (HADLEY, ECHAM, GFDL)*. México: Autor.

**Centro Mexicano de Derecho Ambiental**, A.C. [CEMDA]. (2015). Disponible en: http://derechohumanoalagua.org.mx/home.php

Céspedes H. J. (2011) Pobreza y escasez de agua en el México del siglo XXI. México: Novum Ed.

**Comité sobre el derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud**. (2000). Observación general No. 14 (artículo 12 del Pacto), 11 de mayo. E/C.12/2000/21.

**Comisión Intersecretarial de Cambio Climático**. (2012). *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC].

**CONAGUA**. (2013). Clasificación de los usos del agua. Estadísticas del agua en México.

**Conde**, A. C. & Gay, C. (1999). Impact of climate change and climate variability in Mexico. *Acclimations, Newsletter of the US National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change*. Disponible en: http://www.climateimpacts.org/us-climate-assess-2000/newsletter/1999.10/Mexico.html

**Conde**, A. C. (2006). México y el cambio climático global. México: UNAM.

**Conde**, Á. C. y Saldaña, Z. S. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo.* Vol. 23, No. 2. Santiago de Chile.

**Consejo de Derechos Humanos**. (2009). *Informe de la Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos sobre la relación entre el cambio climático y los derechos humanos*. Naciones Unidas. Asamblea General.

**Consejo de Derechos Humanos**. (2012). *Informe del Experto independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible, John H. Knox*. Naciones Unidas, Asamblea General.

**Corburn**, J. (2009). Cities, Climate Change and Urban Heat Island Mitigation. Localizing Global Environmental Science. *Urban Studies. 46*(2), pp. 413-427.

**Corfee**-Morlot, J., Kamal-Chaoui, L., Donovan, M., Cochran, I., Robert, A., & and Teasdale, P. (2009). *Cities, Climate Change and Multilevel Gover-*

*nance*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, Environmental Working Papers N° 14.
**Cushing**, L. y Kopas, J. (2011). *Cambio Climático y Derechos Humanos en América Latina: Una Crisis Humana*. México: Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente [AIDA]. Disponible en: http://www.aida-americas.org/sites/default/files/CCDH_AIDA_ESP.pdf
**Dávila**, P. S. (2006). *El poder del agua, ¿participación social o empresarial?* México: Ítaca.
**Deheza**, E. y Mora, J. (2013). *Cambio climático, migración y seguridad. Política de buenas prácticas y opciones operacionales para México. Informe Whitehall*. Londres: The Royal United Services Institute for Defence and Security Studies.
**Deheza**, E. y Mora, J. (2013). *Climate Change, Migration and Security Best-Practice Policy and Operational Options for Mexico*. Great Britain: The Royal United Services Institute for Defence and Security Studies.
**Denton** N. T. (2006). *El agua en México. Análisis de su régimen jurídico*. México: UNAM.
**Dietrich**, H. S. et ál. (Eds.). (1999). *Health guidelines for vegetation fire events. Guideline document*. Singapore: United Nations Environment Programme-World Health Organization-World Meteorological Organization-Institute of Environmental Epidemiology.
**Domínguez**, J. y Graizbord, B. (2011). *El derecho al servicio público de agua potable en México*. En A Embid y J. Domínguez. La calidad de las aguas y su regulación jurídica. Madrid: Iustel,
**Durán**, R. G. y Sánchez, D. Á. (2012). Derecho a la alimentación, Urgente. España: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo [AECID].
**Espósito**, C. y Torres, A. (2012). Cambio Climático y derechos humanos: El desafío de los 'nuevos refugiados'. *Revista de Derecho Ambiental de la Universidad de Palermo, I*(1), pp. 7-32.
**Feng**, S., Krueger, A. B. & Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration. PNAS, 107(32), pp. 14257-14262.
**Food and Agricultural Organization** [FAO]. (2000). *Global Forest Resources Assessment*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
**FAO**. (2002). Declaración de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación: cinco años después. Roma: Autor.
**FAO**. (2010). Agricultura climáticamente inteligente. Políticas, prácticas y financiación para la seguridad alimentaria, adaptación y mitigación. Roma: Autor
**FAO**. (2011). El Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura: cómo gestionar los sistemas en peligro. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
**García**, M. A. (2008). El derecho humano al agua. Madrid: Trotta.
**Hunt**, P. (8 de agosto de 2007). *Informe del Relator Especial sobre el derecho de toda persona al disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental*. Doc. A/62/214.
**Ibarra**, R. (2014). Cambio climático y conflictos socioambientales: migraciones forzadas. Ponencia presentada en el Congreso la Constitución y los Derechos Ambientales: derecho humano al medio ambiente sano. México: Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.
**Instituto Nacional de Ecología [INE]**. (2009). México: Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México, D.F.: INE, SEMARNAT.
**Inter-Agency Standing Committee** [IASC]. (2011). Directrices operacionales del IASC sobre la protección de las personas en situaciones de desastres naturales. Washington, DC: IASC-Comité Permanente entre Organismos.
**Janvry**, A., Sadoulet, E., Davis, B., Seidel, K. y Winters, P. (1997). Determinants of Mexico-U.S. migration: the role of household assets and environmental factors. *UCB. CUDARE Working Paper*, (853), pp. 1-24.
**Jáuregui**, E. (2009). *The heat spells of Mexico City*. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, No. 70. México, pp. 71-76.
**Jungehülsing**, J. (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, Centroamérica y el Caribe*. Heinrich Böll Stiftung,
**Leckie**, S. (2008). Implicaciones sobre los derechos humanos. *Revista Migraciones Forzadas*, (31), pp. 18-19.
**Legorreta**, J. (2006). *Los 48 ríos que desembocan en el drenaje*, en León, F. (ed.), Agua, México, Desarrollo de Medios, 2006.
**McMichael**, A. J. (2011). Climate Change and Health: Policy Priorities and Perspectives. London: The Royal Institute of International Affairs.
**Moreno** S. A. y Urbina, S. J. (2008). *Impactos sociales del cambio climático en México*. México: SEMARNAT, INE y PNUD.
**ONU**. (2010). 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento, Resolución aprobada por la Asamblea General, Sexagésimo cuarto periodo de sesiones. Disponible en: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S
**Oswald**, U., Serrano, E., Estrada, A., Flores, F., Ríos, E., Brauch, M., Günter, H., Ruiz, T., Lemus, C., Estrada, Cruz, A.(2014). *Vulnerabilidad social y género entre migrantes ambientales*. México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias [CRIM].**OXFAM**. (2014). Derecho a la alimentación en México tres recomendaciones legislativas para su reglamentación. México: CRECE. Disponible en: http://oxfammexico.org/crece/





wp-content/uploads/2014/04/Policy-Note.pdf
**Parry**, M., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden, P. &. Hanson, C. Eds., 2007 (Eds.). (2007). *Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático*. Romero, L. P. (2009). Cambio ambiental global ¿nuevos desafíos a viejos problemas? México: Política y Cultura. UAM-Xochimilco. Disponible en: http://rcci.net/globalizacion/2006/fg644.htm
**Romero**, P. (2009). *Cambio ambiental global ¿nuevos desafíos a viejos problemas?*, Política y Cultura, UAM-Xochimilco. México, 2009. Disponible en: http://rcci.net/globalizacion/2006/fg644.htm
**Saavedra**, F. (2010). Vulnerabilidad de la Población Frente a Inundaciones e Inestabilidad de Laderas. En *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. México: Instituto Nacional de Ecología y Fundación Gonzalo Rio Arronte I.A.P.
**Saldívar**, V. A. (2007). *Las aguas de la ira: economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratuidad?* México: UNAM.
**Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación** [SAGARPA]. (2012a) *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en México*. México: FAO
**SAGARPA**. (2012b). México el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. México: FAO.
**Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales** [SEMARNAT]. (2012). *Adaptación al cambio climático en México: Visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. México: Autor.
**Simental**, F. V. (2010). Derecho ambiental. México: Limusa.
**Solana**, J. (2008). *El cambio climático y la seguridad internacional. Documento del Alto Representante y de la Comisión Europea al Consejo Europeo*. Comisión Europea.
**Schwela**, D., Goldammer, J., Morawska, L., Simpso, O. (eds.). (1999). *Health guidelines for vegetation fire events*. Guideline document. Singapore: United Nations Environment Programme-World Health Organization-World Meteorological Organization-Institute of Environmental Epidemiology.
**Tello**, M. L. (2008). *El acceso al agua potable como derecho humano*. México: Comisión Nacional de los Derechos Humanos.
**Trujillo**, S. J. (2008) Hacia una nueva naturaleza jurídica del agua. En E. Rabasa y C. Arriaga, *Agua: aspectos constitucionales*. México: UNAM

# Capítulo 16

## GÉNERO Y CAMBIO CLIMÁTICO. ESTADO DEL ARTE Y AGENDA DE INVESTIGACIÓN EN MÉXICO

**Autora líder:**

Verónica Vázquez García[29]

**Autoras colaboradoras.**

Itzá Castañeda Camey[45], Dolores Molina Rosales44, Dulce María Sosa Capistrán[29],
Elia Margarita del Socorro Chablé Can[44], Lucía del Rivero Castañeda[46].

[29]COLPOS Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, [44]ECOSUR Colegio de la Frontera Sur, Campus Campeche,
[45]UICN Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, [46]ENAH Escuela Nacional de Antropología e Historia.

**Palabras clave:** género, adaptación, mitigación, vulnerabilidad, riesgo, desastre, conocimiento local, estufas ahorradoras de leña, REDD+.

## Resumen

Este capítulo revisa la literatura sobre género y cambio climático producida en México y/o sobre México. El material se divide en dos secciones: adaptación y mitigación. Se analizan los temas preponderantes, los enfoques utilizados, la diversidad en zonas estudiadas, el tipo de información recabada y las implicaciones tentativas de todo esto para la política pública. Los estudios identifican diferencias de género en las siguientes áreas: condición de vulnerabilidad, estrategias y conocimientos para la adaptación, respuesta ante desastres, capacitación para atenderlos, procesos de transferencia tecnológica, acceso a la tierra y a recursos institucionales de combate al cambio climático. La adaptación está más estudiada que la mitigación y las propuestas en este ámbito se concentran en zonas rurales. Es necesario incorporar el análisis de las masculinidades y las diferencias de edad, etnia, discapacidades y nivel socioeconómico entre hombres y mujeres. El sureste (Yucatán y Chiapas) está más trabajado que el centro y norte del país. La mayor parte del material revisado son estudios de caso que no logran completar un diagnóstico nacional, por lo que se requiere más investigación para avanzar en el diseño de la política pública de combate al cambio climático.






## Introducción

El cambio climático tiene consecuencias cuya dimensión y gravedad aún no se terminan de conocer, particularmente a nivel local. Las experiencias varían de acuerdo al lugar de residencia, nivel socioeconómico, la edad y el género, entre otros factores de diferenciación social. El concepto de género se refiere no sólo a las mujeres sino a las relaciones sociales y al sistema de poder en el que están insertas. Por su parte, el enfoque de género permite estudiar el impacto diferenciado de leyes, políticas y programas en mujeres y hombres, partiendo del principio de que se tratará de experiencias distintas. Como tal, el enfoque de género supone la obtención de información desagregada por sexo para entender las oportunidades, formas de participación y beneficios que mujeres y hombres derivan de determinadas iniciativas. Las propuestas para reducir la inequidad de género son el empoderamiento femenino y la transversalización del enfoque de género en leyes, políticas y programas de todas las áreas del desarrollo y niveles de gobierno, con la finalidad de que mujeres y hombres disfruten de los mismos derechos y oportunidades de crecimiento personal.

En el contexto del cambio climático, el enfoque de género permite formularse las siguientes preguntas: ¿cómo viven los hombres y las mujeres del campo la reducción de tierras apropiadas para la siembra? ¿Qué impacto tiene el cambio climático en comunidades que habitan ecosistemas forestales, dadas las diferencias de género en el acceso, uso, control y conocimiento de determinados recursos? ¿Cómo se redefinen los roles de género en localidades costeras ante el aumento del nivel del mar y la salinidad de agua dulce? ¿Cómo influyen las brechas de género (por ejemplo, el que las mujeres generalmente sean responsables de cuidar a los demás y tengan menores niveles de escolaridad) en sus capacidades para salvar su vida ante un desastre ocasionado por un evento hidrometeorológico?

Estos cuestionamientos han conducido a la creación de acuerdos y fondos internacionales que tienen por objetivo contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático con enfoque de género. Burns y Patouris (2014) identifican el número de decisiones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que mencionan género por tema: adaptación con diez menciones, mitigación con tres menciones, financiación con cinco menciones, transferencia de tecnología con cuatro menciones y, finalmente, desarrollo de capacidades con cinco menciones. El Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés), adoptado a finales de 2011 como mecanismo financiero de la CMNUCC, se propone incorporar el enfoque de género a sus propuestas de financiamiento multilateral (UNFCCC, 2011). En México, el "artículo 71 de la Ley General de Cambio Climático establece que las acciones y programas de las entidades federativas procurarán "siempre la equidad de género" (Cámara de Diputados, 2012, p. 32). La línea de acción 5.1.3 del Programa Especial de Cambio Climático (PECC 2014-2018) señala que el Fondo para el Cambio Climático y otros recursos financieros deberán operar con criterios de prioridad, equidad de género, transparencia y eficiencia (SEMARNAT, 2014). En Oaxaca, la Ley de Cambio Climático y el Plan Estatal de Cambio Climático fueron formulados bajo este enfoque, situación que ha facilitado el diseño de proyectos que involucran a hombres y mujeres en sus actividades.

Este capítulo revisa críticamente la literatura sobre género y cambio climático producida sobre México y/o en México. Identifica los temas más abordados; los enfoques más utilizados; el tipo de información que ha sido recabada; la presencia o ausencia de determinadas zonas del país en el análisis; y las implicaciones de todo esto para el incipiente diseño de políticas públicas. El material está organizado en torno a las dos estrategias del cambio climático: adaptación y mitigación. La información utilizada fue producida por centros académicos, organizaciones civiles y organismos internacionales. Desde hace mucho se ha insistido en que la solución al cambio climático requiere de la participación de distintos actores; el capítulo recupera la polifonía de voces feministas que desde distintas posiciones han escrito sobre el tema.

## 1. Adaptación

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014, p. 5) define a la adaptación como el "proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos", donde se trata de moderar o evitar daños y aprovechar oportunidades. Está fuertemente asociado a la vulnerabilidad, definida como la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta de una

persona o comunidad a determinados impactos, por ejemplo fenómenos climáticos extremos (UNISDR, 2004). La incorporación de la adaptación en la planificación gubernamental contribuye a la reducción del riesgo de desastre (IPCC, 2014). Integrar el enfoque de género a la discusión sobre la vulnerabilidad, la adaptación y la gestión del riesgo de desastres ayuda a comprender de qué manera las diferencias de comportamiento y las relaciones de poder entre hombres y mujeres "conllevan a capacidades, habilidades, oportunidades, conocimientos, necesidades e intereses distintos; por lo tanto, vulnerabilidades y fortalezas diferentes" (Gutiérrez-Montes et ál., 2014, p. 145). En México, el PECC (2014-2018) ha incluido 12 líneas de acción para la adaptación con enfoque de género (DOF, 2014).

### 1.1. Vulnerabilidades diferenciadas

Munguía (2012, p. 2) define la vulnerabilidad de género "como las condiciones de fragilidad que viven mujeres u hombres, debido a las habilidades y capacidades que pudieron o no desarrollar, para enfrentar un impacto ambiental y responder ante él". Las condiciones de vulnerabilidad emanan de la construcción social de la diferencia sexual, a través de la cual se asignan distintos roles y grados de poder a los hombres y a las mujeres (Beristain et ál., 2014). La vulnerabilidad de género depende de cuatro factores: a) situaciones de riesgo, entendidas como la frecuencia de situaciones de alarma relacionadas con fenómenos climáticos; b) el grado de exposición a éstos de parte de poblaciones humanas y de los sistemas naturales de los cuales dependen; c) el deterioro de las condiciones de vida; d) la gestión del riesgo con enfoque de género, definido como la manera en la que se incrementa la capacidad de evitar las situaciones peligrosas y reducir las vulnerabilidades antes que ocurra un desastre (Munguía, 2012).

Los estudios demuestran que las mujeres carecen de capacitación para reaccionar ante un desastre, se encuentran más aisladas y menos organizadas que los hombres (Salazar et ál., 2010; Soares et ál., 2011; Astorga, 2014). Utilizando un enfoque de "Marco de Capitales de la Comunidad", Gutiérrez-Montes et ál. (2014, p. 167) señalan que las mujeres de Sitalá, Chiapas son más vulnerables "por la falta de planes…, de actividades productivas, de trabajos comunitarios y de organizaciones en su comunidad". En pocas palabras, las mujeres tienen menos capital político que los hombres. Un estudio realizado en Ixil, Yucatán, reporta resultados similares en cuanto a esta carencia femenina de capital político (Soares et ál., 2012). Por su parte, los hombres de Chiapas reportan mayor vulnerabilidad en sus capitales físico y natural, mientras que entre los de Yucatán resalta el capital financiero (Gutiérrez-Montes et ál., 2014).

Estos estudios no reflejan características naturales de mujeres y hombres, sino diferencias en la construcción social de los roles de género. Las primeras, responsables del trabajo doméstico no pagado y del cuidado de los demás, tienen poca presencia en espacios públicos y por la tanto su falta de capital político es alta. Los hombres, considerados los principales proveedores del hogar, experimentan la vulnerabilidad por el lado de las pérdidas en infraestructura (capital físico), productivas (capital natural) y económicas (capital financiero).

#### 1.1.1. Estrategias de adaptación

Salazar et ál. (2010), Ruiz (2010; 2012), Laako (2012), Jungehülsing (2010) y Oswald et ál. (2014a) argumentan que no hay una relación de causa-efecto entre cambio climático y procesos migratorios; la opción de migrar depende de muchos factores, entre ellos el grado de vulnerabilidad, el deterioro ambiental y la pobreza. Para la población con educación formal que vive en Ixil, Yucatán, no existe asociación entre fenómenos hidrometeorológicos y procesos migratorios (Soares et ál., 2014). Laako (2012) y Jungehülsing (2010) introducen con cautela el término de "migrantes climáticos" con el fin de aportar a la formación de este concepto, porque es difícil separar la migración causada por el cambio climático de otros determinantes como son la pobreza, la caída en la producción agrícola, el deterioro ambiental, el desempleo y la carencia servicios. Oswald et ál. (2014a) prefieren hablar de "migración inducida ambientalmente" para evitar explicaciones unilineales y ampliar la mirada hacia otros fenómenos ambientales que pudieran contribuir a la migración.





Ruiz (2010; 2012), Laako (2012) y Jungehülsing (2010) estudian la migración en relación con el cambio climático en la frontera sur de México. En algunos casos migran tanto hombres como mujeres, particularmente las jóvenes y/o madres solteras, mientras que otras mujeres permanecen en sus comunidades, esperando remesas y acumulando responsabilidades relacionadas con la supervivencia y bienestar de sus familias. Para las tres autoras la violencia es un factor detonante y acompañante del proceso migratorio. Existe el riesgo de perder la vida en el camino o ser víctima de la trata de personas en centros nocturnos; en estados militarizados como Chiapas, las mujeres enfrentan violencia sexual de parte del ejército. La falta de estadísticas desglosadas por sexo y región dificulta un diagnóstico certero del fenómeno. El estado civil de las mujeres influye en su decisión de migrar, de manera que "las madres solteras son de las que más migran… ya que ellas tienen que generar ingresos para mantener a sus familias. La pérdida de ingresos por la depresión económica las obliga a migrar en busca de trabajo; lo mismo es cierto para muchas jóvenes que apoyan económica¬mente a sus padres" (Jungehülsing, 2010, pp. 8-9).

Dos estudios de caso analizan las estrategias de adaptación de grupos domésticos campesinos ante el cambio climático. En Calakmul, Campeche, destacan la migración, el uso de ahorros, la cooperación comunitaria y la diversificación productiva, incluyendo la venta de productos y servicios. Esta última estrategia tiene la capacidad de impulsar una mejor resiliencia del sistema socio-ecológico, mientras que el ahorro basado en la compra de ganado promueve mayor deterioro debido a la deforestación (Rodríguez-Solórzano, 2014). En el extremo opuesto del país (Sonora), Buechler (2009) menciona a la migración, la reducción de áreas de cultivo y la desaparición de algunos productos agrícolas (durazno, pera, cítricos, ciruela, higo, olivo) como estrategias atribuibles a la creciente escasez y contaminación del agua, así como a temperaturas más altas. Dichas estrategias tienen implicaciones distintas para hombres y mujeres. Por ejemplo, algunas indígenas de la Montaña de Guerrero reconfiguran sus identidades de género y establecen otro tipo de relación con sus parejas gracias al acceso a la educación formal e información sobre derechos humanos, pero la mayoría sigue viviendo en pobreza, sobreexplotación laboral, discriminación salarial y violencia intrafamiliar al migrar a Morelos. Las mujeres de Morelos cuyos maridos migran viven en situaciones igualmente precarias ante el aumento de su carga de trabajo, lo cual se expresa en escasas perspectivas a futuro, sentimientos de minusvalía y dependencia hacia otras personas (Oswald, 2014; Flores, 2014).

Las estrategias femeninas de adaptación para enfrentar las transformaciones en el ciclo hidrológico (aumento del contenido de vapor de agua en la atmósfera; variación en las características, intensidad y valores extremos de la precipitación; cambios en la humedad del suelo y la escorrentía) ocupan un papel relevante en la literatura revisada. Las mujeres son las principales abastecedoras de agua en el hogar y su trabajo funciona como un amortiguador en tiempos de escasez (Gutiérrez-Villalpando et ál., 2013; Salazar, Perevochtchikova y Martínez, 2014). Schenerock, Kauffer y Ruiz (2011, p. 11) describen algunas de sus estrategias de adaptación, que implican más trabajo, conflicto y costo económico para las mujeres: "[en] el tiempo de estiaje el río baja y las mujeres tienen que desbloquearlo y destaparlo para lavar. Las mujeres tienen dificultades con las personas de los invernaderos cuando tienen que desbloquear el río… Tenemos que comprar pipas para tener agua… Tenemos que ir por agua al pozo a las 4:00 o 5:00 am, ya que más tarde no hay agua". Esta situación se vuelve todavía más compleja si se analiza no sólo el uso doméstico del agua, sino también el productivo (agricultura, traspatio, pesca, comercio, turismo) en escenarios de cambio climático y pérdida de soberanía alimentaria (Salazar et al., 2014; Castañeda y Espinosa, 2014).

#### 1.1.2. Conocimientos para la adaptación

Los conocimientos tradicionales son parte de estas estrategias de adaptación. Un estudio en cuatro municipios de la costa de Yucatán examina la utilidad de estos conocimientos para enfrentar el declive de recursos marinos entre 86 buzos y 14 mujeres (Méndez et ál., 2013). Los autores concluyen que el conocimiento científico tiene mayor autoridad sobre el local, a pesar de que los y las pescadoras han desarrollado prácticas de subsistencia para administrar recursos escasos. Las segundas, además, se encuentran más aisladas y poco reconocidas que los primeros, puesto que se dedican a la pesca ribereña. Atendiendo esta situación, la línea 5.5.7 del PECC (2014-2018) indica que se deben promover actividades de pesca y acuacultura sustentable para mujeres en zonas costeras y fluviales (DOF, 2014).

La diferenciación de género en los conocimientos para la adaptación es un tema constante en la literatura. Salazar et ál. (2010), Martínez (2012) Sánchez y Lazos (2013) y Sandoval et ál. (2014) identifican esferas de conocimientos genéricamente diferenciadas en la agricultura, la conservación de la biodiversidad y la salud. Los hombres describen cambios observados en su práctica agrícola mientras que las mujeres se refieren con mayor frecuencia al impacto en la salud de sus familias. Específicamente, Martínez (2012) señala que la responsabilidad de preparar alimentos asignada a las mujeres las lleva a poner más atención en los cambios de su entorno inmediato y a verse más afectadas por prácticas que disminuyen la biodiversidad. Por su parte, los hombres conceptualizan el problema desde su papel de proveedores, por lo que su principal preocupación gira en torno a los límites que determinadas medidas de conservación pueden imponer en su uso de recursos naturales para la generación de ingresos.

Es importante considerar estas diferencias para fortalecer estrategias de adaptación a nivel local. Sin embargo, es más fácil decir que hacer. Los trabajos de Bee (2013; 2014) son particularmente ilustrativos porque se enfocan en las posibilidades reales que tienen las mujeres de implementar sus conocimientos para la adaptación, principalmente debido a las diferencias de poder entre los géneros. En los dos ejidos de Guanajuato estudiados por la autora, las mujeres sin control sobre la tierra tienen es casas posibilidades para aplicar o incluso desarrollar conocimientos adaptativos a la sequía en el cultivo de maíz. Esto explica por qué muchas de sus estrategias son de corto y no de largo plazo, y no necesariamente están en favor del ambiente. En sus propias palabras (Bee, 2014, p. 11), las mujeres "no son víctimas del cambio climático ni tampoco ambientalistas virtuosas que se oponen al maíz transgénico y que harían todo lo posible para proteger a sus quelites". Sus posibilidades de adaptación están marcadas no sólo por el poder masculino sino también por contextos ambientales, sociales y económicos específicos. Utilizando una línea argumentativa similar, Vizcarra et ál. (2013) señalan que las estrategias de adaptación que surjan del Estado, academia u organizaciones civiles (por ejemplo algunas ecotecnias) no deben aumentar la carga de trabajo no reconocida y no remunerada de las mujeres. El combate al cambio climático no puede hacerse "a expensas de las mujeres" por lo que es necesario repensarlo con dos objetivos en mente: "fomentar la sostenibilidad e innovar en relación con la división sexual del trabajo" (Vizcarra et ál., 2013, p. 62). Estos trabajos añaden complejidad a la búsqueda de equidad en las políticas públicas puesto que desdicen la idea (muy generalizada por cierto) de que las mujeres tienden a estar siempre dispuestas a implementar medidas de cuidado ambiental.

### 1.2. Gestión del riesgo de desastre

Los desastres son eventos que paralizan el funcionamiento de una comunidad y causan muchas pérdidas, las cuales exceden la capacidad de la población afectada para hacer frente a ellas utilizando sus propios recursos. La gestión del riesgo de desastres se refiere al diseño, aplicación y evaluación de "estrategias, políticas y medidas destinadas a mejorar la comprensión de los riesgos de desastre, fomentar la reducción y la transferencia de riesgos de desastre, y promover la mejora continua en las prácticas de preparación, respuesta y recuperación para casos de desastre, con el objetivo explícito de aumentar la seguridad humana, el bienestar, la calidad de vida, la resiliencia y el desarrollo sostenible" (PICC, 2012, p. 4). Algunas de estas prácticas son los sistemas de alerta temprana; la cartografía de peligros y vulnerabilidades; la diversificación de recursos hídricos; los refugios contra inundaciones y ciclones; los códigos y prácticas de edificación; las mejoras del transporte y la infraestructura vial (IPCC, 2014).

#### 1.2.1. Impactos diferenciados

Los desastres exponen las diferencias de poder existentes en una sociedad (Verduzco et ál., 2012). Como una de las más persistentes e incisivas, la inequidad de género demanda formulaciones específicas sobre cómo enfrentar el riesgo desde los distintos intereses y capacidades de mujeres y hombres, y de cómo reducir las vulnerabilidades específicas frente a las amenazas (Buvinic et ál., 1999; UNISDR, 2004; Röhr, 2010). El enfoque de género permite evidenciar diferencias en el impacto de desastres, el acceso a los beneficios de programas que distribuyen recursos después del evento, y los cambios en identidades y percepciones durante y después de situaciones de crisis (Martínez, 2012).

Castro (2005, p. 7) sostiene que las políticas mexicanas orientadas a la gestión del riesgo no toman en cuenta "las relaciones de poder asimétricas basadas en el género y existe una tendencia por mantener a las mujeres en la invisibilidad, con una





neutralidad que silencia las experiencias y estrategias adaptativas exitosas de las mujeres". La autora sugiere que la atención al desastre sensible a las inequidades de género se realice por etapas: antes, durante y después del evento.

Siguiendo esta propuesta, Sosa (2014) analizó el impacto del huracán Karl en 2010 en mujeres y hombres de distintas edades del municipio de La Antigua, en el estdo de Veracruz. En la etapa previa al evento no existía capacitación ni información suficiente para la población en general. Durante la inundación los hombres tomaron actitudes temerarias para cuidar tanto a su familia como a sus propiedades, mientras que las mujeres, que constituyen "seres-para-otros", se sometieron a las decisiones tomadas por sus parejas, poniendo en peligro sus vidas. Mujeres de otras localidades viven esta misma situación, de falta de libertad de movimiento, asunto que marca sus decisiones para recurrir a los refugios y apoyarse en sus redes sociales. Cuando acuden a un refugio enfrentan la falta de privacidad, condiciones insalubres y violaciones a sus derechos (Sosa y Vázquez; 2014; Soares y Millán, 2014).

#### 1.2.2. Acciones post-desastre

Dos trabajos analizan la aplicación de programas para atender a la población después de un desastre. En La Antigua, Veracruz, algunas familias fueron reubicadas y en ciertos casos la asignación de viviendas a nombre del varón ocasionó disputas y pérdida del patrimonio por parte de las mujeres (Sosa, 2014). Verduzco et ál. (2012) llegan a conclusiones similares para Angangueo, Michoacán. Los programas implementados fundamentaron la distribución de recursos usando el modelo del "jefe de familia", asumiendo a priori que éste es un hombre. Sólo dos de seis reportaron proporciones similares de beneficiario/as por sexo: "Ahorro y Subsidio para la Vivienda" y "Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad" (FONAES). Se trata de programas que apoyan a las mujeres mediante iniciativas específicas, por ejemplo la Dirección General de Impulso Productivo de la Mujer y Grupos Vulnerables de FONAES. No están estrictamente relacionados con una política pro-activa de gestión de desastres con enfoque de género.

Estos resultados se explican por la escasa utilización del enfoque de género en la gestión de desastres. Soares y Murillo-Licea (2013, p. 181) reportan "severos problemas en la institucionalidad municipal encargada tanto de la gestión del riesgo de desastres como de la promoción de procesos de mayor igualdad de género" en cuatro localidades de Yucatán. Por un lado, las Unidades de Equidad de Género sólo abordan asuntos de violencia doméstica y salud reproductiva. Por el otro, sólo se ubicó a un equipo de Protección Civil con enfoque de género, infancia y multiculturalidad. Su director lleva en el puesto desde 2003 y cuenta con respaldo de la población, pero está en riesgo permanente de ser desplazado con la llegada de cada nuevo gobierno, ya que el cargo se percibe como un pago por favores políticos. Además, sólo cinco de las 30 personas que integran su equipo son mujeres y, pese al diseño, el enfoque de género se aplica de manera muy incipiente. El equipo aún está en proceso de "sensibilización", en la etapa de "visibilizar las diferencias de género en programas o actividades puntuales" (Soares y Murillo-Licea, 2013, p.192). No es de sorprenderse que las mujeres tengan una postura más crítica que los hombres sobre la labor de las autoridades municipales ante eventos extremos (Soares y Millán, 2014).

Ruiz (2010) describe escenarios similares en Chiapas, estado donde el manejo integral de cuencas se ha convertido en parte importante de la política estatal de gestión de riesgo de desastres. Las estructuras organizativas propuestas por la Ley de Aguas Nacionales (consejos y comités de cuencas) no tienen autonomía organizativa ni financiera y acaban reproduciendo jerarquías regionales de poder. Algunas iniciativas han intentado fomentar la participación de las mujeres en estas instancias, pero "lo cierto es que aún no se hace realidad una amplia representación social en los espacios de gestión ambiental y de adopción de decisiones" (Ruiz, 2010, p. 226).

## 2. Mitigación

La mitigación consiste en la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera. La deforestación y la degradación de la biomasa contribuyen con el 17.3 % de estas emisiones (IPCC, 2007), por lo que la captura de carbono mediante la conservación de los bosques se ha convertido en una de las estrategias de mitigación del cambio climático más importante a

nivel mundial. Dos iniciativas de mitigación que involucran a las mujeres, en particular a las rurales, son las estufas ahorradoras de leña y REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal).

### 2.1. Estufas ahorradoras de leña

Las estufas ecológicas, limpias o ahorradoras de leña, comúnmente conocidas en México como "Lorena" por el material con el que se construye o "Patsari" por su adecuación en la región purépecha de Michoacán, son reportadas como una estrategia de reducción de MtCO2e/año en el Programa Especial de Cambio Climático (SEMARNAT, 2011). El Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias también las considera un medio para evitar la exposición a la contaminación del aire al interior de los hogares (Cordero, 2009). En 2008 la meta conjunta de Comisión Nacional Forestal, Secretaría de Desarrollo Social, y Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas fue el establecimiento de 120,000 estufas ahorradores de leña en zonas marginadas de México (Blanco et ál., 2009). Más recientemente, la línea de acción 4.1.6. del PECC (2014-2018) promueve la sustitución de fogones abiertos por estufas ahorradoras de leña en viviendas ubicadas en territorios marginados del país (DOF, 2014).

Se ha demostrado que el uso de estas estufas reduce los contaminantes al interior de la vivienda, la leña utilizada y la emisión de GEI (Berrueta et ál., 2007; Johnson et ál., 2008). También baja la incidencia de ojos irritados, problemas respiratorios y dolores de cabeza en mujeres, así como la duración de infecciones respiratorias en niños pequeños, lo cual se traduce en ahorros. Sin embargo, las estufas no representan la eliminación total del riesgo (Armendáriz et ál., 2008; Romieu et ál., 2009; Riojas-Rodríguez et ál., 2011; Schilmann et ál., 2014). La relación entre género y salud en el contexto del cambio climático es fundamental para el eficaz diseño de políticas públicas y el pleno ejercicio de derechos humanos. Lo cual, ha sido muy poco explorada en México (Oswald et ál., 2014b; véase también Oswald en este volumen).

No existen estudios que analicen si el estatus social de las mujeres mejoró o empeoró con el uso de las estufas ahorradoras de leña. Para la Alianza Global para Estufas Limpias, el objetivo no debería de ser únicamente luchar contra el cambio climático y contribuir al mejoramiento de la salud, sino también empoderar a las mujeres. La Alianza argumenta que las estufas pueden ayudar a cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio en cuanto a salud materna e infantil, así como a fomentar la nutrición, alfabetización e independencia económica de las mujeres. Pero para que esto ocurra, las mujeres no deben ser vistas como simples usuarias, sino como participantes activas en el diseño, fabricación, distribución y otras actividades relacionadas con el empoderamiento económico (Cordes, 2011). Castañeda y Espinosa (2014, p. 194) llevan el argumento mucho más allá al señalar que este tipo de propuestas no tocan el fondo del problema ni logran comprometer a los principales emisores de GEI a cambiar su modelo productivo, por lo que es "injusto e insuficiente depositar en el nivel micro y en las mujeres la responsabilidad de mitigar los efectos que a nivel global y en grandes proporciones siguen generando otros actores".

Diversos acuerdos que se derivan de la CMNUCC (por ejemplo, el Comité Ejecutivo de Tecnología y el Centro y Red de Tecnología del Clima) sostienen que es necesario incluir criterios e indicadores de género en procesos de transferencia de tecnología (Burns y Patouris, 2014). Esto todavía es un asunto pendiente en México. En la región purépecha, la Organización no Gubernamental promotora de las estufas tenía como prioridad cumplir con los compromisos asumidos con la financiadora en cuanto al número de estufas, lo cual provocó la renuncia de una promotora por sentirse bajo presión para encontrar "clientes". El equipo partía de que las mujeres que adoptaron la estufa eran cuidadosas, limpias, activas, abiertas y más educadas que las demás, sin preguntarse de entrada por qué tendrían que interesarse en una tecnología que nunca fue solicitada. En algunos casos, la decisión de probarla no estuvo en manos de las mujeres sino en las de sus maridos o suegras. Resulta indispensable considerar las diferencias de poder en la toma de decisiones al interior de las familias; mirar estos procesos con enfoque de género podría contribuir a incrementar el porcentaje de adopción que fue de tan solo 50 % (Troncoso et ál., 2011).

### 2.2. REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal)

Otra estrategia de mitigación dirigida a los países menos desarrollados para frenar la pérdida de masas forestales es el mecanis-





mo conocido como REDD+, creado en 2005 en el marco de las Conferencias de las Partes (COP) de la CMNUCC e impulsado con mayor fuerza en la reunión de Cancún realizada en 2010. México ha iniciado "un proceso progresivo, participativo y multisectorial con el fin de elaborar su Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (ENAREDD+)" (Aguilar et ál., 2013, p. 1), de manera que la equidad territorial, cultural, social y de género son principios rectores de esta iniciativa (CONAFOR, 2013). Se ha hecho un esfuerzo para fortalecer la coordinación inter-institucional y la participación de distintos sectores para orientar objetivos, acciones, indicadores, responsables y fuentes de financiamiento que conduzcan a una efectiva transversalización de género en cada una de las fases propuestas para REDD+ (Aguilar et ál., 2013). Dicho esfuerzo se refleja en la versión preliminar para consulta pública de la ENAREDD+, en la cual se han incluido trece líneas de acción con enfoque de género.

El mecanismo REDD+ todavía se encuentra en diseño o "acciones tempranas". Por ejemplo, en la Península de Yucatán se creó en 2014 el Comité de la Iniciativa de Estándares Sociales y Ambientales para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal. Este comité está conformado por representantes de la administración pública, sociedad civil y academia. Sus objetivos fueron revisar y discutir el documento Estándares Sociales y Ambientales para REDD+ (REDD+ SES, 2012) y elaborar una versión ad hoc para la península de Yucatán. El documento se encuentra en proceso, pero se espera que ayude a garantizar el respeto a los derechos de los pueblos indígenas y comunidades locales con enfoque de género.

Varios estudios han señalado la importancia de generar indicadores diferenciados por sexo que permitan evaluar el impacto de las acciones que están en marcha o se implementarán a futuro bajo el esquema de REDD+. Es indispensable insistir en la importancia de que los beneficios sean distribuidos equitativamente y se protejan los derechos de las mujeres a la propiedad y los recursos forestales (Mujer y Medio Ambiente, 2010; Fosado et ál., 2014). Alexandrova et ál. (2014) apuntan hacia una serie de riesgos que se deben atender antes de implementar la iniciativa: un aumento en las brechas de género y en la violencia contra las mujeres debido al consumo de alcohol con el dinero obtenido del programa; la falta de comprensión del enfoque de género por parte de las y los encargados de promover los proyectos; la simulación de la participación femenina; la falta de atención a las denuncias de las mujeres.

La tenencia de la tierra destaca como una limitante muy importante en este tipo de iniciativas. Balderas y Skutsch. (2014) señalan que el área forestal per cápita en los ejidos de México oscila entre 0.1 ha a más de 10 ha, por lo que es poco probable que se presente una distribución equitativa de los beneficios a menos que explícitamente se diseñen medidas "socialmente progresivas". Algunas experiencias con los Pagos por Servicios Ambientales (PSA), un programa similar a REDD+, indican que las mujeres no resultan beneficiadas económicamente a pesar de que en diferentes documentos de la política ambiental se mandata su participación (Melo, 2007; Galdámez, 2015). Generalmente el problema es que carecen de tierra y acceso a espacios de toma de decisión en cuestiones agrarias (Moure, 2013). Además, la edad avanzada de las ejidatarias les hace depender de sus hijos para realizar las actividades de los proyectos, por lo cual tampoco se benefician de las capacitaciones técnicas (Cervantes, 2010). En pocas palabras, los avances del enfoque de género en REDD+ han sido en materia legislativa al reconocer la igualdad formal, pero los retos son aún mayores en las diversas zonas forestales del país.

## Conclusiones

Este trabajo se propuso revisar los principales estudios sobre género y cambio climático realizados en México. Se consultaron fuentes producidas en espacios académicos, organismos civiles y organizaciones internacionales. El material se dividió en dos secciones: adaptación y mitigación. Esta última parte resume y reflexiona sobre los principales hallazgos en torno a los siguientes puntos: temas abordados; enfoques utilizados; tipo de información recabada; diversidad en zonas estudiadas; implicaciones tentativas de todo esto (porque el panorama todavía es incompleto) para la formulación de políticas públicas.

Lo primero que hay que decir es que la adaptación está mucho más estudiada que la mitigación, y que las propuestas en torno a esta última se enfocan demasiado en el campo (estufas, captura de carbono forestal), minimizando la responsabilidad de la industria y el transporte y desaprovechando los aportes que mujeres y hombres citadinos (la abrumadora mayoría de la

población) podrían hacer al combate del cambio climático. La misma estructura del presente trabajo, con sus temas, subtemas y número de páginas dedicadas a cada uno, así lo demuestra. Esto quizás se debe a que los instrumentos de mitigación, por ejemplo el Protocolo de Kioto, han tenido poco éxito, por lo que se ha vuelto necesario poner la mirada en lo que ya está sucediendo en cuanto a impactos del cambio climático, es decir, concentrarse en la adaptación como algo prácticamente inevitable y cada vez más importante.

Para la adaptación se ubicaron dos temas: la vulnerabilidad y la gestión del riesgo de desastre. En cuanto al primero, los estudios coinciden en que las capacidades de las personas para enfrentar el cambio climático están estrechamente ligadas con su condición de género. Las mujeres son responsables del trabajo doméstico no pagado y del cuidado de los demás, por lo que su poca presencia en espacios públicos incrementa su vulnerabilidad. Los hombres, socialmente concebidos como los principales proveedores del hogar, experimentan la vulnerabilidad por el lado de las pérdidas en infraestructura, productivas y económicas. Las estrategias de adaptación son genéricamente diferenciadas, destacando en la literatura la migración como un proceso marcado por la violencia de género, y el estrés hídrico que enfrentan mujeres de distintas regiones del país. Tanto hombres como mujeres poseen un reservorio de conocimientos para la adaptación, los cuales rara vez son tomados en cuenta en el diseño de políticas públicas. Además, las mujeres no siempre pueden aplicarlos debido a su falta de control sobre ciertos recursos, por ejemplo la tierra. En algunos contextos, las mujeres adoptan medidas cortoplacistas que no necesariamente reflejan una vocación por el cuidado ambiental, desdiciendo así la imagen de las mujeres como cuidadoras del planeta.

Los trabajos sobre gestión del riesgo de desastre se han concentrado en los impactos de fenómenos hidrometeorológicos, así como en las acciones de prevención y remediación emprendidas por diversas instituciones. Los estudios demuestran cómo la construcción de género marca el comportamiento ante la inminencia de un desastre. Los hombres toman actitudes temerarias para cuidar propiedad y familia mientras que las mujeres carecen de libertad de movimiento y se someten a la decisión de sus parejas. Los programas implementados después del desastre reproducen la noción del "jefe de familia", asumiendo a priori que éste es un hombre. El enfoque de género se aplica de manera muy incipiente en gobiernos municipales o consejos de cuenca, por lo que las instituciones hasta ahora no han servido para contrarrestar la mayor vulnerabilidad de las mujeres en situaciones de desastre.

En la mitigación se ubicaron dos temas: las estufas ahorradoras de leña y REDD+. Se constata que las estufas utilizadas en el campo son efectivas para reducir la emisión de GEI, el gasto de leña y las enfermedades respiratorias en mujeres y niños, pero queda pendiente determinar su potencial para el empoderamiento femenino, así como promover estrategias de transferencia de tecnología donde las mujeres se beneficien económicamente del diseño y la distribución de las estufas. En cuanto a REDD+, todavía hay poco que decir porque este mecanismo se encuentra en fase de acciones tempranas. Diversos estudios advierten sobre la importancia de impulsar la elaboración de indicadores diferenciados por sexo, la distribución equitativa de los beneficios y la protección de los derechos de las mujeres. La tenencia de la tierra destaca como una importante limitante para la equidad de género debido a que las mujeres generalmente carecen de derechos agrarios y acceso a espacios de toma de decisión.

El enfoque de género es la mirada predominante en la literatura analizada. El punto de partida es la diferenciación de género, es decir, el supuesto de que la problemática del cambio climático es vivida de manera distinta por mujeres y hombres. Sin embargo, en muchos estudios el énfasis está puesto sólo en las mujeres, por lo que es necesario recabar más información sobre el papel de las masculinidades en estrategias de adaptación, reacciones ante el desastre, adopción de tecnologías alternativas, relación con ecosistemas forestales. Preocupa que en la mayor parte de los estudios no se proporcione información sobre diferencias de edad, etnia, discapacidades, nivel socioeconómico. La vivencia de ancianos y ancianas con escasas posibilidades de movilidad física tiene que ser distinta a la de otras personas. La situación de pobreza y marginalidad de algunas comunidades indígenas probablemente incrementa la vulnerabilidad de las mujeres en comparación con otras. Es indispensable transitar ya hacia un modelo más complejo de análisis donde el eje rector sea, además del género, otros factores de diferenciación social.

Con relación al tipo de información recabada, una de las limitaciones detectadas en este análisis es que gran parte de los trabajos son estudios de caso, realizados a nivel de comunidad, región y (los menos) estado. Presentan información muy valiosa sobre realidades locales, pero sigue siendo necesario construir un panorama nacional a partir de indicadores que permitan comparar las distintas realidades del país. Sin ellos, será imposible dar el paso hacia el diseño efectivo (no sólo la formulación de principios generales) de una estrategia nacional de combate al cambio climático con enfoque de género.





La disparidad regional en el nivel de información generada también es un asunto que hay que atender. Yucatán y Chiapas son los estados más estudiados, tanto en el tema de adaptación (zonas costeras, cuencas) como en el de mitigación (bosques). Para otros estados (Guanajuato, Sonora, Campeche, Veracruz, Tabasco, Michoacán, Morelos) sólo se ubicaron uno o dos estudios de caso. Las estufas ahorradoras de leña han sido ampliamente estudiadas, pero sólo en Michoacán. Los otros estados, la mayoría, simplemente no están presentes en el debate; es inevitable preguntarse por las realidades de mujeres y hombres en escenarios de desertificación (península de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas). La falta de estudios en estos lugares quizás se explique por el papel que juegan organismos internacionales (PNUD, Fundación Boell) en hacer crecer agendas de investigación en determinados sitios, por ejemplo REDD+ en Yucatán y Chiapas. Esto no es necesariamente malo, pero es indispensable fortalecer grupos locales de trabajo interdisciplinario en todos los estados del país.

En el diseño de políticas públicas a nivel federal destacan la Ley General de Cambio Climático, el Programa Especial de Cambio Climático y la ENAREDD+, que incluyen en sus principios y consideraciones la equidad de género. Como experiencias locales conviene rescatar los esfuerzos realizados en Yucatán y Chiapas para desarrollar estándares sociales que garanticen la distribución equitativa de beneficios dentro del marco de REDD+; la Ley de Cambio Climático y el Plan Estatal de Cambio Climático de Oaxaca; y la Agenda de Género y Cambio Climático de Tabasco (ver Cuadro 1). Aunque el reto más importante sigue estando en la implementación, no hay que escatimar la existencia de estos documentos, los cuales fueron formulados bajo el enfoque de género y pueden servir como guía para la realización de propuestas más específicas en esos y otros estados. Estas iniciativas ya han dejado claro que la política pública mexicana tiene como mandato legislativo e institucional crear las condiciones necesarias para que mujeres y hombres disfruten de los mismos derechos y oportunidades de desarrollo personal.

**Cuadro 1. Agenda de género ante el cambio climático para el estado de Tabasco**
Dolores Molina-Rosales, ECOSUR

Tabasco es uno de los estados más vulnerables ante este fenómeno global, por lo que en 2010 la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) solicitó a El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) la elaboración de la Agenda de Género para el Cambio Climático (AGCC). Una característica central de ese documento fue su generación a partir de un modelo "bottom up", es decir, que se garantizó que las propuestas surgieran desde el sentir de la población.

En primera instancia, se documentó a partir de fuentes secundarias, la situación del estado en cuanto a recursos y amenazadas vividas relacionadas con posibles efectos del cambio climático. En la segunda fase se realizaron seis talleres, a los cuales asistieron 117 representantes de 12 municipios; 67 % eran mujeres y 33 % varones. Para hacer una propuesta de marco normativo también se analizaron leyes generales, sectoriales, reglamentos, decretos, acuerdos, programas y reglas de operación de programas estrechamente relacionadas con temas de la agenda.

A partir de todos estos insumos, la AGCC del estado de Tabasco se propuso como objetivo ser una guía para la acción de la política pública sobre cambio climático con perspectiva de género. Está diseñada de tal forma que sirva como un documento de consulta para la realización de propuestas específicas, como referente de la normatividad sobre género y cambio climático en distintos niveles.

Esta agenda es la primera en su tipo en México y América Latina; sin embargo, el reto continúa siendo su implementación. La SERNAPAM inició negociaciones con algunas dependencias gubernamentales, pero queda pendiente darle seguimiento y analizar cómo funcionó en la práctica. Algo importante en la elaboración de política pública, no es solo la generación de documentos con propuestas de acción, sino su ejecución real en campo. Sobre todo, en temas como cambio climático o conservación ambiental, donde se suele considerar que las mujeres no son un eslabón importante a pesar de todo lo que ellas pueden aportar.

En conclusión, apenas se está empezando a andar por el camino de la intersección entre el género y el cambio climático. Hay desbalances en los temas tratados, limitaciones en los enfoques utilizados, falta de información sobre determinados grupos de

mujeres y hombres (indígenas, anciano/as, niño/as), mayor presencia de ciertas regiones, carencia de indicadores comparativos para formular una política nacional de combate al cambio climático con enfoque de género. Pero también existe ya la posibilidad de establecer algunas verdades sobre diferencias de género en las condiciones de vulnerabilidad, estrategias de adaptación, respuestas ante desastres, falta de capacidad institucional para atender necesidades diferenciadas, deficiencias en procesos de transferencia y adopción tecnológica, inequidades en el acceso a la tierra y a recursos provenientes de programas relacionados con el combate al cambio climático. Además, la mayor parte de los estudios aquí revisados han sido producidos en la última década, y muchos fueron publicados en los últimos cinco años. Esto quiere decir que la comunidad de especialistas está reaccionando positivamente ante la necesidad de información de un tema que llegó para quedarse. Es necesario fomentar más estudios que desde distintas miradas contribuyan a entender la problemática del cambio climático y la equidad de género no sólo a nivel local, sino también y de manera apremiante, nacional.





## Referencias

**Aguilar**, L., Quesada-Aguilar, A., Siles, J. y Castañeda, I. (2013). *Plan de acción para la transversalización de la perspectiva de género en REDD+ México*. Disponible en: http://www.alianza-mredd.org/uploads/ckfinder_files/files/A%204%20%201%204%203%201%20Estrategia%20Genero%20REDD%2B%20Mexico%20Final.pdf

**Alexandrova**, E., Aldana, L. T., Festa, J. M. y Jacobo, M. P. (2014). *Prioridades en el diseño de la estrategia estatal REDD+ en Chiapas, México: Diagnóstico de las percepciones internas y externas*. (Tesis inédita de maestría). El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

**Armendáriz**, C. Edwards, R., Johnson, M., Zuk, M., Rojas, L., Díaz, R. (…) Masera O. (2008). Reduction in personal exposures to particulate matter and carbon monoxide as a result of the installation of a Patsari improved cook stove in Michoacan, Mexico. *Indoor Air*, 18, 93–105. doi:10.1111/j.1600-0668.2007.00509.x

**Astorga**, C. (2014). Vulnerabilidad social y construcción de capacidades frente al cambio climático en San Felipe, Yucatán: Un análisis desde la perspectiva del intercambio político. En M. D. Soares, M. G. Millán y M. I. Gutiérrez, (Coords.), *Reflexiones y expresiones de la vulnerabilidad social en el sureste de México*, (pp. 237-264). México: IMTA/CATIE.

**Balderas**, A. y Skutsch, M. (2014). *Retos en la implementación de REDD+ en México a través de esquemas de distribución de beneficios en favor de poblaciones en condición de pobreza*. Disponible en: http://theforestsdialogue.org/sites/default/files/mexicoreddbs_backgroundpaper_spanish.pdf

**Bee**, B. (2014). Si no comemos tortilla, no vivimos: women, climate change and food security in central Mexico. *Agriculture and Human Values*. doi: 10.1007/s10460-014-9503-9

**Bee**, B. (2013). Who reaps what is sown?: A feminist inquiry into climate change adaptation in two Mexican ejidos. *ACME: An International E-Journal for Critical Geographies*, 12(1), pp. 131-154.

**Beristain**, A., Imaz, M., Blazquez, N., Castañeda, I., Chao, V. y Mussot, L. (2014). Género y cambio climático. Hacia la construcción de una agenda para la investigación, el diseño de políticas públicas y la acción social. En N. Blázquez, M. Imaz, I. Castañeda, V. Chao, A. Beristain y L. Mussot (Coords.) *Cambio climático, miradas de género*, (pp.21-58). México: UNAM y PNUD.

**Berrueta**, V.M., Edwards R.D. & Masera O.R. (2008). Energy performance of wood-burning cookstoves in Michoacan, Mexico. *Renewable Energy* 33, pp. 859-870.

**Blanco**, S., Cárdenas, B., Maíz, P., Berrueta, V., Masera, O. y Cruz, J. (2009). *Estudio comparativo de estufas mejoradas para sustentar un Programa de Intervención Masiva en México*. México: INE.

**Buechler**, S. (2009). Gender, water, and climate change in Sonora, Mexico: implications for policies and programmes on agricultural income-generation. *Gender & Development*, 17(1), pp. 51-66.

**Burns**, B. & Patouris, J. (2014). *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) decisions and conclusions. Existing mandates and entry points for gender equality*. Lima, Perú: WEDO, IUCN & GGCA.

**Buvinic**, M., Vega, G., Bertrand, M., Urban, A., Grynspan, R. & Truitt, G. (1999). *Hurricane Mitch: women's needs and contributions*. Washington D.C.: Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department.

**Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión** (2012). *Ley General de cambio Climático. DOF 06-06-2012*. México: Cámara de Diputados.

Castañeda, M.P. y Espinosa, G. (2014). Género, seguridad alimentaria y cambio climático: Una reflexión desde el México rural. En N. Blázquez, M. Imaz, I. Castañeda, V. Chao, A. Beristain y L. Mussot (Coords.), Cambio climático, miradas de género (189-234). México: UNAM y PNUD

**Castro**, C. (2005). La inequidad de género en la gestión integral del riesgo de desastre. Un acercamiento. *Revista de la Universidad Cristóbal Colón*, 20, 1-28.

**Cervantes**, M. P. (2010). *El recurso forestal en las estrategias familiares de vida en el ejido el paso en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. (Tesis de doctorado). El Colegio de México. México, D.F. Disponible en: http://200.52.255.191/exlibris/aleph/a21_1/apache_media/IH8RSSUT6X2LVQRPXPTN3MPT7RJX1T.pdf

**Comisión Nacional Forestal** (CONAFOR), (2013). *Estrategia Nacional para REDD+. Borrador 2 julio de 2013*. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?grupo=35&articulo=4861

**Cordero**, E. (2009). Mejoramiento de la vivienda rural: impacto de la instalación de piso firme y estufas ecológicas en las condiciones de vida de los hogares. **Estudios Agrarios**, 15(40), pp. 143-151.

**Cordes**, L. (2011). *Igniting Change: Una Estrategia para la Adopción Universal de Estufas y Combustibles Limpios*. Washington D.C.: Alianza Global para Estufas Limpias.

**Diario Oficial de la Federación** (DOF), (2014). *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014

**Flores**, F. (2014). Senderos de vulnerabilidad de género y sus representaciones sociales en contextos situados. En U. Oswald, S.E. Serrano, A. Estrada, F. Flores, M. Ríos, H.G. Brauch (…) M.T. Cruz (Coords), *Vulnerabilidad social y de género entre migrantes ambientales*, (pp.275-292). México: CRIM-UNAM.

**Fosado**, E., Vázquez V. y Velázquez M. (2014). Bosques y cambio climático:Una mirada social y de género. En N. Blázquez, M. Imaz, I. Castañeda, V. Chao, A. Beristain y L. Mussot (Coords.), *Cambio climático, miradas de género*, (pp.61-96). México: UNAM y PNUD.

**Galdámez**, F. D. (2015). *Análisis del impacto del Pago por Servicios Ambientales en una comunidad Tzotzil de Chiapas*. (Tesis inédita de maestría). Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.

**Gutiérrez**, Montes. I., Soares, D., Thibaul, M., Rivas-Platero, G., Pinto, G., Ramírez, F. (…) López, R.V. (2014). Análisis de la susceptibilidad de los recursos comunitarios ante eventos climáticos extremos en Sitalá, Chiapas: retos y propuestas conceptuales desde un enfoque de equidad social. En D. Soares, G. Millán e I. Gutiérrez (Coords.), *Reflexiones y expresiones de la vulnerabilidad social en el sureste de México*, (pp.143-185). México: IMTA/CATIE.

**Gutiérrez**-Villalpando, V., Nazar-Beutelspacher, D. A., Zapata-Martelo, E., Contreras-Utrera, J., y Salvatierra-Izaba, B. (2013). Mujeres y organización social en la gestión del agua para consumo humano y uso doméstico en Berriozábal, Chiapas. *Limina R*., 11(2), 100-113.

**Johnson**, M. Edwards R., Alatorre, C. & Masera O. (2008). In-field greenhouse gas emissions from cookstoves in rural Mexican households. *Atmospheric Environment*, 42, 1206-1222.

**Jungehülsing**, J. (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: Heinrich Böll Stiftung.

**Laako**, H. (2012). *Migración, violencia y cambio climático en Chiapas, México: Vulnerabilidades y estrategias de adaptación de las Mujeres*. Chiapas, México: UNESCO.

**Martínez**, B. (2012). Género, participación social, percepción ambiental y remediación ante desastres naturales en una localidad indígena, Cuetzalan, Puebla. *Ra Ximhai*, 8(1), pp. 113-126.

**Melo**, M. L. (2007). *Medio ambiente, naturaleza y servicios ambientales: divergencias y convergencias en la percepción de los actores involucrados en el Programa de Pago por Servicios Ambientales* (Tesis de maestría). El Colegio de México. México, D.F. Disponible en: http://200.52.255.191/exlibris/aleph/a21_1/apache_media/D35EJ3JDA1NU15JGET7NR8MN2XJYJP.pdf

**Méndez**, G., Munguía, A., Munguía, M. T. y Méndez, S. A. (2013). El conocimiento local sobre el cambio climático de mujeres y hombres pescadores en la costa de Yucatán. *Veredas*, 27, pp. 199-220.

**Moreno**, R., Calderón, M., Riojas, H., Anglés, M., Ramsey, J., Moreno. G., Chuc, S., Aburto56, Moo, D. y Pinto, J. (2015). Salud Humana en Reporte Mexicano de Cambio Climático.

**Moure**, M. (2013). *Desarrollo sustentable ante el cambio climático ¿qué papel puede tener REDD+ en las comunidades?* (Tesis inédita de maestría). El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

**Mujer y Medio Ambiente**, A.C. (2010). *Género y cambio climático en México: En dónde está el debate*. México: Heinrich Böll Stiftung. Disponible en: http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/generoycambioDocRebe.pdf

**Munguía**, M.T. (2012). Metodología para el análisis de la vulnerabilidad de género frente al cambio climático. En T. Munguía y G. Méndez (Coords). *Vulnerabilidad social y de género. Ixil frente al cambio climático*, (pp.51-66). México: CDI.

**Oswald**, S.U. (2014). Un futuro sustentable con calidad de vida: ¿una utopía, una realidad o una necesidad en Morelos? En U. Oswald, S.E. Serrano, A. Estrada, F. Flores, M. Ríos, H.G. Brauch (…) M.T. Cruz (Coords.), *Vulnerabilidad social y de género entre migrantes ambientales*, (pp.151-166). México: CRIM-UNAM.

**Oswald**, S.U., Serrano, S.E. y Brauch, H.G. (2014a). Introducción, preguntas y metas del libro. En U. Oswald, S.E. Serrano, A. Estrada, F. Flores, M. Ríos, H.G. Brauch (…) M.T. Cruz (Coords.), *Vulnerabilidad social y de género entre migrantes ambientales*, (pp.15-30). México: CRIM-UNAM.

**Oswald**, S.U., Moreno, A.R. y Tena, O. (2014b). Cambio climático, salud y género. En N. Blázquez, M. Imaz, I. Castañeda, V. Chao, A. Beristain y L. Mussot (Coords.) *Cambio climático, miradas de género*, (pp.99-147). México: UNAM y PNUD.

**Oswald**, U. (2015). Seguridad Humana en Reporte Mexicano de Cambio Climático.

**Panel Intergubernamental de Cambio Climático** (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*. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf





**Panel Intergubernamental de Cambio Climático** (IPCC). (2012). *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas*. Nueva York: PNUMA.

**Panel Intergubernamental de Cambio Climático** (IPCC). (2014). *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas*. Nueva York: PNUMA.

**REDD+ SES** (2012). *Estándares sociales y ambientales para REDD+*. Disponible en: file:///C:/Users/VVGGW/Downloads/REDD%20SES%20Version%202%20-%2010%20September%202012%20SPA.pdf

**Riojas**, H., Schilmann, A., Marron-Mares, A.T. Masera, O. Li, Z., Romanoff, L. (…) Romieu, I. (2011). Impact of the Improved Patsari Biomass Stove on Urinary Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Biomarkers and Carbon Monoxide Exposures in Rural Mexican Women. *Environmental Health Perspectives*, 119(9), pp. 1301-1307.

**Rodriguez**-Solórzano, C. (2014) Unintended outcomes of farmers´ adaptation to climate variability: deforestation and conservation in Calakmul and Maya biosphere reserves. *Ecology and Society* 19(2), 53. Disponible en: http://dx.doi.org/10.5751/ES-06509-190253

**Röhr**, U. (Coord.) (2010). *El género en la política climática. Herramientas para autoridades y especialistas en clima*. Berlín: Women for Climate Justice.

**Romieu**, I., Riojas-Rodrıguez, H., Marrón-Mares, A.T., Schilmann, A., Pérez-Padilla, R. & Masera O. (2009). Improved Biomass Stove Intervention in Rural Mexico. Impact on the Respiratory Health of Women. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 180, pp. 649-656.

**Ruiz**, L. E. (2010). Cambio climático, pobreza y procesos migratorios en Chiapas, México. *Boletín Internacional de Investigación Sindical*.

**Ruiz**, L. E. (2012). Cambio climático y migraciones laborales en la frontera sur de México. *Luna Azul*, 35, 301-320.

**Salazar** H., Perevochtchikova M. y Martínez A. (2014). *Cambio climático, agua y género*. En Blázquez N., Imaz M., Castañeda I., Chao V., Beristain A., Mussot L. Cambio climático, miradas de género (151-186). México: UNAM y PNUD.

**Salazar**, R., Rodríguez B., Fuertes A. Fontecilla A., Munguía M.T. y Méndez G. (2010). *Estrategias comunitarias y de género para la adaptación y mitigación del cambio climático en el marco de la Conferencia de las Partes (COP16)*. México, D.F.: SEDESOL y Mujer y Medio Ambiente A.C.

**Sánchez**, M. S. y Lazos, E. (2013). Percepciones del cambio en la variabilidad climática en dos comunidades Zoques de Chiapas, México. En C. Gay, J.C. Rueda, L. Aguirre, R. Alonso, G. Castañeda, C. Chávez (…) V. M. Vidal, (Coords.), *Segundo Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. Memorias*. Disponible en: http://www.pincc.unam.mx/DOCUMENTOS/memoriaPincc2012.pdf

**Sandoval,** C., Soares D. y Munguía M.T. (2014). Vulnerabilidad social y percepciones asociadas al cambio climático: una aproximación desde la localidad de Ixil, Yucatán. *Sociedad y Ambiente*, 2(1), pp. 7-24.

**Schilmann**, A., Riojas-Rodríguez, H., Ramírez-Sedeño, K., Berrueta, V.M., Pérez-Padilla, R. & Romieu, I. (2014). Children's Respiratory Health after an Efficient Biomass Stove (Patsari) Intervention, *EcoHealth*, 11(3), 1-9. doi: 10.1007/s10393-014-0965-4.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** (SEMARNAT). (2011). *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, Avances y perspectivas, cinco informes bimestrales*. México D.F.: SEMARNAT.

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales** (SEMARNAT). (2014). *Fideicomiso Fondo para el Cambio Climático, Reglas de Operación*. México D.F.: SEMARNAT.

**Schenerock**, A., Kauffer, E. y Ruiz L.E. (2011). *Agenda chiapaneca de las mujeres en agua y cambio climático. Desde la cuenca del Valle de Jovel.* México: Programa de Apoyo a la Mujer, A.C., Agua y Vida, RISAF, SEDESOL.

**Soares**, D., Gutiérrez, I. A., Romero, R., López, R. V., Rivas, G. G. y Pinto, G. (2011). *Capitales de la comunidad, medios de vida y vulnerabilidad social ante huracanes en la costa yucateca. Un acercamiento a través de la experiencia de San Felipe, Yucatán*. Turrialba: CATIE.

**Soares**, D., Millán, G. y Romero, R. (2012). Capitales de la comunidad para el análisis de la vulnerabilidad social frente al cambio climático. En T. Munguía y G. Méndez (Coords). *Vulnerabilidad social y de género. Ixil frente al cambio climático*, (pp.37-50). México: CDI.

**Soares**, D. y Murillo-Licea, D. (2013). Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10 (72), 181-199.

**Soares**, D. y Millán, G. (2014). Construcción social del riesgo y la vulnerabilidad en la costa de Yucatán. En D. Soares, G Millán e I. Gutiérrez (Coords.), *Reflexiones y expresiones de la vulnerabilidad social en el sureste de México*, (pp.208-236). México: IMTA, CATIE.

**Sosa**, D. (2014). *Género, edad y pobreza como determinantes de vulnerabilidad y adaptación ante desastres: el impacto del huracán Karl en La Antigua, Veracruz.* (Tesis inédita de maestría). Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México.

**Sosa**, D. y Vázquez, V. (2014). Vulnerabilidad diferenciada por género, clase y edad. El impacto del huracán Karl en La Antigua, Veracruz. En D. Soares, G Millán e I. Gutiérrez (Coords.), *Reflexiones y expresiones de la vulnerabilidad social en el sureste de México*, (pp.186-207). México: IMTA, CATIE.

**Troncoso**, K., Castillo, A., Merino, L., Lazos, E., Masera, O. (2011). Understanding an improved cook stove program in rural Mexico: analysis from the implementers' perspective. *Energy Policy*, 39(12). doi:10.1016/j.enpol.2011.04.070.

**United Nations Framework Convention on Climate Change** (UNFCCC). (2011). *Governing instrument for the Green Climate Fund.* Durban, South Africa.

**United Nations International Strategy for Disaster Reduction** (UNISDR). (2004). *Vivir con el riesgo, informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. Panamá: ONU/EIRD.

**Verduzco**, F. J., Cuevas, A. y Serratos, E. (2012). El enfoque de género en la etapa de reconstrucción de un desastre: análisis de programas sociales aplicados con equidad de género en Angangueo, Michoacán. *La Ventana*, 4 (36), pp. 87-132.

**Vizcarra**, I., Thomé, H. y Rincón, A. G. (2013). Maíces nativos en estrategias alimentarias campesinas feminizadas frente al cambio climático. Debates biocientíficos y ecofeminismo crítico. *Veredas*, 27, pp. 43-67.

# SEMBLANZAS DE AUTORES

## IMPACTOS, VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN



## Autores del Volumen II del Reporte Mexicano de Cambio Climático

### Gay y García Carlos

En el marco del Reporte Mexicano de Cambio Climático, Carlos Gay García es uno de los Coordinadores Generales del proyecto y es autor líder, junto con Francisco Estrada Porrúa y Gerardo Sánchez Torres-Esqueda del capítulo "Detección y atribución de cambio climático: de escala global a regional" que forma parte del Grupo de Trabajo I Bases científicas. Modelos y modelación. Además lidera en el Grupo de Trabajo II: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación, junto con José Clemente Rueda y Benjamín Ortiz Espejel, el capítulo denominado "Punto de partida".

Fue director del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), del 2001 al 2009. Es coordinador del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM; asimismo, del Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México y del Grupo de Cambio Climático y Radiación Solar del Centro de Ciencias de la Atmosfera en la UNAM. De agosto de 2010 a octubre de 2012 fue Presidente del Consejo Consultivo de Cambio Climático en la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Gobierno Federal. En el año 2010 formó parte del Subcomité Académico de México COP16, que fungió como órgano asesor del gobierno mexicano en la realización de la edición 16 de la Conferencia de la Partes como parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Durante el periodo 1995-1999 fue Director de la Unidad de Cooperación y Acuerdos Internacionales del Instituto Nacional de Ecología. En dicho periodo, se desempeñó como consejero científico del gobierno en materia de cambio climático y formo parte del grupo negociador mexicano en la Comisión Ambiental de Norteamérica. Fue coordinador del proyecto "México: una visión hacia el siglo XXI. El Cambio climático en México", que consistió en el primer estudio de gran escala sobre los posibles impactos potenciales del cambio climático en México y que fue financiado por el U.S. Country Studies Program. Además, coordinó la Primera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Ha publicado diversos libros y artículos arbitrados, ha dirigido 14 tesis tanto en licenciatura, como en posgrado. Es Licenciado en Física por la Facultad de Ciencias de la UNAM y Doctor en Astrogeofísica por la Universidad de Colorado en Boulder. Desde 1982 ha sido Profesor de asignatura "B" de la Facultad de Ciencias. Es Investigador en el Centro de Ciencias de la Atmósfera.

Algunas de sus publicaciones recientes: Gay, C., Martínez, L. B. & Nebot, A., (2008), *Estimating the global temperature change by means of Fuzzy logic models obtained from IPCC published data*. VI Congress of the Association Spanish of Climatology, Tarragona, 2008, October 8-11; Nebot, A., Martinez, L. B., Castro, D. & Gay, C. (2008), Fuzzy rules for a global warming decisión support model. VI Congress of the Association Spanish of Climatology, Tarragona, 2008, October 8-11. Y, Martinez, L. B., Gay, C. & Nebot, A. (2008), *Estimating the global temperature change by means of Fuzzy logic models obtained from a simple climate model*. Congress of the Association Spanish of Climatology, Tarragona, 2008, October 8-11.

### Rueda Abad José Clemente

Es Licenciado en Ciencias de la Comunicación y Maestro en Estudios Políticos y Sociales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Guanajuato. Desde mayo de 2010, es Secretario Técnico del Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM (PINCC). Ha impartido cursos de actualización docente "Las ciencias sociales y el cambio climático" en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales

y en el Colegio de Ciencias y Humanidades, ambos de la UNAM. También ha dirigido talleres sobre comunicación y divulgación del cambio climático en otras instituciones de educación superior del estado de Chiapas como: la Universidad de Ciencias y Artes, la Universidad Intercultural y la Universidad Tecnológica de la Selva; asimismo, en la Universidad de Colima.

Miembro del Comité Académico del Diplomado sobre Desastres y Cambio Climático del Instituto Mora y profesor de la Maestría en Cambio Climático de la Universidad Iberoamericana Puebla. Además, es coordinador académico del Seminario Permanente del PINCC, así como de los cinco Congresos Nacionales de Investigación en Cambio Climático, impulsados desde la UNAM y con alcance geográfico nacional.

Ha publicado diversos capítulos de libros enfocados al ámbito social del cambio climático, entre los más recientes se encuentran: Gay, G. C. y Rueda, A. JC. (2014), Sustentabilidad ambiental y cambio climático en Ciencia Revista de la Academia Mexicana de Ciencias, octubre-diciembre 2014. México: Academia Mexicana de Ciencias, pp. 28-33, ISSN 1405-6550; Rueda, A. JC. & Jiménez, V. T. (2013), Climate change financing. En Voices of Mexico issue 95, Winter 2012-2013, pp.109-111, ISSN 1086-9418; Gay, G. C. y Rueda, A. JC. (2012), Vulnerabilidad social y cambio climático. En Perevochtchikova, M. (Coord.) *Cultura del agua en México: Conceptualización y vulnerabilidad social*. México: Porrúa/Red del Agua del UNAM/PINCC, pp.301-308, ISBN 978-607-40-164-99; Gay, G. C. y Rueda, A. JC. (2012), La respuesta internacional al cambio climático. En Calva, J L. (Coord.) Análisis estratégico para el desarrollo Vol. 14: Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable. México: Consejo Nacional de Universitarios & Plaza &Janes, pp. 81-96, ISBN 978-607-711-0651; Russo, F. J., Macías, G. L. y Rueda, A. JC. (2012), Cambio climático: financiamiento y dependencia en América Latina. El regreso del territorio como espacio para enfrentar el cambio climático global. En Rodríguez, G. J. (Coord.) *Memorias Primera Bienal Internacional: Territorios en movimiento*. León, Gto., México: Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Sociales y Humanidades. ISBN: 978-607-441-212-3, s/p.

## Ortiz Espejel Benjamín

Es el director del Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente "Xabier Gorostiaga, S.J.", de la Universidad Iberoamericana (UIA)-Puebla. En el marco del Reporte Mexicano de Cambio Climático, es Coordinador Técnico del Grupo de Trabajo II sobre Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación, en dicho grupo, junto con Carlos Gay y García y José Clemente Rueda, lideró el capítulo denominado "Introducción: Punto de partida". Es Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco; Maestro en Antropología Social por el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) y Doctor en Ciencias por el Instituto de Ecología A.C. Es asociado del programa internacional Leadership for Environment and Development por el Colegio de México y la Fundación Rockefeller. Entre las instituciones en donde ha trabajado se encuentran: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), la Dirección General de Culturas Populares de la Secretaría de Educación Pública y en el Instituto de Ecología A.C. Además, ha sido profesor invitado en la UNAM, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, la Universidad Autónoma de Chapingo, la Universidad Iberoamericana-Cd. de México y en la Universidad de Guanajuato. Así también, fue docente de la Universidad Veracruzana. Ha sido consultor de las fundaciones Ford, Hilton, Kellogg y Banco Mundial. Desde 1983, ha realizado trabajos de investigación etnoecológica y de paisajes agrarios entre los indígenas Nahuas, Popolucas y Totonacos de Puebla y Veracruz, así como, con los Nahuas de la Sierra de Zongolica. Es autor de investigaciones pioneras a nivel mundial sobre la ecología de comunidades y la percepción indígena de la fertilidad biológica de suelos en potreros tropicales. Ha participado en proyectos de investigación sobre análisis y gestión ciudadana de los espacios públicos y privados en zonas rururbanas de la Cd. de Puebla y Cholula. Ha coordinado proyectos de investigación en materia de cambio climático, entre los que sobresalen los proyectos de: "Fortalecimiento de las capacidades institucionales frente al cambio climático en México", en asociación con el Gobierno de Reino Unido y el Instituto Nacional de Ecología y el proyecto de: "Diseño de políticas de transversalidad para integrar en la agenda política





del gobierno de Puebla sobre cambio climático". Es miembro fundador de la Red Temática de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT): "Etnoecología y patrimonio biocultural", dentro de la cual y en coordinación con el Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM, coordina una investigación sobre caracterización de organizaciones y empresas campesinas en el manejo sustentable de los ecosistemas en México. Tiene más de 60 publicaciones, es autor de 4 libros sobre recursos naturales, manejo y percepción ambiental entre distintos grupos sociales en México. El más reciente en coautoría con Concepción Velasco sobre percepción social y cambio climático. Fue Coordinador del Programa Interdisciplinario en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (PIDSMA) y a la fecha es enlace nacional e internacional de diversas redes de medio ambiente y desarrollo sustentable de la Asociación de Universidades Jesuitas Confiadas a la Compañía de Jesús en América Latina (AUSJAL). Es el coordinador internacional del proyecto de investigación: "Acompañamiento de las universidades a los procesos de transformación socio ambiental en América Latina", que involucra a 8 universidades. Para la UIA, Puebla diseño la Maestría de Estudios Regionales en Medio Ambiente y Desarrollo y el Doctorado en Desarrollo, Medio Ambiente, Territorio; también participó en el diseño de la Licenciatura de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable y en la Maestría de Estudio en Cambio Climático. Fue Coordinador del Programa Interdisciplinario en Medio Ambiente (PIMA) de la UIA-Puebla, y Director de Investigación de la misma institución. En 2013, en el PIMA de la UIA-Puebla fue merecedor del Premio Nacional al Mérito Ecológico en la modalidad de Educación Formal, otorgado por la SEMARNAT del gobierno federal. Fue director de la Revista Rúbricas, órgano de difusión académica institucional de la UIA-Puebla. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

## Acuña Hernández Ana Laura

Abogada por la Universidad Autónoma de México, campus Aragón; con estudios de maestría en derecho en la División de Estudios de Posgrado de la UNAM, por el momento se encuentra cursando el Doctorado en Derecho en el Instituto de Investigaciones Jurídicas. Actualmente se desempeña como becaria en el área de Sociedad, medio ambiente y derecho del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM; y como profesora de Asignatura en la Licenciatura en Derecho en la Facultad de Estudios Superiores-Acatlán, de igual forma, ha impartido cátedra en diversas Facultades de Derecho de Universidades públicas y privadas en el país.

## Aguíñiga García Sergio

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT, en el nivel I, desde 1988. Implementa la innovación tecnológica y funcionamiento permanente del Laboratorio de Espectrometría de Masas de Relaciones Isotópicas (LESMA) en el Centro de Investigación de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), desde el año 2010. Además de retroalimentar los Programas de Maestría en Manejo de Recursos Marinos y de Doctorado en Ciencias Marinas. Tiene publicaciones en revistas indexadas, acerca de proyectos individuales y multidisciplinarios del IPN y de cooperación binacional del CONACYT, entre los que destaca el ANR-CONACYT 11146 (Francia-México), cuyos resultados contribuyeron al Reporte Mexicano de Cambio Climático. Como Subdirector Académico y de Investigación del CICIMAR, realizó el trabajo de planeación estratégica y la reestructuración del Núcleo Básico del CICIMAR para el Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC), con el resultado de 7 proyectos estratégicos y 6 líneas de investigación como ejes rectores del quehacer académico.

## Alcalá Moya María Graciela

Doctorado en Antropología Social y Etnología, en la Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales) de París, Francia. Se encuentra en el Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores

del CONACYT. Destacan como sus principales líneas de investigación: la Antropología social, Pescadores y Pesca Ribereña; Políticas de Pesca en México y Latinoamérica; y Desarrollo y Medio Ambiente Costeros. Entre sus libros y artículos publicados destacan: Romero, Fârber, Almeda y Alcalá. (2011) *Cuantificación lípidos en seston de aguas del Pacífico Tropical Mexicano*. Crucero PROCOMEX I, Noviembre 2000, Informe Técnico CICESE, Ensenada, B. C. Así como Romero, Fârber, Almeda y Alcalá. (2011), *Cuantificación lípidos en gestión de aguas del Pacífico Tropical Mexicano*. Crucero PROCOMEX I, Noviembre 2000, Informe Técnico CICESE, Ensenada, B. C. Ha colaborado en los proyectos: "Estudio dinámicas de uso y apropiación de recursos en isla Chiloé, Chile" (CONICYT-Chile y CONACYT-México); "Transformaciones y usos del espacio en costa Colima", "Estudio biológico-pesquero especies camarón de sistemas lagunares costeros de Yucatán" y "Haberes y quehaceres en Tejupilco, Edo. de México", el primero en la modalidad individual y los otros dos en colectiva.

## Alcocer Durand Javier

Investigador Titular C en la Facultad de Estudios Superiores (FES)-Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estudió la Licenciatura en Hidrobiología, la Maestría en Ciencias del Mar y Limnología y el Doctorado en Biología. Jefe del Proyecto de Investigación en Limnología Tropical. Pionero en el estudio de los lagos tropicales mexicanos. Investigador nivel II del SIN-CONACyT y del Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo -D- de la UNAM. Ha publicado 62 artículos en revistas internacionales con arbitraje (SCI), 16 memorias en extenso internacionales, 37 capítulos de libros nacionales e internacionales y 7 libros nacionales e internacionales entre otras publicaciones. Ha formado 25 alumnos de licenciatura, 25 de maestría y 5 de doctorado. Se le otorgó el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología, Área Ciencias Naturales; la Cátedra Alexander I. Oparin; el Reconocimiento al Mérito Académico Iztacala; dos Medallas Gabino Barreda. Es Chair del SIL Limnology in Developing Countries Committee; Miembro del SIL Publication Advisory Committee; Coordinador del Grupo "Alchichica" de la Red Mex-LTER y ex-presidente de la Asociación Mexicana de Limnología, A.C.

## Álvarez Torres Porfirio

Es el Secretario Ejecutivo del Consorcio de Instituciones de Investigación Marina del Golfo de México y el Caribe. Doctor en Ciencias Marinas de la Universidad de Ciencia y Tecnología Marina de Tokio. Ha sido profesor investigador en varias instituciones académicas y dirigido numerosos proyectos en el gobierno federal sobre conservación y políticas de recursos marinos, pesquerías, acuacultura y desarrollo regional, generando instrumentos de políticas públicas para el océano y la costa. Fue coordinador del programa binacional México-Estados Unidos Golfo de México. Es miembro de la Junta Asesora del Programa de Investigación del Golfo de México, de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América, así como del Panel Internacional de Recursos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Recibió el premio "Sankei" de Japón en 1989 y el Premio "Guardián del Golfo de México" de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos en 2013 y 2015.

## Ángeles Castro Gerardo

Doctor en Economía por la Universidad de Kent, Inglaterra, Maestro en Economía Política Internacional por la Universidad de Warwick, Inglaterra. Su línea de investigación es Desarrollo Económico, especializándose en temas como la apertura económica y desigualdad de ingresos, inversión extranjera directa, determinantes de pobreza y desigualdad y economía del transporte. En la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación ha impartido las asignaturas de Teoría del crecimiento, Teoría del desarrollo y Formulación y evaluación económica de proyectos en la Maestría; en el Doctorado ha impartido el Seminario Departamental I y II. Nivel de SNI: II.





## Anglés Hernández Marisol

Licenciada en Derecho por la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional Autónoma de México, Doctora en Derecho Ambiental por la Facultad de Derecho de la Universidad de Alicante, España. Diplomada en Derecho Ambiental por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM y Diplomada en gestión de conflictos y mediación por el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Investigadora de Tiempo Completo en el área de Derecho Ambiental del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM y Miembro del SNI Nivel I. Catedrática de la Facultad de Derecho, la Facultad de Ciencias y del Programa Universitario de Medio Ambiente de la UNAM; así como de diversas Facultades de Derecho de Universidades públicas y privadas en el país. Consultora del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional, del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de la SEMARNAT y del Instituto Mexicano del Petróleo. Miembro de la línea de investigación institucional, Derechos, conflictos socio-ambientales y política y del núcleo de investigación Derecho, sociedad y ambiente.

## Apún Molina Juan Pablo

Doctor en sociología por la Universidad de Alicante, España. Nivel 2 en el Sistema Nacional de Investigadores. Líneas de investigación: desarrollo urbano y regional, desigualdad social, violencia y vigilancia. Publicaciones: México: Democracia y Desigualdad Social. Un Enfoque Sociológico. México: Miguel Ángel Porrúa. 2012. Revista Espiral. Vol. XIX. No. 55. Septiembre/Diciembre. México, Universidad de Guadalajara. 2012: "Una interpretación heterodoxa de la crisis financiera global". La Nueva Desigualdad Social Mexicana. México: Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados. 2006.

## Aragón Durand Fernando

Actualmente es consultor internacional e investigador sobre temas de adaptación al cambio climático, riesgo de desastres, reducción y política urbana. Anteriormente trabajo en el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI), el Instituto de Desarrollo de Ultramar, Reino Unido, en el que desarrollo un proyecto sobre: "Mi ciudad está preparada para el cambio climático: marco científico normativa para fomentar la adaptación al cambio climático en las ciudades de América Latina y el Caribe" que propone vínculos entre la gestión del riesgo de desastres y las medidas de adaptación al cambio climático en los programas de desarrollo urbano. Proyecto financiado por el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global y supervisado por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (EE.UU.), cuenta con un doctorado en Planificación Urbana y Regional para la Planificación del Desarrollo de la unidad por la University College de Londres. Amplia experiencia en la enseñanza en la escuela secundaria, el nivel de pregrado y postgrado de más de 25 años en la historia ambiental, ecología, medio ambiente urbano, la reducción del riesgo de desastres, el desarrollo sostenible y la ecología política en México. Autor principal del capítulo sobre Áreas urbanas del Grupo de Trabajo II del Quinto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU.

## Arreguín Sánchez Francisco

Biólogo por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, realizó Maestría y Doctorado en Biología marina en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN. Es Investigador del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3 desde 1985. Recibió la Presea "Lázaro Cárdenas", máxima distinción académica del Instituto

Politécnico Nacional entregada por el C. Presidente de la República (2010), así como Premio Estatal de Ciencia y Tecnología y Medalla al Mérito Científico y Tecnológico de Baja California Sur (2010). Es Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias.

Se desempeñó como Jefe del programa de Camarón de Contoy en el Instituto Nacional de Pesca y Evaluador del Programa de Pesca de FIRA-Banco de México. Fue Investigador en el Departamento de Certificación de Calidad del Agua en zonas de explotación marinas y Lacustres de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en el Centro Epomex de la Universidad Autónoma de Campeche y en el CINVESTAV del IPN - Unidad Mérida, donde fue por diferentes periodos Jefe de la Sección de Pesquerías y Responsable del Departamento de Recursos del Mar. Fue Director del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN, donde labora como investigador titular C de tiempo completo desde 1995.

## Baca del Moral Julio

Licenciado en Biología. M. en C. en el área de Sociología Rural, de la Universidad Autónoma Chapingo. Doctor en Desarrollo Rural por la Universidad de Toulouse-Le Miral. Actualmente es Coordinador Académico del Centro Regional Universitario Península de Yucatán, y responsable del proyecto: Seguridad alimentaria y cambio climático en la Península de Yucatán. Sus áreas de especialización son el Desarrollo Rural, Seguridad Alimentaria y Políticas Públicas. Es Coordinador de la línea de investigación de políticas públicas y experiencias regionales; y de la línea en agricultura multifuncional y seguridad alimentaria (Chapingo) proyecto estratégico. Entre sus principales publicaciones se encuentran: Análisis de Políticas Públicas para el Desarrollo Agrícola y Rural. Baca, M.J., Pérez, V.E. Editores 2011, Ed. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Dirección de Centros Regionales Universitarios (DCRU) , México. El Desarrollo en la Encrucijada, Sustentabilidad ¿para quién?" Baca, M.J. Coord, 2006. Ed. UACH. DCRU, CIESTAAM, México.

## Bravo Díaz Brenda

Ingeniera Industrial por la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional. Cuenta con un Diploma de Estudios Avanzados en Proyectos de Innovación Tecnológica en la Ingeniería del Producto y Proceso por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) España. Doctora en Ingeniería de Proyectos por la UPC. Sus principales líneas de investigación son Gestión del Riesgo de Desastres y herramientas de Gestión Ambiental. Cuenta con publicaciones internacionales en congresos y revistas, y una patente nacional. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel Candidato.

## Briones Gamboa Fernando

Doctor en Antropología por la Escuela de Estudios Superiores en Ciencias Sociales (París, Francia). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel I). Ha trabajado diferentes aspectos de las relaciones sociedad y clima, la gestión del riesgo, los traslados posteriores a desastres, el uso de los recursos hídricos en contextos de sequías en Brasil y México, así como la vulnerabilidad local al cambio climático. Forma parte de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED) desde hace más de 10 años. Su artículo más reciente es: Spiekermann, R., Kienberger, S., Norton, J., Briones, F., Weichselgartner, J., (2015). The Disaster-Knowledge Matrix – Reframing and evaluating the knowledge challenges in disaster risk reduction. International Journal of Disaster Risk Reduction 13, 96–108.





## Bustamante García Víctor Hugo

Licenciado en Derecho por la Facultad de Derecho, UNAM; Licenciado en Economía por la Escuela Superior de Economía, IPN; Maestro en Política y Gestión del Cambio Tecnológico en el Centro de Investigaciones Económicas y Administrativas y Sociales (CIECAS-IPN); Diplomado en Derecho y Prácticas Parlamentarias (IACAP); Diplomado de Comercio Exterior y Aduanas, por la Universidad Autónoma Metropolitana; Diplomado en Jurídico Laboral, por la red de Abogados Laboralistas y el Centro Americano para la Solidaridad Sindical Internacional – UNAM. Profesor en distintas Instituciones de Educación Superior; actualmente laborando como profesor-investigador en la Escuela Superior de Economía, del IPN. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Centro de investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IPN); Maestro en Política y Gestión del Cambio Tecnológico en el Centro de Investigaciones Económicas y Administrativas y Sociales (CIECAS-IPN); Licenciado en Derecho por la Facultad de Derecho, (UNAM); Licenciado en Economía por la Escuela Superior de Economía, (ESE-IPN); Diplomado en Derecho y Prácticas Parlamentarias (IACAP); Diplomado de Comercio Exterior y Aduanas, por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); Diplomado en Jurídico Laboral, por la red de Abogados Laboralistas y el Centro Americano para la Solidaridad Sindical Internacional –UNAM. Profesor en distintas Instituciones de Educación Superior; actualmente laborando como profesor-investigador en la Escuela Superior de Economía, del IPN.

Participación en diversas publicaciones como coautor junto al Dr. Mijael Santiago Altamirano: Una política pública de asociaciones civiles, cultura y educación para jóvenes en el Distrito Federal. En *Las nuevas realidades y los retos que enfrenta la juventud mexicana en la dinámica nacional*, Instituto Mexicano de la Juventud. Bravo, P. V. e Islas C. A. (2012), La epistemología de la argumentación en los juicios orales en México: Un ejercicio Teórico. *En Argumentación e Interpretación Jurídica para juicios orales y la protección de Derechos Humanos*, México: Ed. Porrúa. También Islas, C. A., Prado, M. J., Altamirano, S. M. y Lézé, F. F. (Coords.) La reforma constitucional del artículo 135. Una política pública que funda el juicio penal acusatorio oral en el entramado nacional mexicano. En *Juicios Orales en México*, Tomo III. Investigación arbitrada por pares académicos, UJAT; CONATRIB; UANL; EGAP-ITESM. Actualmente trabajando temas de Pobreza, Crecimiento y Desarrollo, Política Pública y Propiedad Intelectual. Temas de interés: Cambio Climático, Políticas Públicas, Innovación y Desarrollo, Tecnología, Desarrollo y Crecimiento.

## Calderón Ezquerro María Del Carmen Leticia

Obtuvo su Licenciatura en Biología, Maestría y el Doctorado en Ciencias (Biología) en la Universidad Nacional Autónoma de Mexico. En 1999 realizó una estancia post-doctoral en una Estación Agrícola Experimental Rothamsted Research, en el Reino Unido. Es investigadora titular "B" del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA). Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel I. Su investigación científica es en Microbiota de la Atmósfera con dos líneas de investigación, Bioindicadores Moleculares de Contaminación Ambiental y Genotoxicología Ambiental. Desde 2014, fue nombrada Jefa del Departamento de Ciencias Ambientales del CCA. Ha publicado 30 artículos en revistas indizadas con arbitraje internacional, ocho artículos en extenso en memorias de congresos, coautora en cuatro capítulos de libros y de un libro, así como de un artículo de divulgación científica. Es profesora y tutora en el Posgrado de Ciencias Biológicas, UNAM, en el Posgrado en Ciencias Ambientales de la Universidad Simón Bolívar, y en el Posgrado de Ciencias de la Tierra, UNAM. Ha creado y desarrollado redes de Monitoreo Atmosférico. Fue distinguida por la Asociación Panamericana de Aerobiología nombrándola su Presidenta de 2011 a 2014. Recibió el premio de Sor Juana Inés de la Cruz, otorgado por la UNAM en 2014.

## Carmona Lara María del Carmen Aurora

Licenciada en Derecho por la Escuela Libre de Derecho, Maestra en Derecho Económico por la Universidad Autónoma Metropolitana; Doctora en Ciencias Políticas por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Investigadora en el Instituto de Investigaciones Jurídicas; Investigadora del Sistema Nacional de Investigadores (SIN) II. Fue Subprocuradora Jurídica de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente de marzo de 2008 a febrero de 2010; catedrática de la Escuela Libre de Derecho, de la Facultad de Derecho de la UNAM y de igual forma ha impartido cátedra en diversas Facultades de Derecho de Universidades públicas y privadas en el país. Participante en varios proyectos legislativos en materia ambiental, tanto de ámbito federal como estatal. Participa activamente en el área jurídica en el Grupo Académico Interdisciplinario Ambiental (GAIA) de la UNAM, desde mayo de 2012.

## Castañeda Camey Raquel Itzá

Bióloga de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco; cuenta con un diplomado en Igualdad de Género y Medio Ambiente por la UNAM y estudios de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado por el Instituto Politécnico Nacional. Tiene más de 20 años de experiencia en temas de Igualdad de Género y Desarrollo Sustentable en México y América Latina. Cuenta con más de 20 publicaciones sobre el tema y ha participado en numerosos foros nacionales e internacionales. De 2004 a 2011 fue Asesora Principal de Género del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México. De 2001 a 2004 fue Directora de Equidad de Género de la SEMARNAT. Actualmente es consultora internacional para distintos organismos internacionales y de cooperación para el desarrollo como son: UICN, PNUD, PNUMA, ONU-Mujeres y USAID

## Cervantes Rosas Omar Darío

Oceanólogo, Doctor en Oceanografía Costera. Académico en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y del Cuerpo Académico Manejo Integral Costero. Especialista en gestión de sistemas costeros e impacto y calidad ambiental. Experto técnico en playas por la Entidad Mexicana de Acreditación y miembro del equipo que certificó la primera playa en México conforme la norma de Calidad de Playas. Colaboró en la creación de la Norma Peruana de Playas. Ponente en los Encuentros Nacionales de Playas Limpias. Es miembro de la Red PROPLAYAS, Red IBERMAR y Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino. Entre 2008 y 2012 fungió como jefe de proyecto de Estudios de Caracterización y Zonificación Ambiental para proyectos de desarrollo costero. Participó en procesos de Ordenamientos Ecológicos Costeros: talleres informativos, estudios de línea base y elaboración de criterios ambientales para Unidades de Gestión Ambiental (UGAS). Ha publicado artículos en revistas y libros nacionales e internacionales sobre el tema de Playas y Manejo Costero. Jurado en tesis de licenciatura y maestría en México y Colombia.

## Cervantes Núñez Sandro

Nacido en el Distrito Federal, México, en 1976, concluyó la licenciatura en Biología (especialidad en Biología Molecular e Ingeniería Genética), como alumno del programa de alta exigencia académica (PAEA), en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, en 2000. Realizó sus estudios de Maestría en Ciencias Biológicas (especialidad en Ciencias Ambientales) participando en la conformación de un modelo numérico innovador en Latinoamérica, para evaluar escenarios de captura de carbono a nivel regional, en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-Morelia), UNAM, en 2006. En su trayectoria y formación como científico multidisciplinario, es uno de los pocos especialistas mexicanos en astrobiología y ciencias planetarias, que realiza investigación en un





amplio rango de aún complejos temas para México y el resto de Latinoamérica, tales como, Habitabilidad Planetaria, Búsqueda científica de Vida fuera de la Tierra, Límites biológicos de la Vida y, Colonización y Terraformación planetarias. Actualmente, está por concluir su tesis de doctorado en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, diseñando escenarios de calentamiento atmosférico de Marte para colaborar con propuestas en modificación climático-planetaria (Terraformación) en dicho planeta.

## Chablé Can Elia Margarita del Socorro

Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural ha colaborado en diversos proyectos de investigación, entre los que se encuentran el diseño e implementación de sistemas de monitoreo participativo de proyectos de desarrollo sustentable; la elaboración de diagnósticos participativos para el establecimiento de las Zonas sujetas a Conservación Ecológica: Balam Kú y Balam Kin del estado de Campeche; el papel de la participación local en la conservación de la biodiversidad, estudios de caso del sureste mexicano; así como en la elaboración de la Estrategia REDD+ para la península de Yucatán. Ha realizado investigaciones sobre la relación entre las fuentes de ingreso y el empoderamiento de mujeres campesinas del municipio de Calakmul, Campeche y la participación de mujeres campechanas en trabajos no tradicionales. Sus intereses académicos se centran en el análisis de las relaciones de género en el acceso, uso y manejo de los recursos naturales.

## Challenger Antony

Nacido en Exeter, Inglaterra, en 1963, concluyó la carrera interdisciplinaria "Estudios del Medio Ambiente Rural", en Wye College, Universidad de Londres, en 1987. En 1988, becado por CONACYT, realizó estudios en el entonces Centro de Ecología de la Uiversidad Nacional Autónoma de México, y concibió escribir un libro integrador sobre los ecosistemas de México. Viajó por todo México para conocer su materia prima, y tras nueve años de investigación el libro, "Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro", fue publicado en 1998 por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (**CONABIO**) y el Instituto de Biología (UNAM). En el mismo año fue contratado como Asesor de la titular de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y se desempeñó como Asesor en la SEMARNAT durante 14 años, colaborando en construir la política ambiental federal. Además de su libro, ha publicado capítulos de libros y artículos científicos en revistas arbitradas. Actualmente está por concluir su tesis de doctorado en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM), sobre la gestión ambiental fundamentada en el manejo de socio-ecosistemas.

## Chuc Aburto Silvia Edith

Tiene Maestría en Salud pública, por el Instituto Nacional de Salud Pública, y es licenciada en Antropología Social por la Universidad de Quintana Roo. Coordinadora del área de investigación en Red + Posithiva Quintana Roo A.C., desde mayo de 2015. Es docente permanente de la Universidad del Sur campus Cancún, desde 2013.

Ha colaborado en diferentes proyectos de investigación en salud pública, principalmente con el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP), Universidad de Quintana Roo (UQROO) y varias organizaciones de sociedad civil en los estados de Morelos, Chiapas y Quintana Roo. Sus temas de interés son: Enfermedades transmitidas por vector (ETV) y fenómenos hidrometeorológicos relacionados a la variabilidad y cambio climático; análisis de vulnerabilidad y resiliencia social; gobernanza del riesgo; salud sexual y reproductiva con enfoque de género e interculturalidad; violencia social y diseño de políticas basadas en evidencia.

## Cobos Peralta Mario Antonio

El Dr. Cobos obtuvo el grado de Médico Veterinario Zootecnista, por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, en 1982; el de Maestro en Ciencias por el Colegio de Postgraduados, Programa en Ganadería, en 1986; y el de Doctor por la Universidad de Michigan State, Estados Unidos, en 1994. Fue becario del CONACYT durante sus estudios de maestría y doctorado. Ingresó al Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados en 1986, donde actualmente es investigador titular de tiempo completo y nivel II en el Sistema Nacional de Investigadores. Desde su ingreso al Colegio de Postgraduados ingreso al área de nutrición de rumiantes y a su regreso del doctorado se desarrolló en el área de microbiología ruminal. A partir del año 2004, inició la creación de un laboratorio para el estudio de microorganismos anaerobios del rumen. Actualmente el Laboratorio de Microbiología Ruminal, cuenta con los equipos necesarios para realizar investigación con bacterias, protozoarios y hongos. Este laboratorio se creó gracias al apoyo económico recibido a través de diferentes proyectos de investigación financiados por CONACYT, IFS (Suecia), Fundación Mexicana para la Conservación de la Naturaleza A.C., industria privada y el Colegio de Postgraduados. Sus líneas de investigación incluyen básicamente tres áreas relacionadas con la manipulación de microorganismos ruminales: desarrollo de inóculos bacterianos para el uso de subproductos no-convencionales en la alimentación de rumiantes (p.ej. cáscara de camarón, envases de refresco y aserrín); métodos farmacológicos para eliminación de protozoarios ruminales, y disminución de las emisiones de metano en rumiantes mediante el uso de métodos microbianos. En sus líneas de investigación se encuentran involucrados estudiantes de maestría y doctorado. Es autor de 54 publicaciones, de las cuales 30 son artículos en revistas especializadas con arbitraje, 4 capítulos de libros y 20 artículos in extenso. Además, cuenta con una patente Núm.: 12869. Substrato Orgánico aserrín, registrada en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Ha creado dos cursos a nivel posgrado, impartidos ininterrumpidamente desde 1994 y 1996, titulados Microbiología Ruminal (teórico) y Manipulación de Microorganismos Anaerobios (laboratorio). Bajo su dirección se han concluido 16 tesis de maestría y nueve de doctorado. El Dr. Cobos es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y participa en la línea de investigación "Impacto y mitigación del cambio climático" con el proyecto "Disminución de las emisiones de metano en rumiantes mediante la inhibición de bacterias metanogénicas y desarrollo de un inóculo de bacterias acetogénicas"

## Conrado Márquez Rosano

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista (1986), Universidad Autónoma Chapingo. Maestro en Ciencias en Desarrollo Rural Regional (1996), Universidad Autónoma Chapingo. Doctorado en Estudios Rurales (2006), Universidad de Toulouse Le Mirail. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores. Actualmente se desempeña como coordinador de Posgrado en Desarrollo Rural Regional de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora. Entre las líneas de investigación de su interés se encuentran la Sociología Urbana y Rural, así como las Ciencias Ambientales.

## Coria Páez Ana Lilia

Doctora en Ciencias Administrativas, Maestra en Administración con especialidad en Administración de Negocios y Contadora Pública por el Instituto Politécnico Nacional (IPN), contadora pública certificada por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración, diplomada en Econometría Aplicada por la Escuela Superior de Economía, en Evaluación de Proyectos de Inversión por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), en Coaching para la Formación de Equipos de Trabajo por el IPN y en Formación Docente para un Nuevo Modelo Educativo por el IPN y en Educación Financiera por la Comisión Nacional para la Defensa de los Usuarios de las Instituciones Financieras (CONDUSEF); tomó un curso de Balanced Scorecard en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) y diversos seminarios de comunicación y argumentación científica en el Centro de Investigación en Ciencias Sociales (CIECAS) del IPN, entre otros. Ha ocupado diversos cargos





en los sectores público y privado y ha sido catedrática en el IPN con una experiencia de 20 años en licenciatura y posgrado en las materias de Finanzas y Dirección Estratégica. También ha sido articulista, conferenciante, directora de proyectos de investigación y directora de tesis en licenciatura y posgrado; sus líneas de investigación abarcan los temas de competitividad y gestión empresarial, desarrollo comunitario, micro y pequeñas empresas. Es miembro de la Red de Desarrollo Económico del IPN y del Grupo de Investigación en Sistémica y Turismo (GIST).

## Corona Jiménez Miguel Ángel

Profesor e investigador de la Universidad Iberoamericana Puebla. Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente "Xabier Gorostiaga, S.J." Contador Público, Economista, Maestro en Desarrollo Regional, Doctor en Administración de Organizaciones (UNAM). Autor del libro "Para entender la economía mexicana" (4ª Ed. 2009). Estancias de investigación en The City University of New York 2006 y L´Université du Quebec 2012. Temas de investigación y publicaciones relacionadas con la migración, las remesas y el desarrollo, la economía de los hogares, la migración y el cambio climático, y la formación de pensamiento y acción estratégica. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. Mención Honorífica del Premio Manuel Espinoza Yglesias, CEEY 2007. Premio Nacional de Investigación FIMPES 2014: "Hacia políticas públicas de desarrollo regional para el cambio climático, en contextos de marginación y de emigración internacional. El caso de Puebla 2010 - 2020".

## Del Rivero Castañeda Lucía

Estudiante de la carrera de Etnología en la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH). Dentro de sus áreas de interés en investigación destacan la desigualdad de género y el impacto social de los megaproyectos energéticos en México.

## Elorriaga Verplancken Fernando Ricardo

Investigación en ecología de pinnípedos, especialmente temas relacionados con ecología trófica mediante el uso de isótopos estables de N y C y análisis de excretas, así como estudios de distribución y abundancia de poblaciones. Antigüedad de 3 años como profesor titular en CICIMAR-IPN, periodo en el que se han graduado a dos estudiantes de maestría y tres de licenciatura, dentro de temas relacionados con las cuatro especies de pinnípedos que habitan en México (Lobo marino de California, lobo fino de Guadalupe, elefante marino del norte y foca de puerto). De modo paralelo se coordina la Red Nacional de Varamientos de Mamíferos Marinos, colaborando con diversos grupos de trabajo y generando publicaciones sobre estos registros.

## Escobar Briones Elva G.

Labora en la Universidad Nacional Autónoma de México, en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Académica Sistemas Oceanográficos y Costeros, en el Laboratorio de Biodiversidad y Macroecología.

Realiza investigación sobre la fauna asociada a los fondos marinos y su ecología, usando como modelo los diferentes hábitats y ecosistemas de mar profundo. En éste ha descubierto nuevas especies y nuevos ecosistemas como son el volcán de asfalto. Resultados de la investigación son más de 60 publicaciones en revistas indizadas, así como diversos capítulos de libros, libros y artículos de divulgación. Esta información apoya la toma de decisiones, la propuesta de políticas nacionales y reglamentos regionales para el uso de los recursos y la conservación. Es tutora del posgrado en Ciencias del Mar y Limnología donde imparte cursos especializados y dirige tesis además de las

licenciaturas de la Facultad de Ciencias. Ha recibido diversos reconocimientos a su labor académica y por sus pares. Ha sido investigadora líder de diversos proyectos financiados por agencias nacionales y fundaciones internacionales y encabezado campañas en los buques de la UNAM y del extranjero. Desde octubre de 2011 dirige el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Escobedo Urías Diana Cecilia

Bióloga por la Universidad de Occidente (Los Mochis). Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias con especialidad en manejo de recursos marinos en 1997 y el Doctorado en ciencias marinas en junio de 2010 en el Centro de Investigación de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en La Paz, B.C.S.

Ha sido directora/participante como investigadora en más de 50 proyectos de investigación nacionales e internacionales en temas relacionales con su área de especialidad. Ha publicado 16 artículos de investigación y difusión, y 8 capítulos de libro, y ha dirigido 13 tesis de maestría y 2 de doctorado. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores y el Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos.

Se desempeñó como Jefa de la Oficina de Contaminación en la Estación Oceanográfica de Topolobampo (Secretaría de Marina) de 1989 a 1996 y Técnico académico en el Depto. de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR-IPN de 1996 a 1997. En el 1997, entró a laborar en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa (CIIDIR Sinaloa) en calidad de Profesora-Investigadora Titular "C" en el Depto. de Medio Ambiente, en el cual fue Jefa de departamento de 1998 a 2003. De 2005 a 2006, fue Encargada del Despacho de la Subdirección de Vinculación y Apoyo Técnico. Actualmente es Directora del CIIDIR-Sinaloa desde 2013.

## Escolero Fuentes Oscar A.

Ingeniero civil con maestría en Ingeniería Hidráulica y Ph D. en Ciencias de la Tierra, trabajó desde 1980 a 2003, en la actual Comisión del Agua Nacional, en temas relacionados con la administración y la evaluación de las aguas subterráneas en México. En la actualidad es investigador en el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y profesor en el Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra de la misma institución. Su campo de interés es la gestión de las aguas subterráneas, y ha publicado diversos artículos científicos relacionados con la modelación matemática de acuíferos, la evaluación hidrogeológica, hidrogeoquímica, reservas hidrogeológicas y los aspectos ambientales relacionados con el agua subterránea.

## Falcón Luisa I.

Investigadora Titular B. Ecóloga microbiana con estudios en la Universidad Nacional Autónoma de México, Aix-Marseille II y Stony Brook University. La investigación en el laboratorio de Ecología Bacteriana se centra en comprender el papel que juegan los microorganismos en el funcionamiento ecosistémico a partir del ciclaje de macroelementos. Utiliza técnicas de "ómica", incluyendo metagenómica y transcriptómica acopladas a análisis geoquímicos y se ha enfocado en diversas comunidades formadoras de biofilms, tapetes, microbialitos y microbioma de fauna silvestre. Trabaja con grupo conformado por estudiantes de pre y posgrado, investigadores posdoctorales y una serie de colaboradores de diferentes partes del mundo. Sus publicaciones suman más de 1900 citas y consisten en artículos de investigación, difusión y capítulos de libros.





## Fernández Carril Luis Ricardo

México. Además, es profesor de cátedra en el Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México. Ha publicado artículos a nivel nacional, por parte del Tecnológico de Monterrey. Sus principales líneas de investigación son: la Gobernanza ambiental internacional, las negociaciones climáticas y el análisis de la investigación científica del cambio climático a partir de la filosofía de la ciencia y la epistemología.

## Frausto Martínez Oscar

Doctor ingeniero en análisis espacial por la Universidad Bauhaus de Alemania, licenciado y maestro en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro del SNI nivel I y perfil PROMEP. Su línea de investigación principal es el desarrollo de sistemas de monitoreo y control se indicadores de desarrollo humano y sostenible, geografía de los desastres. Cuenta con más de 20 trabajos en eventos internacionales y publicaciones arbitradas sobre la misma temática. Colaborador en varios grupos nacionales e internacionales en temas ligados a cartografía y manejo de riesgos, desarrollo sostenible y geomorfología. Cuenta con experiencia docente en nivel medio superior, superior y posgrado. Miembro del Comité Académico del Doctorado en Geografía de la Universidad de Quintana Roo.

## Gómez Díaz Jesús David

Se desempeña como Profesor Investigador de tiempo completo del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo desde 1989. Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos por la Universidad Autónoma Chapingo (1982), Master in Soil Science por la Universidad de Gante, Bélgica (1993) y Doctorado en Ciencias con especialidad en Edafología por el Colegio de Postgraduados de Montecillos, Texcoco, México (2008). Estancia académica y de investigación de dos años (2010-2011) en la Universidad Estatal de Colorado sobre estrategias para el inventario de gases de efecto invernadero en el sector agropecuario y forestal y estrategias de mitigación al cambio climático asociadas al sector agrícola. Corresponsal de México ante el Comité de Ciencia y Tecnología de la Convención de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y Miembro del Ad hoc Advisory Group of Technical Experts (AGTE) for the Impact Indicator Refinement de dicha Convención. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT con Nivel I desde 2009.

## Gómez-Gallardo Unzueta Enrique Alejandro

Biólogo Marino con doctorado en Ciencias Marinas y Costeras, actualmente es Profesor-Investigador Titular B, con reconocimiento al Perfil Deseable y Candidato a Investigador Nacional del SNI. Su tema actual de Investigación es la dinámica y ecología poblacional de grandes ballenas en el Golfo de California y Pacífico Mexicano. Colabora en el programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la UABCS, es autor de artículos científicos especializados, ponencias nacionales e internacionales, así como artículos de difusión del conocimiento. Profesor de las asignaturas de Anatomía Comparada de Vertebrados y Amniotas Marinos en la carrera de Biólogo Marino de la UABCS. También trabajó en el Gobierno Federal (Secretaría de Pesca) y en la Iniciativa Privada (AQUANOVA S.A de C.V.). Es Jefe del Departamento Académico de Biología Marina de la UABCS.

## Gual Díaz Martha

Es profesora de Asignatura A, en el área de Biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

## Gutiérrez Yurrita Pedro Joaquín

Biólogo con estudios de maestría en Biología de Sistemas, así como en Derecho Ambiental y de la Sustentabilidad. Doctor en Ciencias Biológicas (línea de grado Ecología). Actualmente es candidato a doctor en derecho Administrativo (línea de grado Ambiental). Sus principales proyectos de investigación versan sobre la conservación del patrimonio paisajístico, especialmente cuando se trata del manejo de áreas naturales protegidas emblemáticas (Sierra Otomí, Camécuaro, Sierra Gorda…) o de gestión de espacios periurbanos relevantes para México (Lago de Texcoco, Cerro del Chiquihuite, Sierra de Guadalupe…). En el campo del derecho ha logrado la incorporación en el ordenamiento legal de varios artículos referentes a la preservación del medio ambiental por su valor intrínseco más que por el precio o el servicio ecosistémico a la humanidad. Es consejero de senadores y diputados –sin remuneración económica- en temas de políticas ambientales. Ha publicado 83 artículos indizados, 28 en ISI proceedings, 2 libros como autor único y 8 capítulos de libros con arbitraje. Ha dirigido 7 tesis de doctorado. Y colabora en revistas de difusión de la ciencia.

## Heckel Dziendzielewski Gisela

Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestra en Ciencias y Doctora en Ciencias en Oceanografía Costera, por la Universidad Autónoma de Baja California. Se dedica desde hace más de veinte años a la investigación y docencia en temas relacionados con la biología, ecología y conservación de mamíferos marinos, principalmente cetáceos de la costa occidental de la península de Baja California. Ha publicado diecisiete artículos en revistas científicas arbitradas e indizadas, ha participado con sesenta trabajos en congresos especializados, ha dirigido cuatro tesis de licenciatura, trece de maestría y una de doctorado. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I.

## Hernández Guerrero Claudia Judith

Realizó sus estudios de doctorado en Ciencias, en la Universidad de Cádiz, España (Cum laude). Cuenta con 15 años de experiencia en estudios de aprovechamiento de recursos marinos y productos naturales marinos. Ha dirigido proyectos de investigación científica CONACYT y del IPN, así como Proyectos PROINNOVA CONACYT en vinculación con empresas. Ha publicado 21 artículos científicos, tres capítulos de libro y participado en 40 ponencias en congresos nacionales e internacionales. Director de 2 tesis de Doctorado, 4 de Maestría (2 más en proceso) y 5 de Licenciatura. Actualmente su trabajo de investigación está enfocado en la búsqueda y aprovechamiento de extractos y compuestos obtenidos de organismos y bacterias marinas para su potencial aplicación en diferentes procesos de interés industrial.

## Hernández Hernández César

Biólogo por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estudio el posgrado en Ciencias Ambientales en el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco ahora IIES). Ha trabajo en el sector ambiental en los tres órdenes de gobierno gestionando y operado diversos programas de monitoreo y conservación de especies prioritarias





y evaluación de la efectividad en el manejo de ANP's. Actualmente se desempeña como coordinador de proyectos estratégicos en la CONANP.

## Ibarra Sarlat Rosalía

Licenciada en Derecho por la Universidad Nacional Autónoma de México. Doctora en Derecho Ambiental por la Universidad de Alicante, España. Cuenta con el Diploma de Estudios Avanzados con el que obtuvo el Reconocimiento de Suficiencia Investigadora por la Universidad de Alicante, España. Diplomada en Derecho Ambiental por el Ilustre Colegio de Abogados de Madrid. Investigadora de tiempo completo en el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Profesora en la Especialización de Derecho Ambiental de la Facultad de Derecho, División de Estudios de Posgrado de la UNAM. Profesora de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales en la Licenciatura de Ciencias Políticas y Administración Pública de la misma institución. Profesora en el Máster Oficial en Derecho Ambiental y de la Sostenibilidad de la Universidad de Alicante, España. Dictaminadora de artículos y colaboraciones en materia de Derecho Ambiental. Ponente en seminarios de carácter nacional e internacional. Autora de diversas publicaciones en materia jurídico-ambiental, nacional, internacional y comunitario.

## Ibarrarán Viniegra María Eugenia

Es Coordinadora de la Licenciatura de Economía y Finanzas de la Universidad Iberoamericana-Puebla y Profesora Titular de la misma. En el departamento de Ciencias Sociales, sus líneas de investigación son: Modelación de política pública, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Últimas publicaciones: Ibarrarán, M.E. y M. López-Vallejo. (2012). "Medio ambiente, desarrollo humano y crecimiento económico en América Latina". En M. Rojas (Coord.) *América Latina en los albores del siglo XXI: 1. Aspectos económicos. México*: FLACSO. También, Ibarrarán, M.E. (2012), La sustentabilidad a través de la economía. En Asili, N., *Vida Sustentable: La experiencia de un sueño compartido*. Puebla: Universidad de las Américas Puebla, pp. 654-671. ISBN 978607 7690122; Ibarrarán, M.E. y López-Vallejo, M. (2012). México y Brasil: Posibles estrategias de negociación en torno al cambio climático. En P. Rodríguez, (Coord.) *América Latina: Integración, medio ambiente y cooperación internacional en el marco del Siglo XXI*. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 123-152. ISBN 9786074874037; Ibarrarán, M.E., (2011), Hacia un Progreso Sustentable. En M. Rojas (Coord) *Medición del Progreso y del Bienestar: Propuestas desde América Latina*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. ISBN 9786079505066.

## Isunza Vizuet Georgina

Es Licenciada en Economía, con mención honorífica, por la Universidad Nacional Autónoma de México (1979-1984); Maestra en Planeación y Políticas Metropolitanas, obteniendo la Medalla al Mérito Universitario, por la Universidad Autónoma Metropolitana (1996-1999); Doctora en Planificación Territorial y Desarrollo Regional, Reconocimiento 'Cum Laude' con mención honorífica. Entre sus experiencia profesional destacan 16 años de experiencia docente en instituciones de educación superior públicas y privadas: UNAM, ENAH, IPN, UTM e ITESM. Participa como Consejera de Estudios y en Comités Tutoriales en las Maestría en Metodología de la Ciencia y Maestría en Política y Gestión del Cambio Tecnológico. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Perfiles demográficos · Política de vivienda y rezago habitacional · Movilidad residencial · Vivienda sustentable y enotecnias en el DF · Distribución territorial del financiamiento a la vivienda en la ZMVM · Mercado de trabajo y seguro del desempleo en el D.F. Es profesora Colegiada de posgrado en la Maestría en Metodología de la Ciencia. Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.

## Jardón Medina Alan Gerardo

Es egresado de la carrera de Ingeniería Química Industrial de la Universidad Autónoma de Nayarit. Maestro en Gestión Ambiental y Auditorias. Cuenta con diplomados en Ingeniería de Proyectos por la Universidad de Guadalajara y el Premio Jalisco a la Calidad por la Universidad Marista-INJAC. Es consultor competente bajo la norma técnica de competencias laborales del CONOCER; consultor especialista por el CONACYT; y consultor certificado por México Calidad Suprema (MCS). Cuenta con una experiencia de 15 años en el diseño e implementación de sistemas de gestión de calidad, ambiental y de seguridad y salud en el trabajo. Ha dado consultoría y apoyado a la certificación, acreditación y procesos de mejora continua a más de 100 Organizaciones en diversos sectores que van desde la manufactura, servicios, farmacéutica, salud, minería, gobiernos, cámaras, educación, comercios, entre otras. Participa en la docencia impartiendo diversos cursos de calidad en la Universidad Guadalajara Lamar; así mismo es miembro activo del Grupo Estratégico Regional Jalisco de la EMA (entidad mexicana de acreditación) y ha participado en la Asociación Farmacéutica Mexicana, sección Jalisco, y en la Asociación Mexicana de Metrología, A.C. Experto en metrología y estimación de incertidumbre, así como en evaluación de la conformidad y normalización e implementación de sistemas de gestión ISO. Fue Gerente de Metrología y Validación en Laboratorios Pisa, Jefe de Ingeniería de Calidad en Emerson y Gerente de Aseguramiento de Calidad en Laboratorios Sophia. Actualmente es Director General y socio de Gestión Integral de las Mediciones, S.C

## Jerez Ramírez Deysi Ofelmina

Ponente de temas relacionados con cambio climático, estudio social de desastres, problemáticas socioambientales de la minería y políticas públicas incluyentes en encuentros académicos nacionales e internacionales organizados por el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, la Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional (AMECIDER) y la Asociación Latinoamericana de Sociología. Ha partido en los talleres internacionales de investigaciones forénsicas de desastres convocados por el Consejo Internacional para la Ciencia (International Council for Science, en inglés, ICSU) y la Universidad de Florida.

## Jiménez Domínguez Rolando Vlademi

Licenciado en Física y Matemáticas, Maestro en Ciencias y Doctor en Física por el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad de Utah. Ha trabajado en Física del Estado Sólido y Física de Metales, Superconductividad, Normalización Técnica, Metodología e Historia de la Ciencia y la Tecnología. Autor de un centenar de publicaciones en revistas nacionales e internacionales y Memorias de Congresos. Traductor de 18 libros técnicos del inglés al español publicados por LIMUSA-WILEY. Autor de cuatro libros publicados por el IPN, así como de una docena de capítulos en diversos libros, por invitación. Actualmente es docente-investigador en el CIECAS-IPN, integrante del núcleo básico de profesores de la Maestría en Política y Gestión del Cambio Tecnológico, y realiza investigación en las áreas de "Relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad", "Prospectiva y Eficiencia Energética", y "Evaluación de la Tecnología".

## Le Bail Maxime

Se graduó como geógrafo en 2010 en la Universidad de Haute Bretagne (UHB), Rennes 2, Francia, y obtuvo el grado de Maestro en Ciencias Políticas y Sociales, con especialidad en Administración Pública, en el Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos (CIDHEM), así como Maestro en Derecho, Economía, Gestión: administración, manejo y economía de las organizaciones, con especialidad en administración pública, por el Instituto de Preparación a la Administración General (IPAG) de la Université de Bretagne Occidentale (UBO). Laboró





como Profesor en el Liceo Franco Mexicano de Polanco, México, y como Asesor en el servicio de cooperación universitaria de la Embajada de Francia en México, así como del Technopôle Brest Iroise, donde vinculó estrechamente académicos, científicos y funcionarios franceses y mexicanos. Esa labor continuó cuando se desempeñó como Asistente Ejecutivo en la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente, labora como Asistente en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Contribuyó significativamente en la creación de la Representación en Israel del Instituto Politécnico Nacional, así como en la elaboración de la Red Internacional de Territorios Marítimos (RITMI). Organizó diversos eventos científicos y académicos como la "Semana de la Innovación, Ciencia y Tecnología, en el IPN", "Retos del agua en México: Situación actual y futura", el 3r, 4to y 5to "Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático", "IPN-Israel Water Week", "Estudia tu doctorado en Francia", "8va Sesión Ordinaria del Consorcio de Instituciones de Investigación Marina del Golfo de México y Mar Caribe", "Large Marine Ecosystems of latin America", entre otros. Participó activamente en proyectos de investigación y desarrollo como, por ejemplo, la creación de un tecnopolo del mar en Tuxpan, Veracruz, y "Mexican Integrated Coastal and Ocean Observing System". Es experto invitado en el tema "medio ambiente" de la Comisión México-Estados Unidos para el Intercambio Educativo y Cultural (COMEXUS) para participar en el proceso de selección para el otorgamiento de las becas Fullbright-García Robles.

## Lluch Cota Salvador Emilio

Es Doctor en Uso y Manejo de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (). Actualmente es Investigador Titular C (ITC) y nivel II del SNI, dentro del Programa de Ecología Pesquera del CIBNOR. Obtuvo la Maestría en Ciencias Marinas con mención honorífica en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas; egresó de la carrera de Biología Marina en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Entre sus líneas de investigación se encuentran el Cambio y Variabilidad Climática y la Oceanografía Pesquera. Cuenta con diversas publicaciones científicas internacionales, también ha editado libros y escrito artículos de divulgación e informes por encargo de agencias como la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Meteorológica Mundial. Entre sus publicaciones selectas se encuentran: López-Rasgado, FJ, Herzka, SZ, Del-Monte-Luna, P. Serviere-Zaragoza, E., Balart-Páez, F. & Lluch-Cota, SE. (2012). Fish assemblages in three arid mangrove systems of the Gulf of California: comparing observations from 1980 and 2010. *Bull. Mar. Sci*. 88(4):000–000; Pérez-Ramírez, M., Ponce-Díaz, G. & Lluch-Cota S.E. (2012). The role of MSC certification in the empowerment of fishing cooperatives in Mexico: the case of red rock lobster co-managed fishery. *Ocean & Coastal Management*, 63:24-29

## Longar Blanco María del Pilar

Doctora en Ciencias (Biología) por la Universidad Nacional Autónoma de México. Amplia experiencia laboral, dirigiendo proyectos productivos en el medio rural y desarrollando investigaciones en ciencia aplicada sobre aspectos ambientales, sociales, económicos y tecnológicos. Cuenta con múltiples publicaciones indexadas ISI, JCR, y en Revistas incorporadas al Padrón de CONACYT, con diversas clasificaciones, tanto en medios electrónicos como hemerográficos, libros y capítulos de libro. Forma parte de redes de conocimiento y grupos de investigación consolidados a nivel nacional e internacional. Coordinadora del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS), de la Red Institucional del Instituto Politécnico Nacional de Medio Ambiente REMA. Ha sido galardonada, recibiendo premios entre otros en el IPN por la dirección de las mejores tesis de posgrado 2008 y 2012. En el área de ciencias sociales sus líneas de investigación son la Fitoecología; el Desarrollo rural sustentable; la Gestión Pública de la Ciencia, Tecnología e Innovación, en la búsqueda de alternativas al cambio climático. Ha realizado estancias de investigación en Estados Unidos de América. Asimismo, ha participado en calidad de ponente en Congresos científicos en Europa y Oceanía.

## López Morales Liliana

Licenciada en Pedagogía por la Universidad Pedagógica Nacional. Desarrolla su tesis en el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM con el tema: "El cambio climático en México: construcción y reforzamiento de capacidades educativas en el nivel medio superior del estado de Chiapas. (Implementación del taller para crear la guía del diplomado estatal de cambio climático)"

Y es parte del proyecto de la Red Universitaria de Cambio Climático que tiene como fin crear un espacio de interacción en donde los jóvenes obtengan más información sobre el tema de cambio climático y logren analizarlo, discutirlo y proponer acciones en relación al tema. Ha colaborado en la elaboración de los "Criterios de gobernanza climática para el estado de México" en el marco de la actualización del Programa Estatal de Cambio Climático del Estado de México, en la evaluación externa del Programa Educar con Responsabilidad Ambiental de la Secretaria de Educación del Gobierno de Chiapas y ha colaborado en el capítulo del libro. Formó parte del programa de mediadores en el Museo Interactivo de Economía

## Lucatello Simone

Doctor en Análisis y Gobernanza del Desarrollo Sustentable por la Universidad internacional de Venecia (VIU), Italia. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México, nivel I. Actualmente coordina el Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas del Instituto Mora. Sus intereses de investigación abarcan temas de cambio climático, sustentabilidad, cooperación internacional para el medio ambiente, ayuda humanitaria y desastres. Ha coordinado recientemente el estudio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) sobre gestión de riesgo y cambio climático y es uno de los autores del IV informe global del PNUMA sobre reducción de emisiones (GAP emission report 2014).

## Martínez Córdova Citlalin

Estudió la maestría en Ciencias Económicas en la Universidad Nacional Autónoma de México y la Especialidad en Política y Gestión Energética y Medioambiental en FLACSO, así como diversos diplomados y cursos sobre economía y gestión ambiental, desarrollo sustentable y energía, y gestión de energías renovables. Ocupó diversos cargos por once años en la SEMARNAT y actualmente forma parte de la unidad de investigación de economía y medio ambiente del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM. Los proyectos de investigación en los que ha participado se refieren a los temas de energía y cambio climático, metano y contaminación del agua en el sector agropecuario y seguridad alimentaria.

## Martínez Ocampo Beatriz

Ingeniera industrial especialista en el área de cambio climático y sustentabilidad con una amplia trayectoria en el área de consultoría empresarial. Su formación profesional se ha enfocado en distintos temas relacionados con el cambio climático y gestión ambiental en los sectores público y privado. Ha impartido capacitación presencial y en línea en temas relacionados con cambio climático a grupos de hasta 30 personas. Miembro activo del Comité de Organismos Verificadores/Validadores de GEI de la Entidad Mexicana de Acreditación. Cuenta con conocimientos especializados en sistemas de gestión de la energía y calidad, elaboración de informes de sustentabilidad, elaboración de planes estatales de cambio climático, entre otros. Actualmente cursando la Maestría de Gestión y Auditoría Ambiental en el CIIEMAD.





## Martínez López Aída

Con experiencia en la ecología del fitoplancton y en el análisis microscópico de sedimentos laminados del Holoceno de cuencas suboxicas del Pacífico Oriental Norte. Con intereses científicos principales en los organismos planctónicos: ecología y producción en la zona eufótica, exportación, sedimentación en el fondo marino y su calibración como posibles proxies paleoclimáticos y de actividad antropogénica. La integración de la ecología de estos organismos en los estudios climáticos del pasado y del cambio global reciente sustentan su uso como indicadores de la productividad biológica del pasado y/o de la historia de las aguas superficiales. En los últimos años, ha investigado las relaciones entre asociaciones silíceas modernas y el registro de los sedimentos en el sur del Golfo de California y en la región meridional del Sistema de la Corriente de California con el fin de comprender mejor los registros proxy que se utilizan para reconstrucciones climáticas en esta región.

## Martínez Rodríguez María Concepción

Es Licenciada en Ingeniería Química Industrial por el Instituto Politécnico Nacional. Es Maestra en Administración Pública y Políticas Públicas por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, y obtuvo el grado de Doctora en Política Pública en la misma institución, presentando como tesis: Análisis del Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 mediante el modelo de Gobernanza. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Gobernanza, Políticas Públicas y Gestión Pública y Ambiental. Entre sus últimas publicaciones se encuentran: The Lack of Regulation Of Green Products In Mexico And Their Consequences An Unmet Need. C. Martínez., A. Soriano. Envirogeochimica Acta, Vol. 1. Pag. 61-66. Revistas Indizadas. Y Computation of baseline emissions of Greenhouse gases and future projections for the transport sector in the state of Veracruz, México. C. Martínez, J. Castillo. Envirogeochimica Acta. Vol. 1 Pag. 206-311. Revistas Indizadas. Entre sus principales proyectos se encuentran estudios sobre Políticas Públicas exitosas en el mundo en materia de desarrollo sustentable: "La participación social para solucionar problemas ambientales: gobernanza y cambio climático". "Prospectiva ambiental, una contribución para el ordenamiento ecológico territorial del Municipio de Tlaxco, Tlaxcala". Pertenece además a diversas asociaciones, tales como: la Red de Medio Ambiente y la Red Institucional de Desarrollo Económico, ambas del IPN; a la Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C.; la Sociedad Internacional de Economía Ecológica, así como a Diffusion Innovation Science A.C.

## Martínez Tavera Estefanía

Licenciada en Ingeniería Química Industrial, en la Universidad de las Américas-Puebla (UDLAP). Maestra en Planeación y Administración Ambiental, así como en Gestión Hídrica por el Tecnológico de Monterrey. Actualmente cursa el doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo en el CIIEMAD-IPN, además de ser investigadora de esa misma institución, especializada en Servicios medioambientales. Anteriormente, ha colaborado con la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Puebla como directora de planeación y programación (2011-2012), con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales como Jefa de Planeación y Programación de Políticas Públicas (2008-2011), y en la Comercial Mexicana de Pinturas como Jefe de Calidad (1995-2001). Pertenece a la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México y a la Asociación Mexicana de Hidráulica.

## Mayorga Cervantes Juan Raymundo

l. Es Ing. Arquitecto, egresado del IPN en 1983; Maestro en Arquitectura-Tecnología por la UNAM, en 1991; CEMCO ICC "Eduardo Torroja", España 1992; Doctor en Arquitectura en la UNAM, 2005. Es Jefe de la Sección de Estudios

de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA)-Unidad Tecamachalco, del Instituto Politécnico Nacional, y también Profesor Investigador de tiempo completo en el Nivel Superior, Maestría y Doctorado. Pertenece a la Red de Medio Ambiente del IPN, a la Red Mexicana de Arquitectura Bioclimática; a la Asociación Nacional de Energía Solar, al Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable de SEMARNAT, al Instituto Mexicano de los Edificios Verdes; a la Red de Medio Ambiente y Sustentabilidad y la Red Iberoamericana CYTED XIV, ambas de CONACYT; y a los Grupos Técnicos Regionales LEED-México en Sustentabilidad para México A.C. Es especialista en los temas de diseño arquitectónico bioclimático, confort térmico, sustentabilidad y cambio climático, ha publicado 2 libros, 3 capítulos de libros; ha sido ponente en España, Cuba, Canadá, Chile, Puerto Rico y a nivel nacional. Ha desarrollado 14 proyectos de investigación para el IPN, el INAP, el CONACYT y el MIMVEC de Cuba.

## Mazari Hiriart Marisa

Bióloga de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Maestría en Hidrobiología Aplicada de la Universidad de Gales, Gran Bretaña y Maestría en Ciencias (Biología) Facultad de Ciencias, UNAM. Doctorado en Ciencias Ambientales e Ingeniería Universidad de California, EE.UU. (1992). Actualmente Investigadora Titular B de tiempo completo del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, UNAM; y Nivel II del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT. Ha publicado 34 artículos en revistas internacionales, es coautora de tres libros y cuenta con 26 capítulos de libros internacionales y nacionales, así como con 20 artículos de divulgación. Con más de 1000 citas a nivel internacional. Ha dirigido 14 tesis de licenciatura, 13 de maestría, una de doctorado, así como dos estancias postdoctorales. Actualmente coordina el Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM.

## Medrano González Luis

Es Biólogo, Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México; Posdoctorante de la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda. Es académico de la UNAM desde 1982. Actualmente es Profesor titular de tiempo completo A en la Facultad de Ciencias UNAM. Desarrolla investigación multidisciplinaria sobre mamíferos marinos y su interacción con los humanos con el propósito de conocer la interacción de distintos niveles fenomenológicos en la evolución biológica y de generar conocimiento útil para resolver dilemas de conservación biológica y bienestar humano. Es autor de varios escritos científicos y ponencias en congresos sobre bioquímica, genética, anatomía, fisiología, ecología y evolución. Ha dirigido varias tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Ha sido profesor de licenciatura y posgrado en la Facultad de Medicina UNAM, Facultad de Ciencias UNAM y la Universidad de Auckland y ha impartido varios cursillos breves en la UNAM y otras universidades de México. Es colaborador frecuente de instancias gubernamentales en asuntos de conservación y biología marinas.

## Mendívil Valenzuela Ana

Licenciada en Relaciones Internacionales por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM y estudiante de posgrado de la Facultad de Derecho. Líder Climático desde 2012 y actualmente, investigadora y analista de políticas públicas en el Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA), donde desarrolla estrategias de incidencia en temas de cambio climático, energías renovables, transición energética, financiamiento nacional e internacional y transporte, así como el análisis, evaluación y mejora del marco regulatorio ambiental nacional e internacional. Cuenta con diversos artículos en materia de cambio climático y energía y se ha desempeñado como consultora externa en los mismos temas.





## Mendoza Reyes Juan Carlos

Maestro en Cooperación Internacional para el Desarrollo por el Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, y Licenciado en Relaciones Internacionales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha colaborado en la Secretaría de Energía (Dirección General de Asuntos Internacionales), dando seguimiento a la relación de México con organismos internacionales y en diversos proyectos de cooperación internacional en materia de energías limpias. Ha sido investigador visitante en el Centro de Investigaciones Climáticas UNEP Riso en Dinamarca en temas de acceso sustentable a la energía; Profesional visitante en la Oficina Global de la Iniciativa "Energía Sustentable para Todos" (SE4All) de las Naciones Unidas con sede en Austria, trabajando en la gestión de la Plataforma Global de Aceleradores de Eficiencia Energética. Es miembro de la Red Managing Global Governance del Instituto Alemán para el Desarrollo y el Ministerio Alemán para la Cooperación Económica y el Desarrollo, como especialista en materia medioambiental y energética.

## Mendoza Alfaro Roberto Eduardo

Biólogo, por la ENEP Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se especializó en cultivo de peces y camarón en la Japan Sea Farming Association, Japón. Su Maestría DEA (Diplôme d'Etudes Approfondies) es en Oceanografía Biológica y el doctorado en Nuevo Régimen en Acuacultura y Pesca por la Université de Bretagne Occidentale, Francia. Miembro del SNI, nivel II, de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Academia de Ciencias de Nueva York. Premio a la mejor tesis de licenciatura por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y a nivel estatal, y de la mejor tesis de doctorado, así como del premio de investigación de la UANL y de la Universidad de la Habana, Cuba. Representante mexicano ante el Panel Regional del Golfo de México y Atlántico Sur de la Aquatic Nuisance Species Task Force de los Estados Unidos. Miembro del Comité Asesor para la Estrategia Nacional para prevenir, controlar y erradicar las Especies Invasoras en México y Miembro del Comité Científico Consultivo de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). Consultor para National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), de la Comisión de Cooperación del Ambiente, la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA) y para la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Actualmente Director del Laboratorio de Ecofisiología del Departamento de Ecología de la UANL.

## Molina-Rosales Dolores

Doctora en antropología por la Universidad Iberoamericana. Interesada en Antropología Ambiental y Género, con énfasis en vulnerabilidad social, procesos de atención a la salud, respuesta ante eventos relacionados con el cambio climático, áreas naturales protegidas y manejo de recursos naturales. Experiencia en proyectos de investigación realizados en Oaxaca, Hidalgo, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche. Integrante de la Red Género, Sociedad y Medio Ambiente de CONACYT; de la Red de Género y Medio Ambiente (REGEMA), de la Red de Estudios de Género de la Región Sur-Sureste de Anuies, de la Red Nacional de Equidad y Género y de la Sociedad de Antropología Aplicada. Autora/coautora de 27 publicaciones, que incluyen libros, artículos científicos y de divulgación.

## Monterroso Rivas Alejandro Ismael

Es Profesor Investigador de tiempo completo del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo desde el año 2000. Ingeniero en Recursos Naturales por esta Universidad (1999), Maestro (2007) y Doctor (2012) en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. Responsable de diversos proyectos de investigación relacionados al impacto del cambio climático en el sector agrícola de México, con financiamiento nacional

e internacional. Colaborador en la tercera y cuarta Comunicaciones Nacionales de México. Así mismo también colabora con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC. Ha sido reconocido con la medalla Alfonso Caso (2012) y jurado del premio al Mérito Ecológico (2013-2015). Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT.

## Moo Llanes David Alejandro

Biólogo egresado del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Maestría en Ciencias de la salud con área de concentración en enfermedades transmitidas por vector (2011) del Centro Regional de Investigación en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud Pública. Tiene publicados 4 artículos científicos con arbitraje, 2 artículos en prensa, 6 artículos en preparación, 1 capítulo de libro, 2 capítulos de libro en preparación, 2 memorias en extenso, 1 tesis de maestría asesorada, 2 informes técnicos finales, 1 curso impartido, 1distinción de mención honorifica en la tesis de maestría, 3 ponencia en congreso nacional, 1 ponencia en congreso internacional, y 8 presentaciones de carteles en congreso nacionales.

## Moreno Banda Grea Litai

Doctora en Ciencias de la Salud Pública por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP); Maestría en Ciencias con área de concentración en Salud Ambiental, Instituto Nacional de Salud Pública. Profesora e Investigadora B en Ciencias Médicas por parte de la Coordinación de los Institutos Nacionales de Salud. En años previos, laboró como consultora independiente para diversas organizaciones entre ellas: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Cuenta con presentaciones en Congresos Nacionales e Internacionales a sus trabajos; así como con citas bibliográficas a sus publicaciones. Áreas de interés: Epidemiología, Cambio Climático y Variabilidad climática, Ecosalud y enfermedades transmitidas por vectores.

## Moreno Sánchez Ana Rosa

Trabaja en el Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, UNAM, es bióloga egresada de la UNAM. M. Sc., School of Public Health, Univ. of Texas, EE.UU. Autora de diversas publicaciones, así como docente, asesora y conferencista a nivel nacional e internacional en diversos temas en salud ambiental, en particular en cambio climático y en comunicación de riesgos ambientales. Trabajó para SEDUE y la SSA. Consultora de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Fue gerente de proyectos en salud ambiental patrocinados por la United States Environmental Protection Agency (USEPA) y por la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) de Alemania. Coordinó el desarrollo de un clearinghouse sobre información ambiental para México y Centroamérica. Coordinó el programa de salud ambiental de la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. Miembro del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) desde 1995, participando en el Segundo, Tercer, Cuarto y Quinto Informe de Evaluación. Autora del reporte Group on Earth Observations (GEO) -4 Global, del GEO-4 América Latina y el Caribe, del GEO-5 Global y del Reporte GEO-Salud del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Medio Ambiente (PNUMA). Miembro de la Sociedad Mexicana de Salud Pública y de Who's Who Internacional. Fue Secretaria del Colegio de Biólogos.





## Muñoz Meléndez Gabriela

Es Licenciada en Ingeniería Química por la Universidad Veracruzana (1991); Maestra en Ciencias Nucleares por la Universidad Nacional Autónoma de México (1996); y PHD (&DIC) por el Imperial College London (2000). Es miembro del SIN Nivel I. Actualmente es Coordinadora dentro del Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente del Colegio de la Frontera Norte, Sede Tijuana. Realizó una estancia de investigación en Estados Unidos durante el 2011. Ha sido Profesor – Investigador Nivel "B" desde el 2008, además de haberse desempeñado como Research Asssociate dentro del periodo 2000-2008. Entre sus distinciones más recientes se encuentran: ser miembro titular de la comisión evaluadora departamental, COLEF, 2015; Comité de Redacción, COLEF, 2015; Participante del curso International Carbon Action Partnership sobre el Mercado de Emisiones, ENCAE. Entre sus publicaciones destacadas se encuentra el libro: Hacia la sustentabilidad ambiental de la producción de energía en México, COLEF/CIBNOR, 2011; y de "la reforma energética ante la caída de los precios de petróleo: ¿una oportunidad para las energías renovables en México?" en Sociedad y Ambiente. Vol.6, 2015, pp.72-88

## Muñoz Sevilla Norma Patricia

Bióloga de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional; en 1982 obtiene con mención honorífica el Doctorado en Oceanografía Biológica en la Université d' Aix-Marseille II, Francia, y el posdoctorado en Bioquímica Marina en la "École Pratique des Hautes Études" de Paris, en 1990. En su trayectoria laboral ha impartido cursos a nivel de posgrado en el IPN y como Maestro de Conferencias en "École Pratique des Hautes Études" en Concarneau, Francia. Su labor tutorial en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas; el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa; el Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Unidad Mérida y en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios en Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional, ha permitido que 28 Maestros y 5 Doctores obtengan el grado en Ciencias. En el área de investigación ha sido directora y /o participante en 59 proyectos relacionados con el manejo de los recursos marinos, desarrollo costero, recurso agua, contaminación marina, impacto ambiental y manejo integral de zona costera, entre otros, dentro del Instituto Politécnico Nacional, el Conacyt y otros organismos nacionales e internacionales. Su participación en congresos symposia, foros y reuniones incluye alrededor de 310 presentaciones y ha dictado 69 conferencias magistrales en diversos foros nacionales e internacionales. Cuenta con 56 artículos publicados, científicos y/o de divulgación, 17 capítulos en libros y tres libros en materia de zona costera y deterioro ambiental. Fue coordinadora nacional de los Observatorios Jacques-Yves Cousteau. Ha formado parte de la "New York Academy of Sciences", American Chemical Society, Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable (SEMARNAT), es Coordinadora de la Red Institucional de Medio Ambiente (IPN), miembro del Consejo de Cambio Climático, del Consejo Consultivo del Agua y del Comité de Política Ambiental de PRONATURA, México, entre otros; sumando un total de 16 participaciones en otros consejos relacionados con el medio ambiente, a nivel nacional e internacional. Actualmente es Directora Regional para México de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado y Directora de la Maestría en Cambio Climático de la Fundación Universitaria Iberoamericana. Anteriormente, ocupó los cargos de Directora del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, y del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios en Medio Ambiente y Desarrollo, así como de Secretaria de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional. Ha participado como miembro del comité técnico del Ordenamiento Marino del Golfo de California, y como miembro del Comité Ejecutivo del Ordenamiento Ecológico Marino Regional del Golfo de México y Mar Caribe. Es invitada permanente del Ordenamiento Marino Regional del Pacífico Norte y Pacífico Centro Sur, México, colaboró en la Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de la Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y desarrolló la Política Nacional de Mares y Costas. Cuenta con aproximadamente 41 reconocimientos por su desempeño profesional, entre los que se cuenta la distinción del "American Biographical Institute" como "Great Woman of the 21 Century", edición 2004/2005, en el área de desarrollo sustentable; así como la

"Orden de las Palmas Académicas en grado de Caballero", condecoración otorgada por el Gobierno de la República Francesa, 2010. El desarrollo profesional la ha llevado a desarrollar asesorías para la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, en materia de océanos y costas por más de 10 años; se desempeña como asesor externo de organismos internacionales como UNESCO, United Nations Environment Programme (UNEP)-ONU, en el tema de ordenamientos marinos, manejo integrado de costas, construcción de capacidades en América Latina en zona costera , gobernanza del Golfo de México, agua costera-agua continental, y políticas públicas, entre otros.

## Nava Sánchez Enrique Hiparco

Profesor e investigador desde 1983 en el Instituto Politécnico Nacional; Ingeniero Geólogo por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN; Doctor en Geología por la Universidad del Sur de California (Los Angeles, EE.UU). Ha dirigido proyectos de investigación, publicado artículos científicos y de divulgación y participado en varios congresos nacionales e internacionales en las áreas de sedimentología, geomorfología costera, evolución costera, paleoceanografía de alta resolución, peligros naturales de las zonas costeras y el efecto del cambio climático en ellas. Miembro de varias asociaciones geológicas nacionales e internacionales. Ha dictado cátedra a nivel Licenciatura y Posgrado desde 1984 y dirigido tesis en los niveles de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Actualmente, trabaja en la evaluación del régimen erosivo de las playas de Baja California Sur.

## Niño Gabriela

Es maestra en Relaciones Internacionales por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuenta con varios artículos sobre cambio climático, energía y transporte. Ha participado en proyectos de investigación con instituciones nacionales e internacionales. Actualmente es coordinadora de políticas públicas del Centro Mexicano de Derecho Ambiental CEMDA, donde desarrolla estrategias para promover la implementación, evaluación y desarrollo de políticas sobre cambio climático, energías renovables, transporte, financiamiento climático internacional y nacional. También se ha desempeñado, como consultora externa con la iniciativa privada, gobierno e instituciones internacionales.

## Olivos Ortiz Aramis

Oceanólogo formado en la Universidad Autónoma de Baja California (México), Doctor en Ciencias del Mar en de la Universidad de Barcelona (España). Su interés principal de investigación se centra en tres líneas: 1) Distribución/disponibilidad de nutrientes inorgánicos disueltos, sus relaciones estequiométricas y su influencia en la generación de proliferaciones algales; 2) Estudio de procesos biogeoquímicos entre la columna de agua/sedimentos y 3) Hidrología y su influencia en manejo de recursos marinos y costeros. Con experiencia docente a nivel licenciatura y posgrado, ha formado a 7 licenciados, 4 maestros en ciencias y ha participado en 6 comités de doctorado en centros CONACYT como CICESE, IPN, CICY y UABC. Es autor/coautor de 14 artículos internacionales en revistas indizadas y de 8 capítulos de libros. En la actualidad es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, cuenta con el perfil PRODEP de la SEP y es miembro del Cuerpo Académico 95 de la Universidad de Colima en nivel Consolidado.

## Ordóñez Díaz José Antonio Benjamín

Estudió la licenciatura en Biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el tema de tesis Captura de carbono en Nuevo San Juan Parangaricutiro. Curso el Programa doctoral en Ciencias





Biomédicas del Instituto de Ecología de la UNAM, y obtuvo el grado la tesis: Emisiones y captura de carbono derivado de la dinámica de cambio en el uso del suelo en los bosques de la región purepecha. Actualmente tiene 12 artículos, 8 capítulos de libro y 1 libro. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura, 3 tesis de maestría y 1 tesis de doctorado. Está adscrito a la Facultad de Ciencias como Profesor de Asignatura. Participa en un macroproyecto con el tema de Carbono, bases de datos y servicios ambientales. Su área de especialidad es servicios ambientales, cambio climático y cambio en el uso de suelo.

## Ordóñez Díaz María de Jesús

Bióloga de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Maestra en Ecología y Recursos Naturales por el Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos (INIREB) en Xalapa y Doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Alumna de los Drs. Alfredo Barrera Marín, Arturo Gómez Pompa, Víctor Toledo y Elinor Ostrom. Investigadora en el Programa de Estudios Socio ambientales del CRIM- UNAM, Cuernavaca. Realiza investigación interdisciplinaria aplicando enfoques de sistemas complejos, ecología humana, etnoecología, geografía regional, estudios del territorio, relación sociedad naturaleza, así como aspectos demográficos y económicos. Elabora un método holístico e integrado para obtener la caracterización geográfica ambiental, social, económica y cultural de las áreas de estudio. Emplea la historia como eje transversal para elaborar propuestas de reconstrucción histórica de las condiciones ambientales; de la división territorial y el uso de los recursos naturales; como variables que permiten explicar procesos de cambio de uso del suelo; deforestación; conservación; creación y gestión de áreas naturales protegidas; balances de contenido de carbono; estimación de emisiones de gases de efecto invernadero; medidas de adaptación, mercados voluntarios de carbono, así como evaluación y valoración de servicios ecosistémicos. Ha trabajado en el Lawrence Berkeley Laboratory, de la Universidad de California, en el Center for International Forestry Research (CIFOR), en Bogor - Indonesia; en el Instituto de Geografía Tropical de la Habana, Cuba. En el Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la UNAM, trabajó con el Dr. Víctor Toledo, coordinando el primer diagnóstico de la biodiversidad de México y elaboraron una regionalización ecológica del país. Con el Dr. Omar Masera, obtuvo la primera estimación a nivel nacional de las tasas de deforestación de los diferentes tipos de vegetación de México y la primera clasificación de municipios críticos por consumo de leña y su relación con presencia indígena.

## Oswald Spring Úrsula

Es investigadora titular en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. Actualmente coordina el Programa de Género y Equidad. Tiene a su cargo el proyecto "Retos del desarrollo sustentable en México y Nuevos Conceptos de Seguridad: seguridad humana, de género y ambiental: HUGE". Obtuvo la Primera Cátedra sobre Vulnerabilidad Social en la Universidad de las Naciones Unidas: UNUEHS. Ha desempeñado los cargos de Secretaria de Desarrollo Ambiental en el Estado de Morelos (1994-1998) y Procuradora de Ecología en el mismo estado (1992-1994). Fue Presidenta de la International Peace Research Asociation (IPRA) y Secretaria General del Consejo Latinoamericano de Investigación para la Paz (CLAIP). Ha publicado 44 libros e informes técnicos, 365 artículos científicos y capítulos de libros en español, francés, inglés, alemán, italiano, polaco, portugués, húngaro, japonés, sueco y finlandés sobre temas de desarrollo, ecología, conciliación de conflictos, nuevos conceptos de seguridad, agroecosistemas, alimentación, modelo mundial sustentable, resolución de conflictos, psicología genética, manejo integral del agua y desechos sólidos, además de un artículo de diccionario para la UNESCO. Ha dirigido 27 tesis de doctorado, maestría y licenciatura; otras tantas investigaciones multidisciplinarias, tres de ellas con las Naciones Unidas, y 12 investigaciones disciplinares en áreas como la ecología, física, química, medicina, antropología, economía, desarrollo rural y agropecuario, matemáticas, genética, geohidrología, geología, educación, filosofía, mercados y sistemas alimentarios. Ha organizado 26 congresos internacionales. Ha sido ganadora del Premio por el Méri-

to Ecológico 2005-2006 en Tlaxcala; el Premio Sor Juana Inés de la Cruz (2005); el Premio Internacional de la Cuarta Década de Desarrollo de las Naciones Unidas en Suiza (1990); el de la Mujer Académica de la UNAM en 1991 y fue Women of the Year 2000. Asimismo, ha colaborado durante las últimas tres décadas con movimientos campesinos, sociales, de mujeres y ecologistas y es presidenta del Consejo de Asesores de la Universidad Campesina del Sur.

## Pardo Mario A.

Biólogo marino interesado en proporcionar bases robustas para la conservación de la megafauna marina, a través de la estimación de su respuesta a diversos forzamientos ambientales y ecológicos. Posee un Doctorado en Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, y una Maestría en Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Marinos, del Instituto Politécnico Nacional. Ha enfocado sus estudios al desarrollo de modelos numéricos para estimar diversos parámetros poblacionales e indagar la relación de las especies con sus hábitats, temas que ha publicado en revistas científicas de prestigio. Actualmente, estudia las tendencias de abundancia de rorcuales comunes en el Golfo de California y la distribución de cetáceos de hábitat mesopelágico en el Pacífico oriental tropical. Otros trabajos en colaboración con investigadores de instituciones mexicanas, estadounidenses y uruguayas, incluyen la respuesta de los tiburones azules a varias escalas de forzamiento ambiental, la distribución fitoplanctónica como función de la dinámica del océano, la abundancia de tortugas golfinas en Pacífico oriental frente a México, y la probabilidad de detección de lobos marinos usando drones.

## Peláez Gálvez María Guadalupe

Licenciada en Derecho con especialidad en Régimen de la Administración y Finanzas Públicas. Maestra en Derecho Ambiental y de la Sostenibilidad por Universidad de Alicante, España. Doctorante en Derecho. Cursó además los diplomados: "Climate Change, International Law and Human Security" en la Universidad para la Paz de la Organización de Naciones Unidas (2014); "Política, Derecho y Gestión Ambientales" en la UAM-A (2013) y "Estudios en Cambio Climático", Instituto Autónomo de México (2010). Se desempeña en el Instituto Politécnico Nacional como investigadora en el CIIEMAD y es miembro de la Red del Medio Ambiente. Participa, en el proyecto de investigación "Efectos a la salud de las poblaciones humanas de la Cuenca de San Pedro Mezquital como resultado de la Gestión de sus aguas residuales". Colaboró hasta 2011, en el Programa de Cambio Climático del IPN.

## Peña Ledón Claudia Tatiana

Es egresada de la Maestría en Educación Ambiental de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) y Licenciada en Comunicación Social por la Universidad de Colima. Actualmente, asiste como becaria en el Programa de Investigación en Cambio Climático de la UNAM, en donde desarrolla su tesis y ha colaborado entre otras cosas en la elaboración de las recomendaciones para la actualización del Programa Estatal de Cambio Climático del Estado de México, en el capítulo acerca de los criterios para la gobernanza climática; así como en la evaluación externa del Programa Educar con Responsabilidad Ambiental del Gobierno de Chiapas. En la UACM ha participado como autora y coautora en publicaciones acerca de la Educación Ambiental en el contexto de la misma institución, así como en la incorporación de este campo de conocimiento a la currícula de la Educación Superior en México. Sus temas de interés son la educación ambiental con la implementación de procesos auto-organizativos y de autogestión de comunidades, como un principio para contrarrestar la vulnerabilidad biológica y cultural frente a algunos de los impactos que puede tener el cambio climático en zonas periurbanas colindantes con el suelo de conservación del Distrito Federal. Así como el fortalecimiento de saberes tradicionales en comunidades originarias para evitar el abatimiento de la diversidad bio-cultural.





## Pereira Corona Alberto

Biólogo y Maestro en Ecología por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN), en 1984 y 1992 respectivamente. También Maestro en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), en 2012. Actualmente está por concluir su Doctorado en Ciencias Ambientales con orientación en Ordenamiento territorial y Planeación ambiental. Posee una formación complementaria en Sistemas de Información Geográfica, Planeación y Educación. Ha dirigido y participado en trabajos de investigación en ecología, evaluación de impacto ambiental, ordenamiento territorial, programas de manejo de áreas naturales protegidas y manejo de recursos naturales. Cuenta con tres libros y varias contribuciones a libros especializados sobre ecología, planeación territorial y desarrollo; más de 30 trabajos en eventos internacionales y publicaciones internacionales arbitradas en los mismos temas. 36 años como docente en nivel medio superior, licenciatura y posgrado; 15 en el IPN entre 1979 a 1994 y de 1994 a la fecha en la Universidad de Quintana Roo. Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Ambientales en los periodos 2005-2006 y 2010-2011.

## Pérez Espejo Rosario H.

Economista agrícola por el Colegio de Posgraduados y Doctora en Ciencias por la UNAM. Investigadora titular "C" del Instituto de Investigaciones Económicas investigadora del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Tutora de los Posgrados en Economía y en Ciencias de la producción y la salud animal de la UNAM. Autora de cuatro libros individuales y cuatro en coautoría sobre diversos aspectos del sector primario. Ha coordinado dos libros y publicado más de 100 artículos en revistas nacionales y de circulación internacional y 33 capítulos en libros. Ha presentado más de 120 ponencias en México y otros países. Su proyecto actual es sobre el programa de biodigestores en granjas porcinas de Yucatán. Ha sido reconocida como Experta Internacional de la FAO (Iniciativa LEAD) desde 2000; recibió la Medalla Alfonso Caso a la mejor tesis de doctorado (2002); Tercer lugar en el Premio Estudios Agrarios (2003); Candidata al Premio Universidad Nacional 2008; Miembro del Jurado del Premio Universidad de la UNAM (2013) y recibió el Reconocimiento Sor Juana Inés de la Cruz (2015).

## Pinilla Herrera María Carolina

Ecóloga con experiencia en investigación, planeación, monitoreo y evaluación de proyectos socioambientales con énfasis en transformación, conservación y restauración de ecosistemas amazónicos, de alta montaña tropical y paisajes rurales. Consultora senior para la Fundación Natura Colombia, El Centro Internacional de Física, Instituto Alexander von Humboldt y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Educación (CATIE).

## Pinto Castillo José Francisco

Profesor de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Licenciado en Informática. Cursó una maestría en administración y se ha especializado en sistemas de información geográfica y análisis espacial en salud. Ha participado en diversos proyectos financiado por CONACyT e instituciones internacionales en temas como: análisis espacial, sistemas de información geográfica y modelación de riesgos, conjuntamente con el grupo The Vulnerability and Risk Analysis & Mapping (VRAM) de la OMS, modelación de amenazas naturales y biológicas en escenarios de cambio climático dentro del Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP-INSP), Tapachula Chiapas. Co-autor del libro E-atlas para los riesgos de desastres, aplicación a México, metodologías y procesos de implementación, publicado por Códice Roseta.

## Ramírez García Adán Guillermo

Ingeniero en Agroecología por la Universidad Autónoma Chapingo (1996); Maestro en Ciencias en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional por el Colegio de Postgraduados (1999) y Doctor en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (2012). Las líneas de investigación que desarrolla son: Gestión del desarrollo rural, Planeación participativa del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales e innovación y desarrollo comunitario. Dentro de los proyectos que ha coordinado destacan: Ordenamientos ecológicos del territorio; Fortalecimiento de las capacidades institucionales, Monitoreo y evaluación participativa en la región Sur de Sonora; así como la Evaluación de estrategia de cobertura y focalización del programa de conservación para el desarrollo sostenible (PROCODES). Fungió como Coordinador del Centro Estatal de Capacitación y Seguimiento de la Calidad de los Servicios Profesionales del Estado de Sonora (CECS). Pertenece al núcleo de profesores de la Maestría en Gestión del Desarrollo Rural.

## Ramsey Willoquet Janine Madeleine

Bióloga por la Universidad de Maryland (USA) y PhD por la Universidad de Georgetown (USA). Es profesora-investigadora del Instituto Nacional de Salud Pública, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores Nivel III, y tiene más de 75 artículos publicados en revistas arbitradas sobre estudios de enfermedades transmitidas por vectores, zoonoses y análisis espacial de nicho, modelaje de desastres naturales y de cambio climático. Es editora de cuatro libros y de dos capítulos de libro. Ha sido responsable de 26 proyectos de investigación a nivel nacional e internacional, y ha colaborado en otros 7 proyectos internacionales. Tiene numerosas ponencias internacionales e nacionales, ha sido consultora para OPS/OMS, USAID, y DnDi. Es editora revisor de la revista de Ecohealth y revisora para PLOS NTD, Acta Tropica, Journal of Medical Entomology, Memorias del Inst. Oswaldo Cruz, y American Journal of Tropical Medicina and Hygiene. Actualmente participa en la red NHEPACHA (Nuevas herramientas para el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de Chagas) y de AMEPACH (Asociación Mexicana para personas afectadas por la enfermedad de Chagas).

## Rebollar Plata Minerva

Estudió Ingeniería Geológica, Maestría en Ciencias y Doctorado en Ciencias Geológicas. Posee amplia experiencia en el campo de los sistemas de información geográfica y geomática. Su desempaño académico actual versa sobre el análisis geofísico del paisaje bajo la perspectiva del riesgo ambiental y la vulnerabilidad social que acontece por los impactos de las actividades humanas. Una de sus fortalezas como investigadora es la de conducir con gran eficiencia a los alumnos de posgrado, principalmente, en el desarrollo de sus proyectos de investigación, de tal forma que con ellos tiene varias publicaciones y presentaciones en congresos internacionales e internacionales. Actualmente es la profesora decana del CIIEMAD.

## Riojas Rodríguez Horacio

Licenciado en Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestro en Ciencias con Área de Concentración en Salud Ambiental, Escuela de Salud Pública de México. Doctor en Ciencias de la Salud Pública con Área de Concentración en Epidemiología. Escuela de Salud Pública de México. Desde el año 2003 se desempeña como Director de Área dentro del Centro de Investigación en Salud Poblacional, dentro del área de Dirección de Salud Ambiental. Entre sus principales publicaciones destacan Riojas-Rodríguez, H., Escamilla-Cejudo, J., González-Hermosillo, J. Téllez-Rojo, M., Vallejo, M. et al. (2006) Personal PM 2.5 and CO exposures and heart rate variability in





subjects with known ischemic heart disease in Mexico City. *Revista J Expo Anal Environ Epidemiol*, 16(2), 131-137. También, Riojas-Rodríguez, H., Holguin, F. González-Hermosillo, A. y Romieu, I. (2006) Uso de la variabilidad de la frecuencia cardiaca como marcador de los efectos cardiovasculares asociados con la contaminación del aire. México: *Salud Publica*. 48(4), 348- 357.

## Rodríguez Espinosa Pedro Francisco

Doctor en Ciencias en Tecnología Avanzada. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional. Es miembro del Consejo de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano Sustentable del Movimiento Ciudadano, Tampico, Tamaulipas, desde agosto del 2008. Integrante del Consejo Consultivo del Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Altamira, desde octubre del 2006. Consejero Consultivo Master Ambiental de Movimiento Ciudadano en Tampico, desde julio del 2005. Y desde el mismo año, también es Integrante del Comité Consultivo Mixto de Supervisión del Relleno Sanitario de Altamira. Miembro del Grupo Especializado del Consejo de Cuenca del Río Pánuco Comisión Nacional del Agua desde el año 2004. Becario de Exclusividad de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) del Instituto Politécnico Nacional de 1997 a la fecha. Recibió la Distinción al Mérito Politécnico como "Profesor Decano" en 2006. Ha sido responsable de los proyectos: Detección de Metales Pesados en Agua Residual y Sedimentos y de su Utilización para Riego Mediante Análisis Fisicoquímicos y sondeos Electromagnéticos, en el Parque Ecológico del Lago de Texcoco, Estado de México (convenio SGIH-GUR-IPN-10-001-RF-CC, año 2010), y del Plan Estratégico para el Desarrollo Sustentable de Valsequillo y su Zona de Influencia, Parte 1, (Trabajo realizado para la SEMARNAT entre 2009 y 2011). Sus líneas de investigación son: Estudios Geoambientales, Geoestadística y Geomática Ambiental Aplicada.

## Rodríguez Zúñiga María Teresa

Tiene una maestría en Ciencias Ambientales por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México y es Bióloga por la Facultad de Estudios Superiores Iztacala también de la UNAM, ambas tesis las desarrolló en el ámbito del ecosistema de manglar utilizando técnicas de percepción remota. Es especialista en el manejo de imágenes satelitales para identificación de este tipo de vegetación en la Subcoordinación de Percepción Remota de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) desde 2005, en donde es responsable del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México. Ha trabajado también en el seguimiento de proyectos de biodiversidad en general y de restauración ecológica. Es coautora de dos libros de manglares de México y de algunos artículos científicos y de divulgación sobre el tema, así como de tres capítulos de libro.

## Rodríguez Velázquez Daniel

Profesor titular de carrera de la Escuela Nacional de Trabajo Social (ENTS) de la UNAM.
Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Xochimilco. Líneas de investigación: cambio climático y sociedad, ordenamiento territorial y desarrollo regional, políticas públicas para la prevención de desastres. Ha sido consultor del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos en materia de adaptación ante cambio climático.

Miembro de la Red Nacional de Investigación Urbana y de la Red Mexicana de Estudios Interdisciplinarios para la Prevención de Desastres. Publicación más reciente: "El derecho a la vivienda y fallidas estrategias posdesastre en México", Bulletin del'Institut français d'études andines, 43 (3), 2014, http://bifea.revues.org/5917; DOI: 10.4000/bifea.5917.

## Rosales Nanduca Hiram

Estudió biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Sus estudios de posgrado los llevo a cabo en el programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde obtuvo el grado de Doctor. Realizó una estancia posdoctoral en el Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la UABCS. Desde el 2001 ha participado en distintos proyectos de investigación con cetáceos. Ha impartido una docena de cursos a nivel licenciatura relacionados con la mastozoología marina. En la actualidad dirige alumnos de licenciatura en temas relacionados con patrones de distribución de las especies y escenarios de cambio climático. Sus principales intereses de investigación son la ecología, la macroecología y la conservación de los cetáceos y sus ecosistemas.

## Sáenz Romero Cuauhtémoc

Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (1986). Maestría en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo (1991). Doctorado en Ciencias Forestales y Genética de Plantas en la Universidad de Wisconsin-Madison, USA (1998). Miembro del SNI nivel 2. Representante de México en el Grupo de Trabajo sobre Recursos Genéticos Forestales, Comisión Forestal de América del Norte. Su línea de investigación es sobre variación genética de caracteres cuantitativos de especies forestales, particularmente del género Pinus, con énfasis en el desarrollo de zonificación y lineamientos para decidir el movimiento de semillas y plantas en programas de reforestación, considerando los efectos del cambio climático, con base en ensayos de procedencias y modelaje del hábitat climático (contemporáneo y futuro) propicio para las especies forestales.

## Salvadeo Christian

Biólogo Marino con doctorado en Ciencias Marinas, con 12 años de experiencia sobre ecología de mamíferos marinos, pesquerías y variabilidad climática a diferentes escalas espaciales y temporales. Forma parte del Sistema Nacional de Investigadores como candidato. Cuenta con siete publicaciones en revistas científicas nacionales e internacionales, así como con 4 capítulos de libro; estos trabajos han sido citados cerca de 60 veces en los últimos cinco años. Ha participado en al menos siete proyectos nacionales relacionados con cambio climático y recursos naturales, algunos de gran trascendencia ya que sus conclusiones han sido utilizadas por el gobierno nacional como insumo para la elaboración de la quinta comunicación en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Asimismo, participó activamente en talleres, foros de consulta y congresos sobre cambio climático a nivel estatal, nacional e internacional con numerosos trabajos como primer autor o coautor.

## Sánchez Platas Liliana Eneida

Egresada del Doctorado en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México con mención honorifica 2007; Estancia posdoctoral (en curso), en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Es Profesora-Investigadora de la Universidad Tecnológica de la Mixteca desde 1998, aquí fungió como Jefa de la Carrera de Ingeniería en Diseño entre 2002-2007 y como Directora del Instituto de Diseño entre 2011-2014. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I, desde 2009. Obtuvo el Reconocimiento Perfil PROMEP desde 2004. Sus líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento son: Teoría de la Arquitectura y Arquitectura Sustentable. Ha publicación artículos, participado en congresos y concursos nacionales e internacionales.





## Sánchez González Alberto

Egresó de la carrera de Oceanología, realizó una Maestría y un Doctorado en Oceanografía Costera con especialidad en Biogeoquímica Marina y Paleoceanografía. Profesor-Investigador en el Departamento de Oceanología. Ha sido reconocido por los programas de superación académica del IPN y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel II). Ha publicado numerosos artículos científicos en Revistas Internacionales y Nacionales, pertenecientes a los índices de calidad internacional (JCR) y nacional (CONACYT). Ha publicado capítulos de libros, además de participar como ponente en Congresos Nacionales e Internacionales. Ha participado en la divulgación de la ciencia en entrevistas de Radio y Televisión, y en artículos periodísticos. Actualmente su investigación atiende los ciclos biogeoquímicos marinos y el cambio climático global con especial interés en el Pacífico Nororiental Mexicano y el Caribe Mexicano. Promueve la modernización del Laboratorio de Biogeoquímica Marina y está a cargo de equipo analítico de alta tecnología que fortalece al CICIMAR-IPN como un centro de investigaciones de renombre a nivel nacional e internacional.

## Sánchez-Torres Esqueda Gerardo

Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, en el campus Tampico-Madero. Es Licenciado en Ingeniería Civil por la Universidad Nacional Autónoma de México (1980), Ph.D. en Water Resources Engineering en la University College Station, Texas – USA, (1994). Master of Engineering in Water Resources Engineering en Pennsylvania State University, USA (1986). Desde 1985 se desempeña como Profesor-Investigador, FIANS en la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Desde el año 2004, es Presidente de la Asociación Civil Ingenieros Sin Fronteras, México. Entre sus áreas de especialidad se encuentran: Modelación hidrológica/hidráulica de cuencas hidrológicas, modelación de la disponibilidad de agua en cuencas, manejo integral de recursos hidráulicos, diseño de obras hidráulicas, modelación de cambio climático. Entre sus publicaciones más recientes son Sánchez, T-E. G. y Vargas, C. R. *Proyecciones de cambio en la precipitación mediante vías de concentración representativas a nivel cuenca*. En Tobías, J. R., Rolón, A. J. y Treviño, T. J. y Rolón, A. E. (Coords.) (2014) *Cambio climático en la zona noreste de México: Una introducción a temas de importancia regional*. México: Editorial Pearson. ISBN: 978-607-32-3017-9. Y Sánchez, T-E. G. y Vargas, C. R., Haces, Z. M. y Tobías, J. R. Análisis preliminar del impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua en la cuenca media del Río Pánuco, capítulo de la misma publicación.

## Santamaría Miranda Apolinar

Doctora en Ciencias Marinas y Costeras por la Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel Candidato. Profesora-Investigadora de tiempo completo en el IPN-CIIDIR, Sinaloa, profesor titular de las asignaturas de acuacultura y reproducción de organismos marinos. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura y 6 de maestría. Sus artículos publicados en revistas indexadas suman 12 Los proyectos con financiamiento interno que ha desarrollado han sido 15, otros 12 con presupuesto estatal y 1 con apoyo SEP-CONACyT, estos han sido en temas de reproducción, alimentación y desarrollo tecnológico del cultivo de peces marinos del género Lutjanus y de tilapias con agua dulce. Ha presentado 12 ponencias en congresos internacionales.

## Saracho López Federico José

Licenciado en Relaciones Internacionales por la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México y Maestro en Estudios en Relaciones Internacionales por el Programa de Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales de la misma institución. Realizó una estancia de Investigación en el Instituto Francés de Geopo-

lítica de la Universidad de París VIII, Vincennes- Saint- Denis. Es Profesor de Asignatura del Colegio de Geografía en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, donde imparte las materias de Geografía Política I, Geografía Política II, Geografía de Europa y Geografía de África, Asia y Oceanía. También se ha desempeñado como asesor de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN). Autor en diversas publicaciones impresas, ha participado como ponente y conferencista en foros nacionales e internacionales.

## Schramm Urrutia Yolanda

Profesora-Investigadora Ordinario de Carrera Titular Nivel "C", en la Facultad de Ciencias Marinas, desde 1998. Su área de investigación es la Ecología Molecular y Mastozoología Marina. Es Bióloga de profesión y obtuvo el grado de doctora en Ciencias en Oceanografía Costera por la Universidad Autónoma de Baja California. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, nivel 1, desde 2007. Ha publicado 12 artículos científicos en revistas arbitradas e indizadas, 1 capítulo de libro y 2 libros. Ha presentado 62 trabajos en congresos nacionales e internacionales. Ha presentado 5 conferencias por invitación. Ha coordinado 6 proyectos y participado en cinco más. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura y 9 de maestría. Participa como docente en el posgrado en Ecología Molecular y Biotecnología de la Facultad de Ciencias Marinas y en la licenciatura en Oceanología.

## Simental Franco Víctor Amaury

Licenciado en Derecho por la Universidad Nacional Autónoma de México, titulado con mención honorífica. Maestro en Derecho, graduado con mención honorífica, en la misma institución; Maestro en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo Integrado por el Instituto Politécnico Nacional, graduado con mención honorífica. Doctor en Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo por el IPN, graduado con mención honorífica. Investigador nacional, nivel I, del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT. Ha sido Director de Adquisiciones de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, Secretario Técnico de la Comisión de Transparencia y Anticorrupción de la Cámara de Diputados, Jefe de Normatividad en la SEP, Apoderado legal del ISSSTE. Profesor de la Facultad de Derecho de la UNAM; también ha sido profesor de los Consejos de la Judicatura Federal, del Distrito Federal, del Estado de México, así como del Senado de la República. Autor de los libros: Argumentación jurídica, práctica y deontología (Porrúa, 2015), La Ciudad de México, un espacio socio-urbano no sustentable (Tirant lo Blanch-UNAM, 2014), Derecho Ambiental (Limusa, 2010).

## Sosa Capistrán Dulce María

Maestra en Ciencias en Socioeconomía, Estadístca e Informática – Desarrollo Rural por el Colegio de Postgraduados, Montecillo. Licenciada en Biología por la Universidad Veracruzana, Xalapa. Líneas de investigación: estudios de género y medio ambiente en el medio rural y gestión del riesgo de desastres. Investigaciones, publicaciones y una ponencia en el "Tercer Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático" sobre vulnerabilidad diferenciada por género ante desastres naturales en zonas costeras. Actualmente colaboradora en estudio sobre la relación entre género y agua en tres regiones de México.

## Urbán Ramírez Jorge

Realizó sus estudios profesionales desde licenciatura hasta doctorado, en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tiene una larga trayectoria como investigador y profesor en la UNAM y en la UABCS. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y ha publicado más de 60 artículos en revistas arbitradas y 15 libros





o capítulos de libro. Ha dirigido más de 40 tesis de licenciatura, maestría y doctorado de estudiantes nacionales y extranjeros. Es miembro del grupo de especialistas que asesora a la autoridad científica CITES en México, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y a la Comisión Ballenera Internacional. Fue presidente de la Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina y ha sido invitado a participar y formar parte de diferentes comités, talleres y grupos de trabajo internacionales relacionados con el manejo y conservación de mamíferos marinos.

## Valdespino Castillo Patricia Margarita

Realiza investigación con énfasis en Biogeoquímica y Ecología microbiana en ambientes acuáticos. Se formó en la Facultad de Ciencias y en el Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su investigación se centra en entender los ciclos biogeoquímicos, particularmente el papel de los microorganismos. Para ello, integra las estrategias clásicas de la Limnología y la Oceanografía con nuevas metodologías de la Biología molecular, buscando entender los flujos y las transformaciones de los principales elementos en los sistemas biológicos, así como las respuestas de éstos al cambio ambiental. Actualmente es investigadora posdoctoral (SECITI/CLAF).

## Vázquez García Verónica

Doctora en Sociología por la Universidad de Carleton en Ottawa, Canadá. Es Profesora Investigadora Titular del Colegio de Postgraduados, donde realiza actividades de investigación, vinculación y docencia a nivel posgrado. Sus áreas de interés son género, medio ambiente y desarrollo rural sustentable.

Ha impartido cursos de capacitación a personal de instituciones gubernamentales, fundaciones y asociaciones civiles. Entre ellas se encuentran los gobiernos de Yucatán, Puebla, Hidalgo, Colima y Baja California Sur; el Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario; la Sociedad Mexicana Pro Derechos de la Mujer; la Asociación Mexicana de Mujeres Organizadas en Red de UNORCA y PRONATURA Chiapas.

Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II. En 1995 recibió una medalla de excelencia por su tesis doctoral y en 1997 una beca de liderazgo de la Fundación MacArthur. En 2001 obtuvo el tercer lugar en el concurso de ensayo Pensemos de nuevo al campo convocado por la Procuraduría Agraria. En 2011 fue acreedora de la Cátedra México de la Universidad de Toulouse, Francia. Fue Consejera Nacional de la SEMARNAT de 2008 a 2011. Pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias desde 2012.

## Vera Márquez Lorena Elizabeth

Se ha desempeñado en el sector público, privado y académico en temas de cooperación internacional, medio ambiente y conservación, y gobiernos locales. Ha colaborado en el área de investigación del Instituto Mora como Asistente de investigación, como apoyo en la Coordinación General de la Red Mexicana en Cooperación Internacional y Desarrollo y en diversos temas y proyectos a través de consultorías en diversas áreas. Se desempeñó en la Secretaría particular de ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, Secretaría Regional para México, Centroamérica y el Caribe, y trabajó en el área de Cooperación Internacional de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Semarnat).

## Vera Martínez Martín

Doctor en Gobierno y Administración Pública por el Instituto Universitario de Investigación José Ortega y Gasset, Universidad Complutense de Madrid, España. Asesor del Senado de la República en la LIV Legislatura, y, de la Cámara de Diputados en las legislaturas LIII, LIV, LV, LVI, LVII, LVIII, LIX, LX, LXI. Secretario Técnico del Instituto Nacional de Migración y Secretario Técnico de la Visitaduría de la Procuraduría General de la República. Profesor de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM, del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, del Instituto Internacional del Derecho y del Estado, del Instituto Gestalt Humanista, de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México y de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana, en licenciatura, maestría y doctorado. Miembro de la Red Mexicana por el Servicio Profesional de Carrera; Miembro del Consejo Asesor de la Revista Buen Gobierno; Miembro del Instituto Nacional de Administración Pública; Miembro de Defensa Ciudadana APN; Miembro de la Asociación de Estudiantes e Investigadores Mexicanos en España. Instructor de más de 100 cursos en los estados de la república, con la Auditoria Superior de la Federación y los ORFIS, con temas de finanzas estatales y evaluación de desempeño, entre otros.

## Vilaclara Fatjo Gloria

Realizó su formación profesional universitaria hasta el nivel de doctorado en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona, España. Profesora Titular de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Actualmente es la Coordinadora del Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Ha enfocado mayormente sus actividades académicas al entendimiento de la estructura y función de las aguas continentales presentes y pasadas de México. En docencia imparte asignaturas relacionadas con geobiología y Limnología. En investigación se orienta a diversos aspectos de la limnogeología, que asocia las características y dinámica de las cuencas hidrográficas con los cuerpos de agua que evolucionan en ellas, especialmente los lagos. Asimismo, trabaja con algas continentales y con los restos de algunas de ellas –como son las diatomeas y crisofíceas- tanto en condiciones actuales como en sedimentos de lagos.

## Villers Ruiz Lourdes

Es Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México (1972-1976); Maestra en Biología por la Universidad (1977-1980); y Doctora en Geografía y Ordenamiento: Opción rural, por la Universidad de París I- Sorbona y el Instituto de Geografía, Francia (1985-1989). Actualmente se dedica a la Investigación en Cambio Climático y Radiación Solar dentro del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. También se ha desempeñado como Profesor Titular de Asignatura, en la Licenciatura de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM; Profesor Titular en la Maestría en Ciencias Ambientales del Departamento de Agrobiología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala; Profesor en la Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. Orientación en Ordenamiento Territorial. Es Tutora de alumnos en Licenciatura y Posgrado en Facultad de Ciencias, Posgrado en la Escuela de Agrobiología de la Autónoma de Tlaxcala y de la Universidad Autónoma del Estado de México. Entre sus líneas de investigación destacan el Manejo de Recursos Naturales, el Ordenamiento Ecológico Territorial e Impacto Ambiental y los Ecosistemas forestales y Cambio Climático. Entre sus publicaciones recientes se encuentran: Cruz, N. X., Villers, R. L. and Gay, G. C. G. (2014) Black carbon and organic carbon emissions from wildfires in Mexico. *Atmosfera* 27 (2):165-172.; Villers-Ruiz, L., and Castañeda-Aguado (2013). Species and Plant Communities Reorganization in the Trans-Mexican Volcanic Belt under Climate Change Conditions. *Journal of Mountain Science* 10(6): 923-931. DOI: 10.1007/s11629-013-2719-0.





## Vite Pérez Miguel Ángel

Doctor en sociología por la Universidad de Alicante, España. Nivel II en el Sistema Nacional de Investigadores. Líneas de investigación: desarrollo urbano y regional, desigualdad social, violencia y vigilancia. Sus publicaciones han sido *México, Democracia y Desigualdad Social*: Un Enfoque Sociológico. México: Miguel Ángel Porrúa. (2012). Revista Espiral. Vol. XIX. No. 55. Septiembre/Diciembre. México, Universidad de Guadalajara. 2012: *Una interpretación heterodoxa de la crisis financiera global. La Nueva Desigualdad Social Mexicana*. México: Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados. 2006.

## Revisores del Volumen II del Reporte Mexicano de Cambio Climático

- **Aranda Cardoso Elionora.**
  Instituto Mora
  Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas.

- **Barragán Vázquez Francisco Javier.**
  Universidad de Colima
  Facultad de Ciencias Químicas.

- **Carvajal García María Antonia.**
  Universidad de Colima
  Facultad de Ciencias Químicas.

- **Cervantes Rosas Darío Omar.**
  Universidad de Colima
  Facultad de Ciencias Marinas.

- **Corona Jiménez Miguel Ángel.**
  Universidad Iberoamericana Puebla
  Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias en Medio Ambiente "Xabier Gorostiaga S.J."

- **Cruz Nuñez Xóchitl.**
  Universidad Nacional Autónoma de México
  Centro de Ciencias de la Atmósfera.

- **Cuevas Muñiz Alicia.**
  Universidad de Colima
  Facultad de Ciencias.

- **De la Cruz Palma Adán.**
  Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
  Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas.

- **Espinossa Hernández Iván.**
  Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
  Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas.

**Fernández Carril Luis.**
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

**López de la Cruz Jesús.**
Universidad de Colima
Facultad de Ingeniería Civil.

**López Morales Liliana.**
Universidad Pedagógica Nacional - Ajusco

**Lucatello Simone.**
Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas.

**Martínez Díaz Teresa Evangelina.**
Universidad de Colima
Facultad de Ingeniería Civil.

**Moreno Sánchez Ana Rosa.**
Universidad Nacional Autónoma de México
Depto. de Salud Pública de la Facultad de Medicina.

**Muñiz Valencia Roberto.**
Universidad de Colima
Coordinación General de Investigación Científica.

**Olivos Ortiz Aramis.**
Universidad de Colima
Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas.

**Peña Ledón Claudia Tatiana.**
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

**Quintana Solórzano Fausto.**
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

**Sosa Nuñez Gustavo Sadot.**
Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
Programa de Investigación en Cooperación Internacional, Desarrollo y Políticas Públicas.

**Universidad Nacional Autónoma de México**
**Programa de Investigación en Cambio Climático**

Impreso en México, D.F. el 20 de noviembre de 2015
Tiraje: 1,000 libros