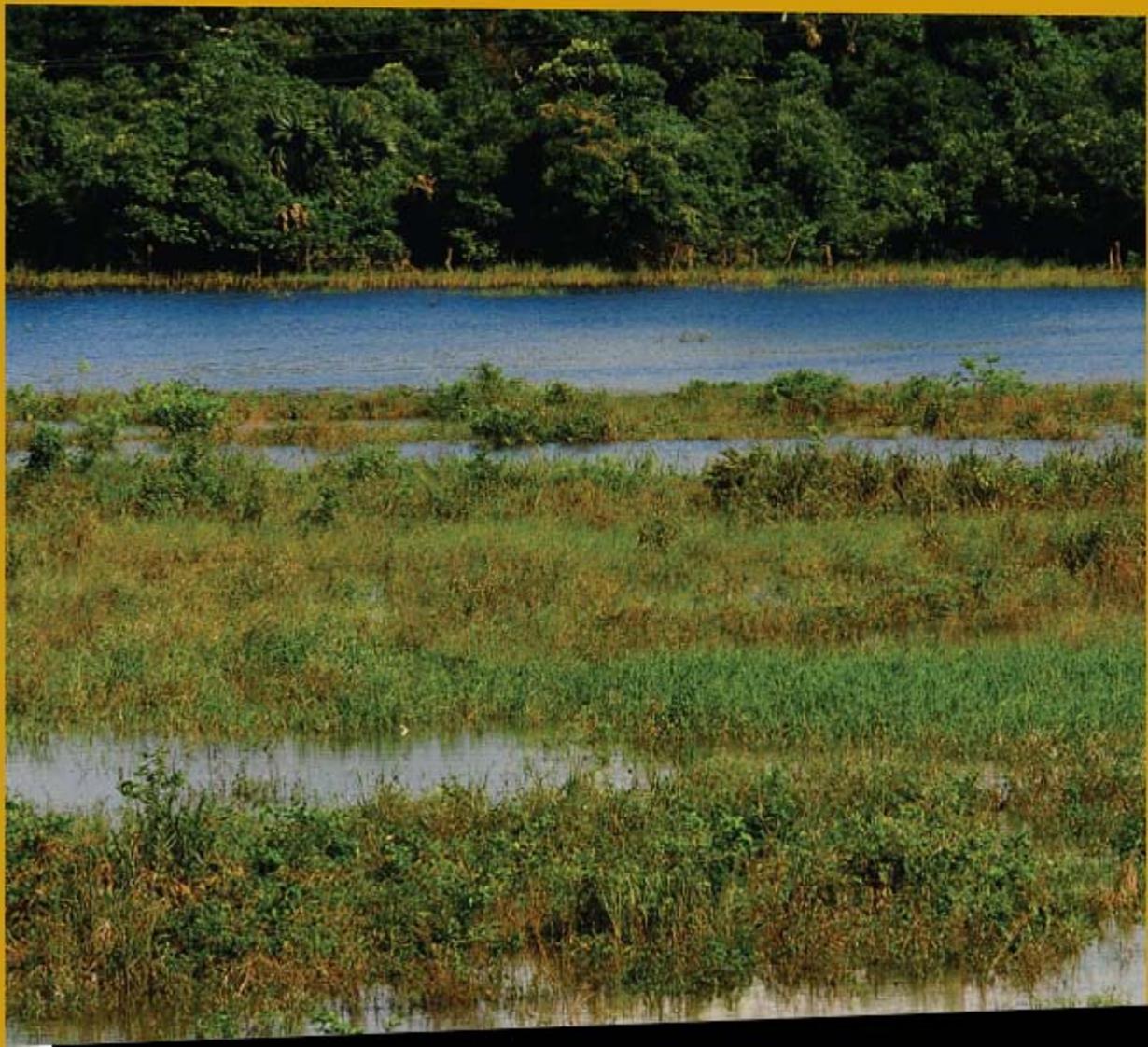


Jacinto Buenfil Friedman (editor)

Adaptación a los impactos del cambio climático  
en los humedales costeros del Golfo de México / Volumen 1

# Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México [Volumen 1]

Jacinto Buenfil Friedman (editor)





**ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
EN LOS HUMEDALES COSTEROS DEL GOLFO DE MÉXICO**

**Volumen I**



**ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO  
CLIMÁTICO EN LOS HUMEDALES COSTEROS  
DEL GOLFO DE MÉXICO**

**Volumen I**

**Jacinto Buenfil Friedman  
(editor)**

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA**

Primera edición: junio de 2009

D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)  
Periférico sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco  
C.P. 04530, México D.F.  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

CORRECCIÓN DE ESTILO Y CUIDADO DE LA EDICIÓN:  
Helena Rivas López

REVISIÓN DE CONTENIDO:  
Margarita Caso  
Miguel Ángel Altamirano  
Nora Esquivel

DISEÑO DE PORTADA:  
Álvaro Figueroa

FOTOGRAFÍA DE LA PORTADA:  
Claudio Contreras Koob

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN DE INTERIORES:  
O&A, Diseño y Comunicación Gráfica

ISBN 978-968-817-928-4  
Impreso y hecho en México

# CONTENIDO

## VOLUMEN I

Prólogo	9
Nota sobre la organización de este libro y los componentes del proyecto	11
I. Resumen ejecutivo	15
II. Executive summary	25
<b>1. Capítulo 1</b>	
<b>Antecedentes</b>	35
1.1 Objetivos del proyecto y de la publicación	37
1.2 El Golfo de México ante eventos extremos	43
1.3 Humedales: definición, servicios ambientales y amenazas	54
1.4 Sitios piloto: introducción y criterios de selección	66
1.5 Marco general de políticas de adaptación al cambio climático	79
<b>2. Capítulo 2</b>	
<b>Las medidas de adaptación: acciones para “ganar-ganar”</b>	103
2.1 Adaptación, un debate reciente de países selectos	105
2.2 México y su visión estratégica de adaptación al cambio climático	124
2.3 Vulnerabilidad y adaptación: definiciones, realidades e indicadores	145
2.4 Capacidad de adaptación: el camino para reducir la vulnerabilidad	163
2.5 Manejo de riesgo: prevención y adaptabilidad	175
2.6 Análisis costo-beneficio de la adaptación al cambio climático	187
<b>3. Capítulo 3</b>	
<b>Marco operativo de los modelos de adaptación</b>	203
3.1 Contexto legal e institucional para facilitar la adaptación	205
3.2 Áreas naturales protegidas y corredores biológicos	228
3.3 Ordenamientos ecológicos y territoriales	240
3.4 Los consejos de cuenca como mecanismos de gestión hídrica	255
3.5 Identificación de socios institucionales para instrumentar medidas de adaptación	272
<b>4. Capítulo 4</b>	
<b>Diagnóstico actual de la zona costera del Golfo de México</b>	279
4.1 Análisis socioeconómico de la zona costera del Golfo de México	281
4.2 Diagnóstico biofísico de la zona costera del Golfo de México	307
4.3 Diagnóstico hidrológico de la zona costera del Golfo de México	326
4.4 Diagnóstico del cambio del uso de suelo en la zona costera del Golfo de México	345
<b>Siglas y abreviaturas</b>	357
<b>Bibliografía</b>	361

## VOLUMEN II

<b>5. Descripción detallada de los sitios piloto</b>	389
5.1 Sitio piloto Río San Fernando-Laguna La Nacha	391
5.2 Sitio piloto Río Pánuco-Altamira	414
5.3 Sitio piloto Río Papaloapan-Laguna de Alvarado	435
5.4 Sitio piloto Río Coatzacoalcos-Laguna El Colorado	457
5.5 Sitio piloto Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona	480
5.6 Sitio piloto Los Petenes	503
5.7 Sitio piloto Sistema Lagunar Nichupté (Cancún)	522
5.8 Sitio piloto Sistema Lagunar Boca Paila (Punta Allen)	546
<b>6. Escenarios de cambio climático y tendencias en la zona del Golfo de México</b>	569
6.1 Escenarios de cambio climático para México	571
6.2 Escenarios de cambio climático para el Golfo de México	589
6.3 Escenarios socioeconómicos	599
6.4 Tendencias en el uso del agua	624
6.5 Tendencias en el uso de suelo	642
6.6 Escenarios de cambios locales	656
<b>7. Medidas de adaptación por sitio piloto</b>	675
7.1 Medidas generales de adaptación para la zona costera del Golfo de México	677
7.2 Marco organizativo y monitoreo de las medidas de adaptación	696
7.3 Introducción a las medidas específicas de adaptación por sitio piloto	705
7.4 Medidas específicas de adaptación: sitios San Fernando y Pánuco	715
7.5 Medidas específicas de adaptación: sitios Papaloapan y Coatzacoalcos	730
7.6 Medidas específicas de adaptación: sitios Carmen-Pajonal-Machona y Los Petenes	747
7.7 Medidas específicas de adaptación: sitios Nichupté y Boca Paila	763
<b>8. Conclusiones</b>	777
8.1 Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático	779
8.2 Caracterización de la zona costera del Golfo de México	785
8.3 Escenarios de cambio climático, socioeconómicos y de uso de recursos	795
8.4 Humedales, sitios piloto y medidas de adaptación	804
8.5 Recomendaciones	831
<b>Siglas y abreviaturas</b>	837
<b>Bibliografía</b>	841

## PRÓLOGO

El cambio climático representa, sin duda, retos importantes durante el presente siglo. Sin embargo, también generará oportunidades que sólo podremos aprovechar si estamos preparados e informados. Es el momento de evaluar la vulnerabilidad de los distintos sectores y regiones del país para planificar el proceso de adaptación a este fenómeno. Así, las acciones de política que se instrumenten podrán realizarse con un enfoque preventivo, en vez de reactivo. Además, resulta necesario determinar el impacto que tienen nuestras actividades sobre el medio ambiente al generar emisiones de gases de efecto invernadero; ello permitirá diseñar y aplicar medidas para mitigarlas. De esto dependerá la conservación de la vida humana y de otras especies.

Los cambios en el uso de suelo son el principal indicador de las actuales presiones sobre los ecosistemas costeros. La expansión de la frontera agropecuaria, el crecimiento de la mancha urbana en las principales ciudades, una mayor actividad industrial y una expansión de la infraestructura turística en zonas costeras, principalmente, han transformado el entorno y desprovisto a los humedales de su capacidad para ayudarnos a enfrentar los efectos del cambio climático.

Paradójicamente, los humedales constituyen uno de los principales sistemas naturales para regular los flujos de agua, nutrientes y captura de bióxido de carbono durante la fotosíntesis. Por ejemplo, durante las tormentas tropicales y los huracanes, las comunidades de manglar funcionan como un amortiguamiento natural, siendo de suma importancia para prevenir daños severos e inundaciones.

La relación es evidente: 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. Sin embargo, de continuar las tendencias actuales de destrucción del hábitat, podemos anticipar una mayor vulnerabilidad de los ecosistemas costeros.

Por otro lado, la contaminación del agua continúa siendo uno de los principales problemas en todas las cuencas de México. En la zona del Golfo de México y la península de Yucatán cobran particular importancia las de los ríos Pánuco, Papaloapan y Coatzacoalcos, así como la contaminación potencial del acuífero de Yucatán. Los sistemas de saneamiento y las prácticas agropecuarias actuales deben evaluarse para buscar alternativas más sostenibles de manejo.

El proyecto que dio origen a esta publicación surge del compromiso del gobierno de México para hacer frente al cambio climático, y fomentar la formación y el fortalecimiento de capacidades para la adaptación. La zona costera del Golfo de México y del Caribe mexicano es considerada como una de las más vulnerables del país por su alta exposición a eventos hidrometeorológicos extremos, la presencia de población en condiciones de riesgo, la existencia de ciudades costeras importantes, y el desarrollo de dos de las principales actividades generadoras de divisas para México: petróleo y turismo. Ambas actividades, a su vez, presentan vulnerabilidad a corto plazo ante los efectos del cambio climático.

El proyecto *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*, coordinado por el Instituto Nacional de Ecología, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la Universidad Autónoma Metropolitana, con el apoyo técnico y financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, a través del Banco Mundial, desarrollado por un grupo interdisciplinario de especialistas, surge de la necesidad de identificar y proponer potenciales medidas de adaptación para su instrumentación en el corto plazo, con el fin de atender la alta vulnerabilidad proyectada para la zona costera ante las variaciones esperadas en el clima para el presente siglo.

Este libro pretende ser una herramienta de apoyo para los tomadores de decisiones y los actores clave de la región, a fin de conocer la situación actual de la zona costera del Golfo de México, y los posibles escenarios socioeconómicos, climáticos y de uso de recursos durante el siglo XXI. Para encaminar las acciones hacia un objetivo común es preciso comprender que la adaptación se logra a largo plazo y requiere del desarrollo de capacidades. La interpretación más precisa de las variables climáticas y la creación de sistemas de alerta temprana serán particularmente importantes, pero la participación social es el factor decisivo en el proceso de adaptación.

Uno de los objetivos específicos del Programa de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología es promover la realización de estudios para la evaluación de la vulnerabilidad y la identificación de opciones de adaptación al cambio climático. Los resultados que aquí se presentan forman parte de los avances en el cumplimiento de ese compromiso. Esperamos, además, que estos resultados sirvan para fomentar un mejor manejo de recursos, la promoción de prácticas más sustentables de desarrollo en toda la zona costera del Golfo de México e incrementar la capacidad de respuesta de sus pobladores ante los efectos del cambio climático.

Dr. Adrián Fernández  
Presidente  
Instituto Nacional de Ecología

Walter Vergara  
Lead Engineer  
Latin America Environment Department  
World Bank

## **NOTA SOBRE LA ORGANIZACIÓN DE ESTE LIBRO Y LOS COMPONENTES DEL PROYECTO**

La presente publicación no está organizada de la manera tradicional, en que cada autor escribe una parte del libro de acuerdo con su especialidad, y después esas secciones se integran de forma casi independiente para obtener el producto final. De haberlo hecho de esa forma se habría obtenido una serie de capítulos diferenciados por disciplina y los aspectos normativos, socioeconómicos, biofísicos, de uso de suelo, de uso de agua, modelos de cambio climático y propuestas de adaptación a sus efectos se hubieran abordado por separado.

Los humedales de la zona costera del Golfo de México son ecosistemas complejos, de transición entre los sistemas terrestres y marinos. Debido a ello tienen una gran riqueza en biodiversidad y recursos, que sostienen múltiples actividades económicas y buena parte de la población del país. La interacción de los procesos que ahí ocurren crea sinergias y obliga a abordar las fuerzas determinantes de la salud de los humedales de manera conjunta e interdisciplinaria. Bajo este enfoque se puede obtener una visión más real del estado actual de conservación o deterioro de los humedales, así como de los posibles impactos esperados en el futuro por el cambio climático global. También obedece a la necesidad del trabajo conjunto y participativo para hacer frente a los efectos negativos del cambio climático y aprovechar los benéficos.

Fue así como surgió la presente propuesta de centrarse en los ocho humedales costeros del Golfo de México seleccionados como sitios piloto, e integrar los estudios realizados tanto para cada sitio como para la zona costera a lo largo de la publicación. La principal ventaja consiste en tener una visión amplia de lo que está sucediendo actualmente en dichos ecosistemas, de los posibles escenarios futuros de cambio climático y de las acciones necesarias para lograr una adaptación adecuada. La principal

desventaja es que las contribuciones particulares de cada autor quedan inmersas en el texto y es más difícil dar todos los créditos correspondientes a cada investigación.

En la medida de lo posible se intentó diferenciar las distintas aportaciones y hacer referencia a los autores correspondientes. Como cada estudio involucra generalmente a varias personas, al inicio de cada sección, por simplicidad, sólo se menciona al investigador principal, seguido de *et al.* (y otros). Sin embargo, cabe destacar la participación de quienes contribuyeron a la realización de este trabajo y darles el debido crédito. A continuación se presentan los distintos componentes del proyecto *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*, los autores principales, y las personas que colaboraron en su desarrollo.

- Coordinación de los estudios y actividades del proyecto, y redacción de la propuesta para la segunda fase del proyecto.  
Mauricio Cervantes Ábrego.
- Análisis de impactos antropogénicos (uso de suelo).  
Leticia Gómez Mendoza, Daniel Ocaña Nava y Carolina Neri Vidaurri.  
Los autores agradecen la colaboración de Enrique Muñoz López y Nora Esquivel.
- Análisis institucional.  
Norma Munguía Aldaraca.  
La autora agradece la colaboración de Nora Rebeca Munguía Aldaraca y José María Estrada Stevenel.
- Análisis de medidas de adaptación.  
Cuauhtémoc León Díez, Carolina Neri Vidaurri, Andrée Lilian Guigue y Marina Robles García.
- Marco lógico de las medidas de adaptación y planeación del taller participativo en Veracruz.  
Francisco Manuel Noriega Echeverría.

- Diagnóstico biofísico, ecológico y Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones (SSTD).  
Javier Bello Pineda, Leonardo Ortiz Lozano, Eduardo Ramírez Chávez, Reyna Aquino Juárez, Selene Castillo Domínguez.
- Análisis socioeconómico.  
Boris Graizbord, Emelina Nava García, Anabel Martínez Guzmán, Jaime Ramírez Muñoz, Raúl Lemus Pérez.
- Modelaje de cambio climático.  
Víctor Magaña Rueda, Baldemar Méndez Antonio, Ernesto Caetano dos Santos, Juan Matías Méndez Pérez, Edgar Pérez Pérez.
- Análisis de impactos antropogénicos (uso del agua).  
Pedro Hipólito Rodríguez Herrero, Rafael Palma Grayeb, Víctor Manuel Mondragón, Gilberto Chazaro García, Uriel Bando.



## I. RESUMEN EJECUTIVO

Este libro aborda diversos temas interrelacionados: cambio climático, humedales, desarrollo, uso de recursos, biodiversidad, riesgo, vulnerabilidad, adaptación, eventos hidrometeorológicos extremos, ecología y sustentabilidad, entre otros. El hilo conductor que los liga es un conjunto de sitios piloto seleccionados para iniciar proyectos de adaptación en respuesta al incremento esperado en la variabilidad del clima durante el presente siglo. Estos proyectos no son estudios, sino acciones reales que deben realizarse para disminuir la vulnerabilidad de la zona costera.

Los sitios piloto son humedales, palabra que para muchos puede ser sinónimo de pantanos; pero los humedales son eso y mucho más. Aunque hay numerosas definiciones, los humedales son áreas que están bajo agua ciertas partes del año. Tienen vegetación y suelos muy particulares (vegetación hidrófila, suelos hídricos), que están determinados por el régimen hidrológico y, en muchos casos, por la interacción del sistema con el mar. Algunos ejemplos comunes son ciénagas, esteros, estuarios, lagunas costeras y turberas. Cumplen funciones indispensables para el equilibrio hidrológico y climático del planeta, además de ser hábitat de numerosas especies. También son lugares sometidos a fuertes presiones por actividades humanas (deforestación, urbanización, restricción de flujos de agua). Dada su importancia en la capacidad de respuesta natural (y por lo tanto humana) a las variaciones climáticas esperadas y su actual estado de degradación, estos ecosistemas son primordiales para iniciar una adaptación adecuada.

Con base en un análisis multicriterio se seleccionaron ocho humedales costeros del Golfo de México para implementar medidas de adaptación. Algunos de ellos se

encuentran en estados de deterioro muy preocupante y donde es urgente pasar a la acción. Son los sitios piloto en sí. Otros están en mejor estado de conservación y pueden considerarse como sitios control. A continuación enumeramos los sitios seleccionados, siguiendo la línea de costa desde la frontera norte del país:

1. Río San Fernando-Laguna La Nacha, Tamaulipas (control).
2. Río Pánuco-Altamira, Tamaulipas y Veracruz (piloto).
3. Río Papaloapan-Laguna de Alvarado, Veracruz (piloto).
4. Río Coatzacoalcos-Laguna El Colorado, Veracruz (piloto).
5. Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco (control)<sup>1</sup>.
6. Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche (control).
7. Sistema Lagunar Nichupté-Cancún, Quintana Roo (piloto).
8. Sistema lagunar Boca Paila-Punta Allen (Sian Ka'an), Quintana Roo (control).

El estudio se enfocó en la costa del Golfo de México y mar Caribe, desde la frontera con Estados Unidos hasta la de Belice, por ser una región con gran biodiversidad, alta exposición ante eventos extremos del clima, con presencia de población altamente vulnerable y actividades productivas de gran importancia para el desarrollo económico del país.

Al encontrarse en la ruta directa de los ciclones formados en el Atlántico, las costas del Golfo y el Caribe son de las más vulnerables del país ante los efectos del cambio climático global. Las actividades desarrolladas en esta zona son de gran relevancia, principalmente el turismo, y la extracción y procesamiento de petróleo. Los daños causados por huracanes como *Gilberto* aún están presentes en la memoria de muchos mexicanos y nos recuerdan los costos derivados de la falta de acción en actividades preventivas. En fechas más recientes, dos huracanes pasaron por esta región en la temporada de 2005. Uno de ellos, *Emily*, causó pérdidas a la industria petrolera por 423 millones de dólares en tan sólo dos días. Los riesgos son altos y las acciones a realizar deben ser exitosas.

---

1 Los resultados de este estudio muestran que el Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona ha experimentado alteraciones ecológicas sin precedentes por las acciones humanas, pero está en proceso de devenir Área Natural Protegida.

Los humedales costeros del Golfo de México son en realidad territorios donde interactúan muchas variables, desde distintos niveles de desarrollo municipal hasta diversos procesos bioquímicos que regulan el clima. Podemos decir que el grado de presión que ejercen las actividades humanas en estos ecosistemas es la principal amenaza para su funcionamiento y conservación, a la que debemos agregar los cambios futuros en las condiciones climáticas. Las acciones de adaptación deben encaminarse a proteger y, en su caso, restaurar los procesos que dan sustento a la vida, incluida la nuestra. Los compromisos requeridos son de fondo y a largo plazo, pero ya existe un marco normativo e institucional para realizarlos y ponerlos en práctica.

Las actividades humanas utilizan recursos naturales. En los estudios realizados para este libro enfatizamos el uso del agua y del suelo, indispensables para el sustento tanto de la biodiversidad como de los seres humanos.

La situación del agua es poco prometedora. Los acuíferos en ciudades importantes como Tampico y Coatzacoalcos están sobreexplotados, y la demanda seguirá incrementándose por el aumento de población y el mayor desarrollo de la zona costera. La eficiencia en el manejo del recurso debe incrementarse en todos los sectores, pero el más crítico es el agropecuario, al utilizar la mayor cantidad de agua con bajos rendimientos. La contaminación generada por aguas residuales urbanas e industriales sin tratamiento, escurrimientos agrícolas con fertilizantes y pesticidas, y derrames en la extracción, transporte y refinación del petróleo son causa de severos daños que trastornan el equilibrio ecológico. Uno de los efectos de la contaminación por exceso de nutrientes (aguas residuales y escurrimientos) es la eutrofización: las aguas claras se enturbian, el oxígeno disminuye, los peces mueren, el ecosistema se deteriora. Por tanto, uno de los principales retos es el saneamiento integral de las cuencas con mayores problemas de contaminación como las de los ríos Pánuco, Papaloapan y Coatzacoalcos. La tarea no es fácil, sobre todo si se considera la gran superficie y la cuantiosa inversión en sistemas tradicionales o alternativos de tratamiento que esto implica.

Los humedales son lugares de alta productividad, pues son zonas de transición entre los ecosistemas terrestres y marinos. Asentamientos como Alvarado y buena parte de la población rural establecida a lo largo de la costa (Punta Allen, por ejemplo) han sobrevivido gracias a los bienes y servicios que estos ambientes proveen. En particular, la mayoría de las especies que se pescan con valor comercial y nutritivo pasan una parte de su ciclo de vida en los humedales. Por ello, cambios en la hidrología a causa de, por ejemplo, la construcción de presas, la deforestación o el aumento del nivel del mar ponen en riesgo la subsistencia de miles de personas.

La deforestación ocurre por muchos motivos, los principales son la expansión de las actividades agropecuarias y la creación de infraestructura urbana e industrial (incluyendo al turismo). Los estudios realizados demuestran que este fenómeno está ocurriendo tanto en las partes altas de las cuencas como en las planicies de inundación, lo que genera cambios en los escurrimientos. El cambio en el uso del suelo altera el ciclo hidrológico, pues implica mayores escurrimientos y menor infiltración; es decir, más sedimentos acarreados hacia las bocas de comunicación con el mar y menos agua en los acuíferos para alimentar a los ecosistemas y sostener las actividades productivas que dependen de ellos. Esto se traduce en el azolve y desecación de los humedales, con la consecuente pérdida en la capacidad de regulación de agua y nutrientes.

La pérdida de cobertura vegetal fragmenta los hábitats y reduce la capacidad de las especies para migrar a sitios más propicios para sobrellevar los efectos del cambio climático. Por lo tanto, una de las acciones fundamentales de adaptación es la creación de corredores biológicos que permitan el libre acceso a las especies a zonas bien conservadas. Las selvas y bosques, así como la vegetación hidrófila (en particular el manglar) están siendo deforestados a tasas alarmantes. En prácticamente toda la zona de estudio, pero sobre todo en Cancún, Coatzacoalcos, Tampico y la cuenca del Papaloapan, las medidas para forestar y reforestar son prioritarias.

Las actividades productivas y de servicios encontradas en la región son el motor de la economía de la zona costera (agricultura, ganadería, agroindustria, maquiladoras, servicios portuarios, extracción y procesamiento de petróleo, pesca, acuicultura, turismo, entre otros). Todas ellas dependen de los espacios físicos y los bienes y servicios que proveen los ecosistemas. Sin embargo, el desarrollo económico influye en las emisiones de gases de efecto invernadero y, a su vez, en la magnitud del cambio que puede esperarse en el clima. Esto repercute en la salud de los humedales y su capacidad para sostener a la población que en ellos habita y en las actividades productivas ahí desarrolladas. Las relaciones no son simples, pues son mecanismos que se retroalimentan.

Las tendencias actuales de desarrollo permiten elaborar proyecciones a futuro, con base en los resultados de modelos de circulación general del clima. Estas proyecciones son de suma importancia para planificar estrategias de adaptación al cambio climático. Los escenarios obtenidos son una especie de fotografía del estado futuro del clima y las condiciones socioeconómicas esperadas, de cumplirse ciertas suposiciones. Para llegar a un posible escenario se necesitan muchos pasos y la integración

de numerosas variables que a menudo deben modelarse con información insuficiente. Todo esto acarrea incertidumbre. Por ejemplo, la incertidumbre en las emisiones de gases de efecto invernadero influye en los resultados de los distintos modelos globales del clima y las respuestas para adaptarse a los cambios dependen de la interpretación de estos resultados a escala regional. En cada paso aumenta la incertidumbre.

Los cambios ya registrados y documentados, así como las proyecciones para las próximas décadas tienen diversos niveles de incertidumbre. Sin embargo, es importante resaltar que este hecho no debe conducir a la inacción y menos justificarla. Por el contrario, debe llevar a la realización de acciones inmediatas. Siempre será mejor seguir una aproximación preventiva que tomar el riesgo de afrontar efectos catastróficos posteriores. Con la prevención, los costos socioeconómicos y ambientales serán menores.

A pesar de este panorama incierto existen algunas conclusiones derivadas de las proyecciones para la zona costera del Golfo de México hacia finales del presente siglo en las que tenemos gran certeza: los aumentos esperados en temperatura serán, en general, superiores a 2 °C e inferiores a 2.8 °C. Las ondas de calor tendrán mayor duración y frecuencia, y serán más intensas. Las lluvias extremas incrementarán su intensidad, al igual que los eventos ciclónicos. Para la precipitación media anual hay mayor incertidumbre, pero parece que no habrá grandes modificaciones.

Una vez dicho esto, cabe aclarar que si comparamos los dos escenarios socioeconómicos viables para la zona, la diferencia en las emisiones sería marcada, lo cual se traduciría en una diferencia aproximada de 1 °C adicional en el incremento de temperatura hacia finales del presente siglo. Las medidas de mitigación (eficiencia energética, control de emisiones de GEI<sup>2</sup>, energías renovables, entre otras) jugarán, por lo tanto, un papel fundamental en el estado futuro del clima. También debemos tomar en cuenta que los eventos ciclónicos no están debidamente representados en el balance de lluvias y su inclusión podría incrementar el valor de las precipitaciones proyectadas. Estos fenómenos son parte importante de la precipitación total durante el año, pero para cuantificar su contribución es preciso contar con una alta resolución espacial en los modelos.

Las variaciones futuras en el clima tendrán efectos en la calidad de vida de la población. Los estudios para identificar la vulnerabilidad son el primer paso en un largo proceso de adaptación y es necesario continuar realizándolos con mayor detalle. Las medidas para prevenir los impactos adversos y aprovechar los beneficios del cambio

---

2 Gases de efecto invernadero.

climático global deben realizarse de manera conjunta con la población afectada. El éxito de las acciones depende del grado de apropiación que tengan en la comunidad. Los desastres ocurren por falta de preparación ante un evento natural; por lo tanto, los sistemas de alerta temprana y la participación activa de la sociedad para elaborar planes de protección civil deben ser prioritarios.

Las medidas de adaptación propuestas en este libro se basan en distintas experiencias en México y otros países. Fueron elaboradas de acuerdo con el sector afectado y la amenaza, y se busca aplicarlas de manera transversal en las políticas e instituciones nacionales. De ahí surge la propuesta de contar con sitios piloto: los lugares más vulnerables, con mayor población en situación de riesgo y exposición a impactos potenciales por eventos climáticos. Las acciones implementadas en estos sitios deben seguir un monitoreo y evaluación para determinar su efectividad y corregirse en caso de ser necesario. Si resultan ser exitosas se pueden aplicar en el ámbito nacional e internacional. De esta forma, la adaptación significaría un mejor manejo de recursos (agua y suelo); conservación de los procesos ecológicos y la biodiversidad; actividades humanas más sustentables; reducción de la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos, y mayor confianza tanto en los escenarios proyectados como en la capacidad de la población para afrontar los cambios.

Los principales mecanismos existentes para llevar a cabo la adaptación se centran en los ordenamientos ecológicos y territoriales para estados y municipios. Algunos sitios piloto se encuentran dentro de áreas naturales protegidas, donde los planes de manejo permiten un mayor control y monitoreo de las medidas que se implementen. Los consejos de cuenca también forman parte de la capacidad instalada de adaptación y son un mecanismo de participación ciudadana.

La zona costera del Golfo de México está expuesta a muchos de los impactos previstos del cambio climático. Dentro de la población más vulnerable se encuentran ancianos, niños e indígenas, así que son indispensables medidas como mejoras en la infraestructura de salud. La identificación del riesgo de los habitantes de zonas ribereñas es esencial y la reubicación de asentamientos humanos debe considerarse dentro de las opciones.

En suma, se espera que las acciones propuestas en este libro para una óptima transición al estado del clima futuro, además de crear capacidades para la adaptación, promuevan un desarrollo sustentable de la zona costera del Golfo de México.

El capítulo 1 proporciona los antecedentes del problema. En este apartado se presentan los objetivos y la justificación de la publicación y del proyecto *Adaptación*

*a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México.* Se caracteriza la zona de estudio por su vulnerabilidad ante eventos extremos del clima y sus efectos. Se detallan las principales definiciones de humedales, los servicios ambientales que prestan y las amenazas a las que se enfrentan. Una vez establecido el porqué de la elección de estos ecosistemas en general, se narran los criterios específicos y el proceso para la selección de los sitios piloto. El capítulo termina con un recuento del marco general existente para implementar medidas de adaptación al cambio climático.

El capítulo 2 se adentra en los conceptos de vulnerabilidad, adaptación y la relación entre ellos. Comienza con un recuento de los acuerdos internacionales signados por México y la forma en que distintos países han intentado adaptarse al cambio climático. Después se enfoca en los esfuerzos de México para reducir su vulnerabilidad y presenta algunos de los principales eventos climáticos del siglo XX que afectaron el país. Hay una discusión sobre las distintas definiciones de vulnerabilidad y adaptación, al igual que las principales amenazas por sector. El proceso de adaptación es presentado en detalle, así como los lineamientos generales para implementar medidas exitosas. El manejo de riesgos se establece como uno de los principales ejes para reducir la vulnerabilidad y finalmente se realiza un primer análisis del costo de los daños por eventos extremos, comparado con el de las medidas de adaptación. La conclusión es que las acciones de prevención y adaptación cuestan como mínimo cuatro y hasta diez veces menos que la reconstrucción post-desastre.

El capítulo 3 trata sobre el marco operativo existente para implementar medidas de adaptación. Comienza con una descripción de las instituciones a cargo de las políticas ambientales y de manejo de riesgos del país. Define la importancia de las áreas naturales protegidas y los corredores biológicos para contar con zonas interconectadas en buen estado de conservación. Después ahonda sobre los ordenamientos territoriales, con algunos ejemplos de estados y municipios ubicados en la zona de estudio. Este capítulo destaca la importancia de los consejos de cuenca para la gestión eficiente de los recursos hídricos y concluye con la identificación de los socios potenciales para la implementación de medidas.

En el capítulo 4 se resumen los resultados de los principales estudios técnicos realizados, como parte del proyecto, para la zona costera del Golfo de México. En primera instancia se realiza el diagnóstico socioeconómico de la región y se caracteriza a sus habitantes de acuerdo con múltiples indicadores. Al integrar diversas variables socioeconómicas se elaboraron dos índices para tener una primera estimación

de la sensibilidad y capacidad de adaptación al cambio climático de los municipios. La caracterización continúa con los aspectos biofísicos y ecológicos de la zona de estudio, enfatizando la gran diversidad ahí encontrada. Posteriormente se presenta el diagnóstico del aprovechamiento del agua, siguiendo las regiones administrativas de la Comisión Nacional del Agua. Por último, se analizan los cambios en el uso de suelo entre 1976 y el año 2000 con conclusiones contundentes sobre el grado de deterioro general de la zona.

El capítulo 5 recopila la mayoría de la información generada en los estudios de los ocho sitios piloto seleccionados. Cada uno de ellos se describe detalladamente de acuerdo con sus características físicas e hidrológicas, relevancia ecológica, características socioeconómicas, presión por actividades económicas, el uso de agua y suelo, y vulnerabilidad. Los cambios locales del clima esperados para estos lugares también se presentan, así como algunas proyecciones para el uso del suelo.

El capítulo 6 trata sobre los escenarios de cambio climático y las proyecciones en el desarrollo y uso de recursos naturales para la zona costera del Golfo de México en el presente siglo. Se introducen los escenarios utilizados en las estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero y, por consecuencia, del cambio climático global. Estos escenarios alimentan los modelos globales y regionales del clima. Se presentan los principales resultados esperados para México y la zona de estudio. En este capítulo hay un resumen del cambio probable en las principales variables socioeconómicas y de emisiones. Las tendencias posibles tanto en el uso del agua como el suelo se discuten en detalle y se relacionan con los escenarios de cambio climático. Finalmente se presentan algunos ejemplos de los resultados obtenidos al modelar los efectos locales del clima.

En el capítulo 7 se retoman las medidas de adaptación. Primero trata sobre las medidas generales que pueden aplicarse en toda la zona de estudio y la forma en que deben desarrollarse para contar con un seguimiento y evaluación adecuados. Posteriormente describe el proceso de agrupación de los sitios piloto y destaca algunas consideraciones importantes, de acuerdo con las características encontradas en los municipios. Las medidas de adaptación específicas para cada grupo de sitios piloto se elaboran en detalle, después de resumir las principales presiones y amenazas en cada humedal. También hay una discusión sobre los recursos institucionales de apoyo en la implementación de las medidas.

El capítulo 8 es una síntesis de lo más relevante de este libro. Los principales resultados de los demás capítulos se resumen ahí y se elaboran ciertas recomendaciones

para la aplicación de las medidas de adaptación. Algunas de las conclusiones generales son las siguientes:

- Para reducir la vulnerabilidad hay que incrementar la capacidad de adaptación.
- México cuenta con capacidad institucional instalada que debe aprovecharse.
- La costa del Golfo de México es prioritaria para iniciar medidas de adaptación por su alta vulnerabilidad ante los efectos previsibles del cambio climático y la gran riqueza de recursos ecológicos y económicos existentes.
- Los escenarios del uso de recursos naturales no son alentadores y se debe frenar su degradación como parte de las medidas para hacer frente al cambio climático.
- Los humedales son lugares prioritarios para implementar medidas de adaptación, porque proveen cuantiosos recursos ambientales y se encuentran sometidos a fuertes presiones por actividades humanas.
- Las medidas de adaptación sólo podrán implementarse si son adoptadas por la población que se beneficiará de los resultados o sufrirá las consecuencias.
- Las medidas aquí presentadas son a título indicativo, y deben ser cotejadas y consensuadas con la población.



## II. EXECUTIVE SUMMARY

This book addresses many interrelated topics, including climate change, wetlands, development, resource use, biodiversity, risk, vulnerability, adaptation, extreme weather events, ecology, and sustainability. These topics are linked together in this work through a set of pilot sites, which were selected for initiating adaptation projects in response to the expected increase in weather variability during this century. These projects are not research-oriented, but rather consist of a series of actions that are necessary in order to decrease the coastal region's vulnerability.

The pilot sites are all *wetlands*, a term that for many may be synonymous with swamps, but wetlands are also much more. Despite the many definitions of wetlands, in simple terms they are areas that remain under water during certain seasons of the year. Their soils and vegetation are very particular (hydric soils and hydrophytes), determined by the hydrologic regime and, in many cases, the ocean's interaction. Some examples are marshes, estuaries, coastal lagoons and bogs. Wetlands carry out essential functions in sustaining the planet's hydrologic and climatic equilibrium, in addition to providing habitat for numerous species. They are also places under strong pressure from human activities (deforestation, urbanization, water flow restrictions). Given their significance in nature's (and thus human) capacity to respond to expected climatic variations, and their current state of degradation, these ecosystems are of vital importance to begin an adequate adaptation to climate change.

On the basis of a multicriteria analysis, eight coastal wetlands in the Gulf of Mexico were chosen for implementing adaptation measures. Some of them are in a worrisome state of degradation and urgent action is needed. These could be considered the actual pilot sites. Other sites are in a better state of conservation and could be

thought of as control sites. Following the coastline from north to south, the selected sites are:

1. San Fernando River-La Nacha Lagoon, Tamaulipas (control).
2. Pánuco River-Altamira, Tamaulipas and Veracruz (pilot).
3. Papaloapan River-Alvarado Lagoon, Veracruz (pilot).
4. Coatzacoalcos River-El Colorado Lagoon, Veracruz (pilot).
5. Carmen-Pajonal-Machona Lacunar System (control)<sup>1</sup>.
6. Los Petenes Biosphere Reserve, Campeche (control).
7. Nichupté Lacunar System-Cancún, Quintana Roo (pilot).
8. Boca Paila Lacunar System-Punta Allen (Sian Ka'an), Quintana Roo (control).

This study focused on the Gulf of Mexico and Caribbean Sea coastal region, stretching from Mexico's border with the United States to its border with Belize. This region was chosen because of its great biodiversity, high exposure to extreme climatic events, highly vulnerable population and productive activities of major importance to the country's economic development.

Since the Gulf of Mexico and Caribbean coasts are located directly in the path of cyclones formed in the Atlantic, this coastal region is considered the country's most vulnerable to global climate change effects. The economic activities in this region are of great importance, including mainly tourism and oil extraction and processing. Damages caused by hurricanes like *Gilbert* are still in our memories and remind us of the costs resulting from a lack of action in preventive measures. More recently, two hurricanes passed through this area in 2005. One of them, *Emily*, caused 423 million dollars in losses to the oil industry in only two days. Risks are high, so adaptation measures must be successful.

The Gulf of Mexico's wetlands are actually areas where many variables interact, from different levels of municipal development to diverse biochemical processes that regulate the weather. It is safe to say that pressure from human activities in these ecosystems is the main threat, to which we must add future changes in climatic conditions. Actions must be geared toward protecting and, if necessary, restoring the

---

<sup>1</sup> Study results show that the Carmen-Pajonal-Machona lacunar system has suffered unprecedented ecological alterations due to human actions, but it is in the process of becoming a Natural Protected Area.

processes that sustain life (including our own). Deeply-rooted, long-term commitments must be made, but the regulatory and institutional framework necessary to fulfill such commitments is already in place.

Human activities use resources. In the studies conducted for this publication, water and land use are emphasized, since both resources are essential to sustaining biodiversity and human life.

The current status of the water issue is not encouraging. Aquifers in important cities such as Tampico and Coatzacoalcos are overexploited and water demand will continue to rise due to population growth and development in the coastal region. Water management must be increasingly efficient in all sectors, but the most critical is the agricultural and livestock sector, since it uses large quantities with low efficiencies. Water pollution stemming from untreated urban and industrial wastewater, agricultural runoff containing fertilizers and pesticides, and spills in oil extraction, transport and refining causes severe damages that upset ecological equilibrium. Pollution from excess nutrients (municipal wastewater and agricultural runoff) causes eutrofication: clear water becomes turbid, oxygen diminishes, fish die and the ecosystem deteriorates. Therefore, one of the main challenges is to promote comprehensive sanitation in watersheds with major pollution problems, such as the drainage basins of the Pánuco, Papaloapan, and Coatzacoalcos Rivers. The task at hand is not simple, especially if we consider the immense surface area involved and the large investments required in the traditional and alternative sanitation systems that must be implemented.

Wetlands are characterized by high productivity because they are transition zones (ecotones) between terrestrial and marine ecosystems. Human settlements such as Alvarado, as well as much of the rural population established along the coast (Punta Allen, for example), have survived because of the many goods and services provided by these environments. In particular, most fishing species of commercial and nutritional value spend a part of their life cycle in wetlands. This means that hydrology modifications from dam construction, deforestation or sea level rise, to name a few, pose a great risk to the subsistence of thousands of people.

Deforestation is caused by many factors, but the main ones in this area are the expansion of agricultural and livestock activities and the development of urban and industrial infrastructure (including tourism). The studies conducted thus far show this

phenomenon is occurring at both the upper portions of watersheds as well as in the floodplains, creating changes in runoff. Changes in land use alter the hydrological cycle because they usually mean more runoff and less infiltration. In other words, more sediments are carried to estuaries and less water is available in the aquifers to feed these ecosystems and sustain productive activities that depend on them. This translates into the draining/drying and sedimentation of wetlands and their subsequent loss of nutrient and water regulation capacity.

Loss of vegetative cover fragments habitats and reduces species' ability to migrate to more suitable places to withstand the impacts of climate change. Therefore, one of the fundamental adaptation measures is to create biological corridors in order to allow species free access to well-preserved areas. The deforestation of forests and woodlands as well as hydrophytes (mangroves in particular) is occurring at alarming rates. Reforestation measures are a priority in practically the entire study region, but especially in Cancun, Coatzacoalcos, Tampico and the Papaloapan watershed.

Productive and service activities along the Gulf of Mexico's coast (including agriculture, cattle raising, agro-industry, *maquiladoras*, port services, oil extraction and processing, aquaculture and tourism) are the engine for the area's economy. All of these activities depend on the physical space and services provided by wetland ecosystems. However, economic development has an impact on greenhouse gas emissions (GHG) and, in turn, on the magnitude of expected climatic changes. This has an effect on wetland health and the capacity of wetlands to sustain populations and productive activities. These relationships are not simple, since they create synergistic effects.

Current development tendencies are used to elaborate future projections, based on results from general circulation models. These projections are extremely important for planning strategies for adaptation to climate change. Each resulting scenario provides a sort of snapshot of expected socioeconomic conditions and the future state of the climate, if certain assumptions are fulfilled. Many steps must be taken and numerous variables must be integrated in order to establish a possible scenario, and often the available information is insufficient. All of this creates uncertainty. For example, the uncertainty in greenhouse gas emissions influences the results of global climate models, which, in turn, affect the regional downscaling of these results and the possible adaptation responses. Thus, uncertainty is increased at each step.

Changes already registered and documented, as well as projections for future decades have varying degrees of uncertainty. Nevertheless, it is important to note that this reality should not lead to or justify inaction. On the contrary, it should lead to immediate actions. It is better to follow a prevention-oriented estimation rather than take the risk of confronting catastrophic effects later on. With a focus on prevention, socioeconomic and environmental costs will be reduced.

Despite this uncertainty, there are some conclusions derived from projections for the Gulf region toward the end of this century, in which we have great certainty: expected temperature increases will be, in general, higher than 2 °C and lower than 2.8 °C. Heat waves will be longer, more frequent and more intense. Extreme rain events and cyclonic events will also be more intense. There is less certainty in predicting average annual precipitation, but major changes are not expected.

That said, we should clarify that if we compare both viable socioeconomic scenarios for the region, the difference in emissions will be significant, and this could translate into a 1 °C difference in the temperature increase toward the end of the century. Mitigation measures (energy efficiency, GHG emissions control, renewable energy and others) will play a fundamental role in the future climate state. We also need to consider that cyclonic events are not adequately represented in the rainfall balance and their inclusion could increase the projected precipitation values. These phenomena are an important part of total annual precipitation, but in order to quantify their contribution, models with high spatial resolution are needed.

Future climate variations will have an effect on the population's quality of life. Studies for identifying vulnerability are the first step in the long adaptation process, and it is necessary to continue these studies and with increasing detail. Measures for preventing adverse impacts and taking advantage of beneficial ones must be implemented with the population involved. Success depends on the degree to which the community takes ownership in such actions. Disasters occur when there is a lack of preparation for natural events, so priority must be given to early warning systems and civil protection plans with active social participation.

Adaptation measures proposed in this book are based on several experiences in Mexico and other countries. They were developed in accordance with the threats perceived and the sectors potentially affected. The goal is for these measures to be implemented transversally in national institutions and in policies. And this is where

the proposal for pilot sites originates, focusing on the most vulnerable places, with the largest population at risk, and high exposure to potential impacts from climatic events. The actions implemented at these sites must be followed by monitoring and evaluation, to determine their effectiveness and to indicate the necessary corrections. If the actions are successful, they may be implemented at national and international levels. And in this way adaptation will lead to better resource management (water and land), conservation of ecological processes and biodiversity, more sustainable human activities, reduction in vulnerability to extreme weather events, and greater confidence in both the projected scenarios and the population's capacity to confront the expected changes.

The main existing mechanisms for adaptation are concentrated in ecological and territorial ordinances<sup>2</sup> for states and municipalities. Some pilot sites are located within Natural Protected Areas, where management plans allow for greater control and monitoring of implemented measures. Watershed Councils<sup>3</sup> are also part of the country's installed capacity, and are mechanisms for civil participation.

The Gulf of Mexico's coastal zone is exposed to many of the expected impacts from climate change. Among the most vulnerable populations are seniors, children and indigenous groups, consequently improvement in health infrastructure is essential. Identification of risk for dwellers of riparian zones is also imperative, and settlement relocation must be considered among the options.

In sum, the actions proposed in this book for an adequate transition toward the future climatic state will not only build capacity for adaptation, but they will also promote the sustainable development of the Gulf of Mexico coastal zone.

Chapter 1 provides the background for the problem addressed here. It also presents the objectives and justification for both the book and the project jointly entitled *Adaptation to climate change: impacts on Gulf of Mexico coastal wetlands*. The study region is characterized by its vulnerability to extreme climatic events and their effects. The principal definitions of wetlands, the environmental services they provide, as well as the main threats they are confronting, are detailed. After an explanation of why these ecosystems were chosen, the specific criteria and selection process for

---

<sup>2</sup> Ordenamientos ecológicos y territoriales.

<sup>3</sup> Consejos de Cuenca.

the pilot sites are narrated. The chapter ends with a review of the existing framework for implementing measures for adaptation to climate change.

Chapter 2 addresses the concepts of vulnerability and adaptation, and the relationship between them. The chapter begins with a review of the international agreements signed by Mexico, and the ways in which several countries have tried to adapt to climate change. It then focuses on Mexico's efforts to reduce its vulnerability, and presents some of the main events that affected the country during the 20<sup>th</sup> century. There is a discussion on the varying definitions of vulnerability and adaptation, as well as the main threats for each sector. The process of adaptation and general guidelines for implementing successful measures are presented in detail. Risk management is established as one of the main focuses for reducing vulnerability. The chapter ends with an initial cost-benefit analysis comparing damages from extreme events and adaptation measures. The conclusion is that the cost of adaptation and prevention actions is at least four and up to ten times less than post-disaster reconstruction.

Chapter 3 deals with the existing operative framework for implementing adaptation measures. The chapter begins with a description of the national institutions in charge of environmental policy and risk management. It then establishes the importance of natural protected areas and biological corridors for interconnecting well-conserved areas. The next section addresses territorial ordinances, with some examples from states and municipalities in the study region. This chapter highlights the importance of Watershed Councils in the efficient management of water resources, and concludes by identifying potential partners for implementing the proposed measures.

Chapter 4 summarizes the results from the main technical studies conducted in the Gulf of Mexico coastal zone, as a component of this project. First, a socio-economic assessment is presented, along with a characterization of the region's inhabitants, according to some indicators. Two indexes were developed by combining several socioeconomic variables to arrive at a rough estimate of the municipality's sensitivity and adaptive capacity to climate change impacts. The characterization of the area continues with biophysical and ecological aspects, emphasizing the great diversity encountered. The next section presents an assessment of water use, according to the National Water Commission's administrative regions corresponding to the study area. Finally, land use changes between 1976 and 2000 are analyzed, with overwhelming conclusions as to the general state of degradation.

Chapter 5 brings together most of the information generated specifically for the eight selected pilot sites. Each site is described in detail with regard to its physical and hydrologic characteristics, ecological relevance, socioeconomic characteristics, pressure from economic activities, land and water use, and vulnerability. Local climate changes expected for these sites are also presented, as well as some projections for land use.

Chapter 6 deals with climate change scenarios, development projections and resource use for the Gulf of Mexico coastal zone during the current century. The scenarios used in estimating greenhouse gas emissions and thus global climate changes are introduced. These scenarios are integrated into global and regional climate models. The main results expected for Mexico and the study region are presented. This chapter provides a summary of expected changes in the main socioeconomic variables and emissions, through the use of probabilistic models. Tendencies in water and land use are discussed in detail and are linked to climate change scenarios. Finally, some examples of the results generated by modeling local climate effects are presented.

Chapter 7 revisits adaptation measures. It first discusses the general measures that may be implemented in the study region and the way they should be conducted for appropriate monitoring and evaluation. The next section describes how the pilot sites were regrouped, and it highlights some important considerations regarding certain characteristics observed in the municipalities. Specific adaptation measures for each group of pilot sites are detailed, after summarizing the main pressures and threats encountered in each wetland. There is also a discussion on specific institutional resources that support the implementation of such measures.

Chapter 8 synthesizes the most relevant findings of this book. The main results from the other chapters are summarized, and some recommendations are made for implementing the proposed measures. Some of the general conclusions are:

- To reduce vulnerability, adaptation capacity must be incremented.
- Mexico has installed institutional capacity, which must be used.
- The Gulf of Mexico coast is a priority for adaptation measures because of its high vulnerability to the expected effects from climate change and due to its wealth of ecological and economic resources.

- The resource-use scenarios are not promising and degradation must be halted as part of the measures for confronting climate change.
- Wetlands are prime locations for implementing adaptation measures, because they provide numerous environmental resources and are subjected to strong pressures from human activities.
- Adaptation measures can only be implemented if they are adopted by the population that will benefit from the results or suffer the consequences.
- The proposed measures are only indicative, and a consensus with the population must be reached before their implementation.



# Capítulo 1. Antecedentes

Mauricio Cervantes Ábrego

Jacinto Buenfil Friedman

Boris Graizbord

(Emelina Nava García, Anabel Martínez Guzmán,  
Jaime Ramírez Muñoz, Raúl Lemus Pérez)

Leticia Gómez Mendoza

(Daniel Ocaña Nava, Carolina Neri Vidaurri)

Javier Bello Pineda

(Leonardo Ortiz Lozano, Eduardo Ramírez Chávez,  
Reyna Aquino Juárez, Selene Castillo Domínguez)



# 1.1 Objetivos del proyecto y de la publicación

Mauricio Cervantes Ábrego  
Jacinto Buenfil Friedman

## 1.1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México* está siendo coordinado por el Instituto Nacional de Ecología (Órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y la Universidad Autónoma Metropolitana, con el apoyo técnico y financiero del Fondo para el Medioambiente Mundial, a través del Banco Mundial. Ha sido desarrollado por un grupo interdisciplinario de especialistas y surge de la necesidad de identificar y proponer potenciales medidas de adaptación para su instrumentación en el corto plazo, con el fin de atender la alta vulnerabilidad proyectada para la zona ante las variaciones esperadas en el clima para el presente siglo. Este proyecto contribuye a dar cumplimiento a los compromisos del Gobierno de México, enmarcados en el artículo 4 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

El cambio climático genera inquietudes particulares en el Golfo de México, pues es uno de los ecosistemas más extensos, productivos y ricos del planeta, y alberga a más del 75% de todos los humedales costeros del territorio nacional. Al ser zonas de transición entre los principales tributarios y el mar, los humedales del Golfo de México están considerados como los ecosistemas más productivos del país<sup>1</sup>. En ellos se ori-

---

1 Day et al., 2004.

gina el 45% del camarón, 90% de las ostras y por lo menos 40% de volumen total de la pesca nacional. La superficie total de manglares fue calculada en 475 mil ha en el año 2000 y se está perdiendo a tasas de por lo menos 1% al año desde 1976<sup>2</sup>. Los cambios en la distribución de agua y las características del flujo de ríos afectarán las funciones biológicas de los humedales, ocasionando impactos en la economía de las zonas costeras. A lo largo de esta publicación, pero en particular en la sección 1.3, se resaltan los importantes servicios ambientales que prestan los humedales y que, a final de cuentas, son el sustento de millones de mexicanos. El proyecto, por medio de las medidas de adaptación al cambio climático propuestas en este libro, busca proteger los bienes y servicios ambientales de estos ecosistemas y su rica biodiversidad.

La zona costera del Golfo de México se caracteriza por tener una alta incidencia de eventos climáticos extremos, población asentada en zonas ribereñas, índices de marginación elevados en algunos estados (por ejemplo, Veracruz) y ciudades importantes cercanas a la línea de costa (Cancún, Tampico, Coatzacoalcos). La relevancia de la zona de estudio, por las divisas generadas a través de la industria petrolera y turística, eleva los riesgos de pérdidas económicas y humanas. Con base en estas consideraciones y las proyecciones de modelos de circulación general, se identificó a la zona costera del Golfo de México como una de las de mayor vulnerabilidad en el país ante los efectos del cambio climático.

El proyecto en cuestión busca reducir la vulnerabilidad ante los impactos anticipados del cambio climático en los recursos hídricos nacionales, con un enfoque primario en los humedales costeros y sus cuencas interiores asociadas, mediante la implementación de medidas de adaptación en ocho humedales piloto del Golfo de México. Es uno de los primeros esfuerzos en el mundo para evaluar la vulnerabilidad integral de los humedales costeros ante el cambio climático y desarrollar medidas específicas para su instrumentación en tales ecosistemas.

La información generada y las lecciones aprendidas serán de mucha utilidad para México y la comunidad de naciones en general. Las soluciones específicas aplicadas en los sitios piloto pueden ser similares para varias ciudades y entidades del Golfo

---

2 Gómez *et al.*, 2007 (ver la sección 4.4 "Diagnóstico del cambio del uso de suelo en la zona costera del Golfo de México").

de México. Los problemas son, en su mayoría, comunes a toda la región, por lo que países como Estados Unidos y Cuba, que se enfrentan a amenazas similares, podrían beneficiarse de las experiencias obtenidas en el proyecto.

El proyecto proveerá apoyo en el diseño e implementación de los sistemas de monitoreo y evaluación correspondientes, para identificar tendencias y evaluar la efectividad de las medidas adoptadas. Este trabajo resume el componente técnico del proyecto, que consiste en estudios de diagnóstico y proyecciones para analizar la vulnerabilidad y los impactos del cambio climático global en la zona costera del Golfo de México y los sitios piloto en particular, así como las posibles medidas de adaptación a implementar.

Dichos estudios proporcionaron la siguiente información de base:

- Análisis de medidas de adaptación: base de datos de medidas de adaptación en otros países<sup>3</sup>; estimación de la vulnerabilidad en la costa del Golfo de México, integración de las opciones de adaptación, verificación en campo de las opciones de adaptación, programa de políticas y medidas de adaptación.
- Análisis institucional para la instrumentación de las medidas de adaptación.
- Análisis socioeconómico de la zona costera y los sitios piloto.
- Análisis biofísico y ecológico de la zona costera y los sitios piloto. Sistema de soporte para la toma de decisiones.
- Impactos antropogénicos (uso del agua y suelo) en la zona costera y los sitios piloto.
- Escenarios de cambio climático en la zona costera y los sitios piloto.

Para la implementación del proyecto deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- El éxito y la sustentabilidad de las medidas de adaptación se basan en la creación de beneficios locales. Los beneficios generados deben ser un incentivo para que las comunidades operen y mantengan el proyecto.
- El monitoreo del estado de los recursos naturales y la generación de datos climáticos es una actividad duradera, que requiere compromisos de largo plazo. Las actividades de recolección de datos y monitoreo deben sostenerse y apropiarse localmente.

---

<sup>3</sup> La base de datos puede ser consultada en el DVD interactivo que acompaña esta publicación.

- La adaptación al cambio climático es una tarea de largo plazo. Se requieren muchos años de trabajo continuo para establecer las bases de programas exitosos de adaptación. Este proyecto es un primer paso en un extenso proceso para enfrentar los crecientes retos de la adaptación al cambio climático. Los diagnósticos de vulnerabilidad y las comunicaciones nacionales juegan un papel importante para iniciarlo.
- Se requiere un mejor entendimiento de las tendencias en la región. El *Meteorological Research Institute* (MRI) de Japón tiene un convenio de colaboración con el Instituto Nacional de Ecología (INE) y el Banco Mundial, para la visualización del clima futuro en México, con apoyo del Simulador de la Tierra. Esta información ha sido esencial para formular las estrategias de adaptación.
- Es necesario tener una estructura de manejo simple y clara a través de liderazgo técnico en agencias sectoriales especializadas, puesto que éste es un proyecto multifacético.

Algunos de los beneficios esperados del proyecto incluyen:

- Reducción de la vulnerabilidad en los ecosistemas costeros piloto.
- Reducción de la incertidumbre sobre los impactos del cambio climático global.
- Atenuación de los impactos de las prácticas agropecuarias no sustentables y el desarrollo e implementación de alternativas sustentables.
- Reducción de la vulnerabilidad relacionada con la planeación y gestión del suministro de agua en áreas urbanas.
- Mayor conciencia pública sobre las necesidades de adaptación y más capacidad social e institucional para manejar ecosistemas.
- Generación de información de base como preparación para las medidas de adaptación.

El proyecto dio preferencia a medidas prácticas de adaptación *in situ*. La intención es instrumentar en el corto plazo medidas de adaptación bien definidas, con alta probabilidad de éxito, resultado de un proceso comprensivo de selección, con base en los siguientes criterios: replicabilidad, capacidad institucional, alta probabilidad de éxito y relación costo-efectividad.

### **1.1.2 OBJETIVOS DE LA PUBLICACIÓN**

La instrumentación de medidas de adaptación en los sitios piloto proveerá lecciones sustanciales sobre el impacto del cambio climático y las capacidades de adaptación de sus habitantes. Sin embargo, antes de llegar a la etapa de implementación, es indispensable diseminar el conocimiento generado para involucrar al público general en el tema; proporcionar información a los tomadores de decisiones lo más clara y objetiva posible; crear vínculos entre instituciones académicas y gubernamentales comprometidas con la zona de estudio, y proveer datos comparables para otras regiones sensibles a efectos similares. Esto ayudará a iniciar un intercambio en múltiples niveles sobre la experiencia adquirida.

Esta publicación contribuye a establecer fundamentos sólidos para la adaptación al cambio climático en el país, al integrar el conocimiento generado en el estudio base para la zona costera del Golfo de México. Los diagnósticos realizados de las presiones actuales sobre los recursos naturales no son prometedores y las proyecciones tanto climáticas como socioeconómicas para el futuro son una señal de alerta. Las medidas propuestas y los mecanismos para implementarlas se presentan como referencia para desarrollar capacidades. De ahí surge la función de proveer información accesible a tomadores de decisiones para iniciar el proceso en sus comunidades.

### **1.1.3 CONTENIDO DE LA PUBLICACIÓN**

A continuación se describe, en breve, el contenido de este libro.

En el capítulo 1 se presentan los antecedentes del proyecto y del libro, las definiciones esenciales y el proceso de selección de los sitios piloto. El capítulo 2 profundiza sobre las nociones de vulnerabilidad y adaptación, y su interacción a través del manejo de riesgos. El capítulo 3 ahonda sobre el marco normativo e institucional, para facilitar la adaptación a través de herramientas existentes. En el capítulo 4 se muestran los diagnósticos del estado biofísico, socioeconómico y del uso de recursos de la zona de estudio. El capítulo 5 describe detalladamente los sitios piloto escogidos, así como las presiones actuales y futuras por el cambio climático y las actividades humanas.

El capítulo 6 trata sobre los escenarios esperados de acuerdo con las tendencias del diagnóstico y los modelos de simulación del clima. El capítulo 7 presenta las medidas generales de adaptación para la zona costera y las medidas específicas para los sitios piloto. Finalmente, el capítulo 8 resume las conclusiones del estudio y anota algunas recomendaciones para la implementación del proyecto.

## 1.2 El Golfo de México ante eventos extremos

Boris Graizbord *et al.*

Leticia Gómez *et al.*

### 1.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS CICLONES TROPICALES EN EL GOLFO DE MÉXICO

El número y la intensidad de catástrofes naturales en los últimos años ha ido en aumento en la zona costera del Golfo de México; por ejemplo, de 1923 a 1999, se presentó un promedio de 13 huracanes. De acuerdo con el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR, por sus siglas en inglés) y el Instituto Tecnológico de Georgia, el aumento en el número de huracanes y tormentas tropicales durante los últimos cien años es paralelo al de las temperaturas marinas (cerca de 1.6 °C en ese lapso). El calentamiento marino comenzó en los años anteriores a los fuertes aumentos en la frecuencia de las tormentas tanto en el periodo que inició en 1930 como en el de 1995 y continuó en los años posteriores.

No sabemos con precisión cuántos de estos fenómenos son consecuencia natural de la evolución de la Tierra y qué porcentaje ha sido provocado por el cambio climático. Lo que sí podemos inferir del análisis de estos fenómenos es que su presencia tiene repercusiones en la población y los ecosistemas. A continuación se presenta un análisis sobre la incidencia de ciclones en el Golfo de México basado en el *Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México*<sup>1</sup>.

---

1 Rosengaus *et al.*, 2002.

En el Golfo de México, las planicies costeras tienen un ancho de hasta 300 km. Entre enero y abril, la variación de la temperatura del mar es menor que en el resto del año y su aumento es más notable en el mes de julio. A partir de noviembre, la temperatura comienza a disminuir en ambos océanos<sup>2</sup>. Estas variaciones están relacionadas con eventos climatológicos y dan cuenta de su incidencia en el área de estudio. En efecto, la temporada de ciclones inicia el 1° de junio y termina el 30 de noviembre.

En general, de acuerdo con el *Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México*, el comportamiento histórico de las trayectorias de ciclones muestra un nudo frente a las costas de Veracruz en la década de 1951-1960 (figura 1a). En tanto, para el periodo 1961-1970, es notorio un alejamiento de las trayectorias a partir de las costas, que va acentuándose hasta el periodo de 1981-1990 (figuras 1b a 1d). En el siguiente periodo, 1991-2000, se muestra una mayor actividad en la península de Yucatán, con un incremento de exposición a este tipo de fenómenos.

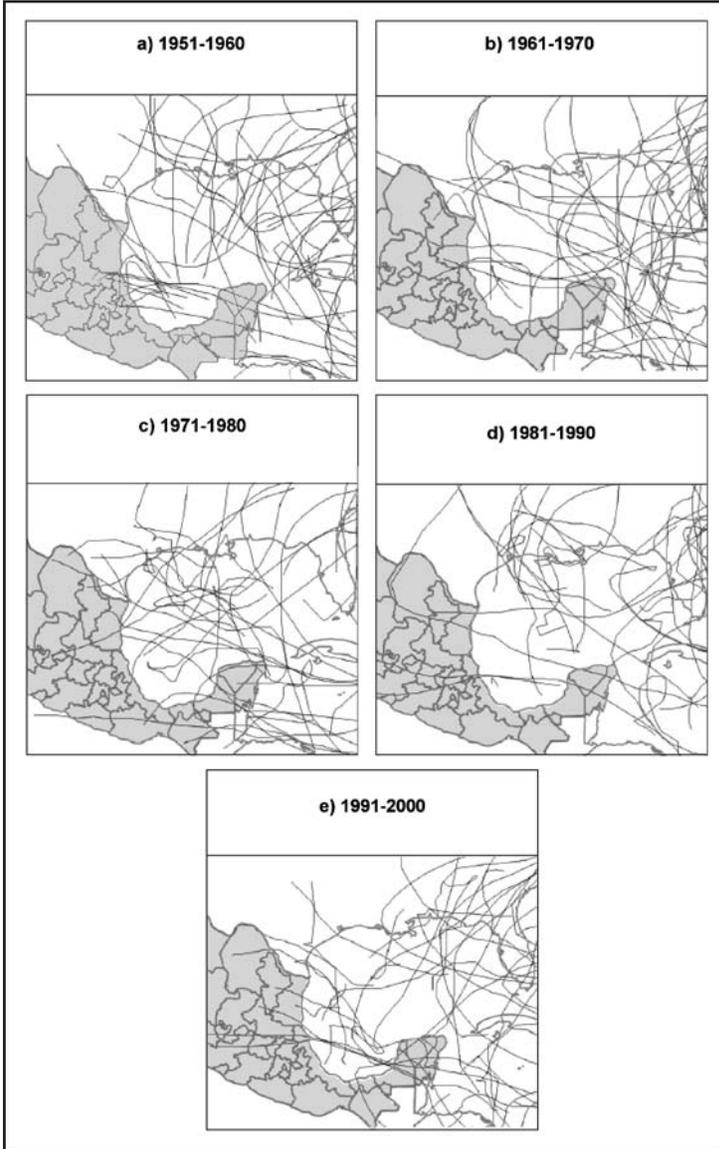
Siguiendo con los datos de 1951 a 2000, se observa la disminución del número de ciclones en los sitios donde se ubican las zonas montañosas, así como la presencia de un corredor importante de estos eventos entre la península de Yucatán y Cuba, que llega hasta las costas de Louisiana y Texas, en Estados Unidos. De igual forma, existe una acumulación de ciclones tropicales frente a Veracruz y una isólinea de veinte ciclones tropicales que corre paralela a la costa del Golfo de México, y se interna a la altura de Campeche para salir al sur de Quintana Roo (ver figura 2). En este sentido, la península de Yucatán ha estado expuesta a un promedio de más de veinte ciclones tropicales en un periodo de 150 años.

En referencia a las zonas de nacimiento de huracanes, los autores citan que una de las más importantes se localiza en el Golfo de México, frente a las costas de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche. También existe una región matriz en el Caribe, frente a las costas de Quintana Roo. En cuanto a las zonas de terminación de huracanes, existe un área densa, conformada por Tamaulipas, San Luis Potosí y el norte de Veracruz (ver figura 3).

---

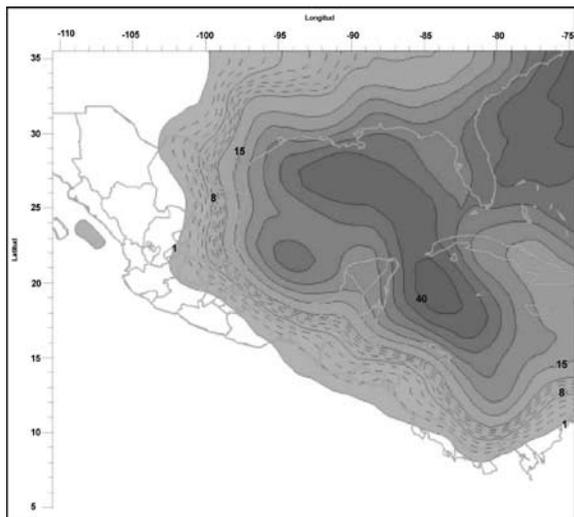
2 Rosengaus et al., 2002.

Figura 1. Trayectorias de ciclones en el Golfo de México, 1951- 2000.



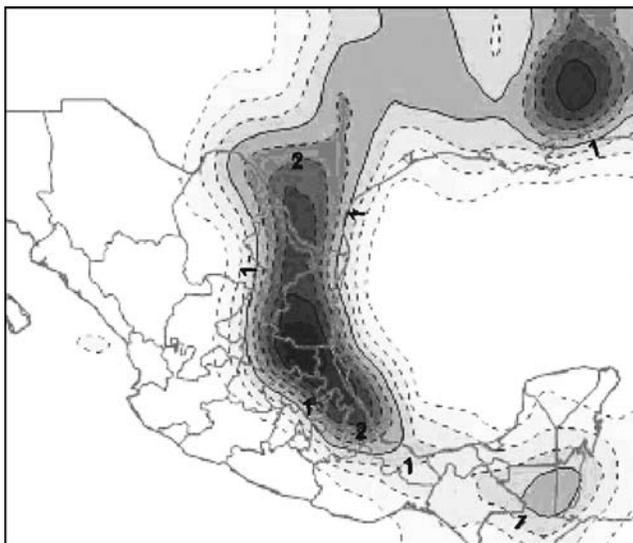
Fuente: Rosengaus *et al.*, 2002.

Figura 2. Distribución del número de tormentas tropicales y huracanes para el Atlántico norte de 1851 a 2000.



Fuente: Rosengaus *et al.*, 2002.

Figura 3. Número de finales de trayectorias, 1851-2000.

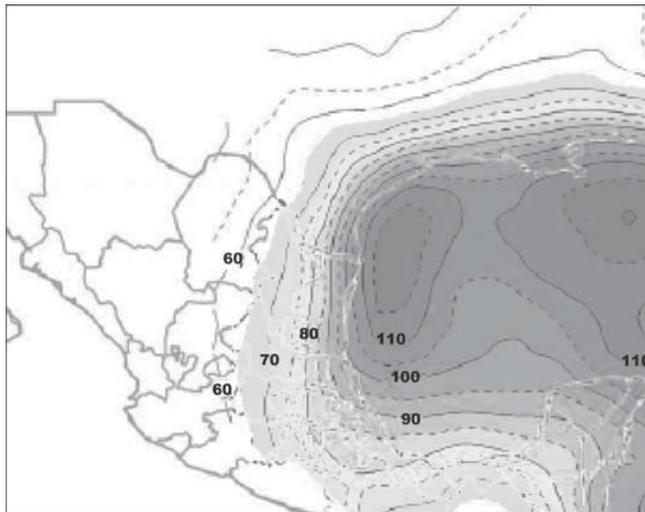


Fuente: Rosengaus *et al.*, 2002.

Para Rosengaus *et al.* (2002), septiembre registra históricamente el mayor número de ciclones. En general, al principio y al final de la temporada de ciclones, las trayectorias tienden a nacer cerca del continente americano y presentan una traslación con marcada tendencia hacia el norte.

En cuanto a la velocidad de los vientos (ver figura 4), los autores destacan que existe una zona frente a la costa de Tamaulipas y la desembocadura del río Bravo, donde en promedio ocurren velocidades altas de vientos máximos sostenidos (del orden de los 110 km/h, equivalentes a la categoría de tormenta tropical). Esto quiere decir que las poblaciones costeras de Tamaulipas deben tomar medidas adecuadas de prevención y protección, principalmente por viento, marea de tormenta y oleaje. También se señala el hecho de que las velocidades de vientos máximos sostenidos sobre la península de Yucatán sufren decrementos menos rápidos, ya que no existen montañas que provoquen grandes cambios en los vientos, por lo que sus velocidades disminuyen más lentamente al entrar a tierra. En cambio, en Tamaulipas, la Sierra Madre Oriental prácticamente detiene el efecto de los ciclones.

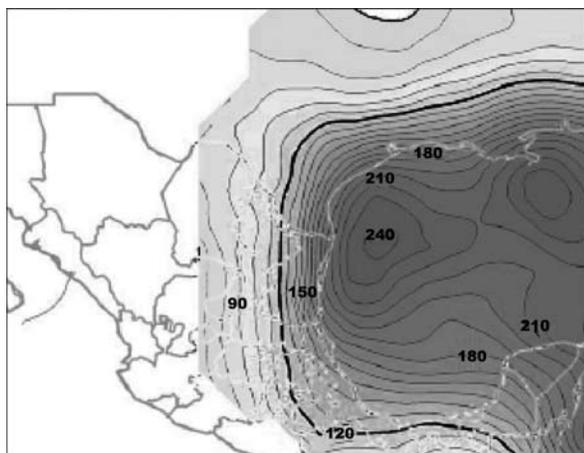
**Figura 4. Media de la velocidad de vientos máximos sostenidos (km/h) para ciclones tropicales en el Atlántico, 1851-2000.**



Fuente: Rosengaus *et al.*, 2002.

Para los vientos más fuertes, por arriba de los 120 km/h, se observa que existe una zona frente a las costas del estado de Tamaulipas con velocidades mayores a los 200 km/h (equivalentes a un huracán de categoría tres o más) y a medida que el ciclón se adentra a tierra, su velocidad disminuye (ver figura 5). También se distinguen máximos de velocidades mayores a los 200 km/h en la punta norte de la península de Yucatán, con una disminución más lenta de sus valores que en Tamaulipas.

Figura 5. Máximo de la velocidad de viento máximo sostenido (km/h) para ciclones tropicales que se han presentado en el Atlántico de 1851-2000.



Fuente: Rosengaus *et al.*, 2002.

Respecto a las trayectorias desarrolladas, los ciclones tropicales que pasan por el norte de Cuba tienen muy baja probabilidad de tocar a México. Por su parte, los que pasan al sur de Cuba muestran una mayor probabilidad de hacerlo<sup>3</sup>. En lo referente a la media de la velocidad de translación de los ciclones durante los últimos 150 años, el documento señala que los máximos valores se presentan cuando los ciclones tropicales penetran a tierra. Es decir que, en promedio, un ciclón acelera su velocidad de translación cuando toca los estados del centro y noreste del territorio, con un aumento de más de 20 km/h. También se argumenta que la media de esta velocidad permanece constante en la península de Yucatán y no sufre cambios cuando la cruza.

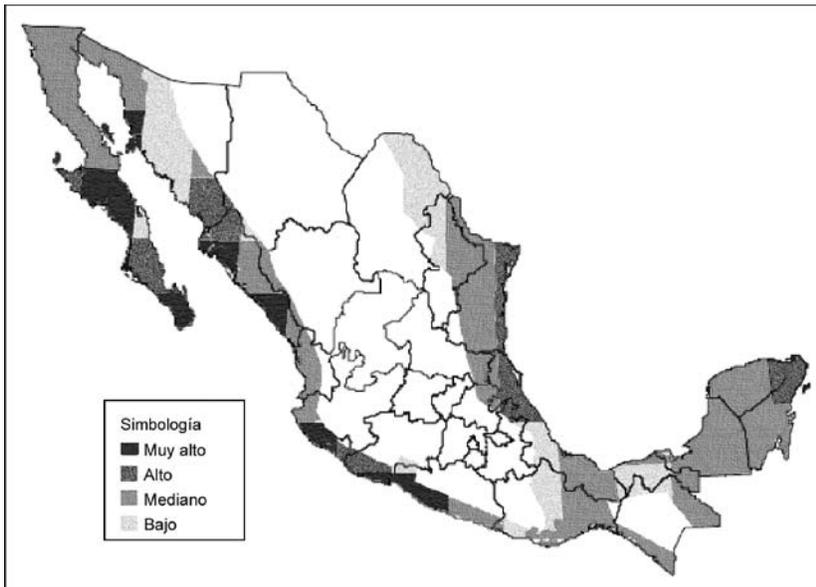
3 Rosengaus *et al.*, 2002.

Algunas de las zonas con los valores más bajos de velocidad de traslación se ubican dentro del Golfo de México, frente al estado de Veracruz, con velocidades del orden de 4 y 6 km/h, y en el mar Caribe, frente al estado de Quintana Roo, con 4 km/h. Sin embargo, al entrar a tierra, estas velocidades bajas no se pueden mantener y tienden a ser de muy alta magnitud. En promedio, 84% de los ciclones que han sucedido en las costas mexicanas del Atlántico, han registrado una velocidad de traslación igual o menor a 22 km/h; es decir, que la mayoría se mueve a bajas velocidades.

### 1.2.2 RIESGOS ANTE CICLONES Y TORMENTAS TROPICALES

La figura 6 muestra que en la zona de estudio los niveles de riesgo ante el impacto de ciclones tropicales van de bajo hasta muy alto. Las zonas de alto riesgo se localizan a lo largo de toda la costa de Tamaulipas, el norte de Veracruz y la porción nororiental de la península de Yucatán. Destaca la isla de Cozumel con muy alto riesgo.

Figura 6. Zonas del país con riesgos de impacto por ciclones.



Fuente: CENAPRED, 2001.

Por otro lado, como lo muestra el cuadro 1, las entidades con mayor porcentaje de población afectada por la ocurrencia de ciclones son Quintana Roo (30.3%), Yucatán (26.3%) y Tamaulipas (22.1%). Podemos decir que en estos estados, alrededor de tres de cada diez habitantes han sido afectados.

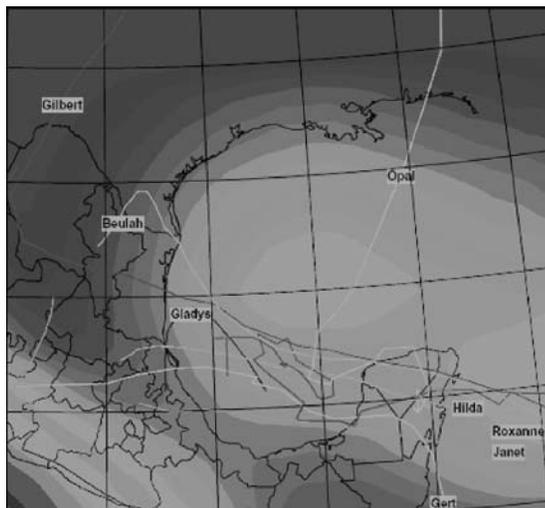
**Cuadro 1. Población parcialmente afectada por la ocurrencia de ciclones en México.**

Estado	Número de habitantes	Población afectada (%)
Campeche	642 516	19.9
Quintana Roo	703 536	30.3
Tabasco	1 748 769	10.5
Tamaulipas	2 527 328	22.1
Veracruz	6 767 624	17.7
Yucatán	1 556 622	26.3

Fuente: CENAPRED, 2001.

La trayectoria de los huracanes más destructivos de 1960 a 1995 en el Golfo de México ha sido partiendo de la península de Yucatán (afectando a Campeche, Yucatán y Quintana Roo) hacia el norte de Veracruz y norte de Tamaulipas (ver figura 7). Prácticamente, el único estado librado de esa trayectoria es Tabasco.

**Figura 7. Trayectoria de los huracanes más destructivos, 1960-1995.**



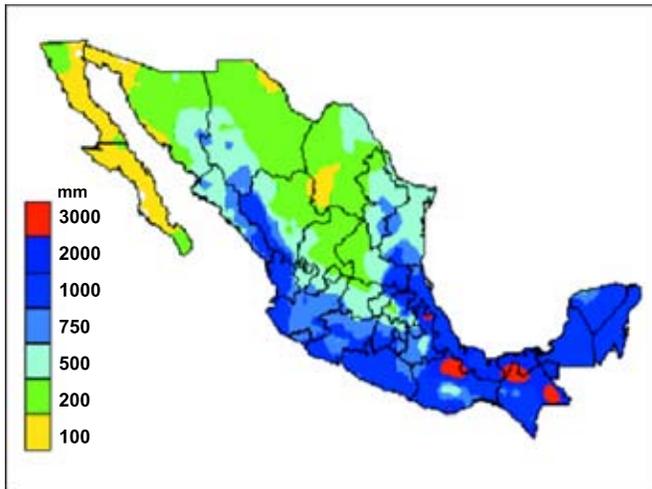
Fuente: CENAPRED, 2001.

Para una estimación de los daños causados por algunos de estos eventos, referimos al lector a las secciones 2.2 y 2.6. También se mencionan las pérdidas económicas, humanas y ecológicas en el capítulo 5 para los sitios piloto particularmente afectados por algún huracán.

### 1.2.3 PRECIPITACIONES ALTAS

Las precipitaciones son un factor de riesgo, ya que se asocian con inundaciones, desbordamiento de ríos y deslaves de terreno, entre otros efectos. En la figura 8 se puede observar que, con excepción de Tamaulipas, las entidades del Golfo de México registran precipitaciones superiores a 1 000 mm anuales. También se observan municipios con valores de 3 000 mm anuales, principalmente en Veracruz y Tabasco. El cuadro 2 presenta la precipitación media anual de los estados en la zona de estudio y todos, con excepción de Tamaulipas, muestran precipitaciones superiores al promedio nacional (777.4 mm).

Figura 8. Precipitación media anual en México.



Fuente: CENAPRED, 2001.

**Cuadro 2. Precipitación media anual por entidad federativa.**

Estado	Precipitación media anual (mm)
Campeche	1 102.70
Quintana Roo	1 251.60
Tabasco	2 432.70
Tamaulipas	772.9
Veracruz	1 459.50
Yucatán	1 118.40
Promedio nacional	777.40

Fuente: CENAPRED, 2001.

## **1.2.4 INUNDACIONES**

Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región, desbordamientos de ríos, mareas de tormenta o ascenso del nivel medio del mar; por rotura de bordos, diques, presas, o bien por las descargas de agua de los embalses. Entre los factores condicionantes de las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia; la topografía y pendiente del terreno; las características físicas de arroyos y ríos; las formas y longitudes de los cauces; el tipo de suelo, su uso y porcentaje de cobertura vegetal; la ubicación de presas, y las elevaciones de los bordos de los ríos<sup>4</sup>. La figura 9 muestra cómo las zonas con más alto riesgo de inundación en el Golfo de México se localizan en el norte de Tamaulipas, y centro de Veracruz y Tabasco.

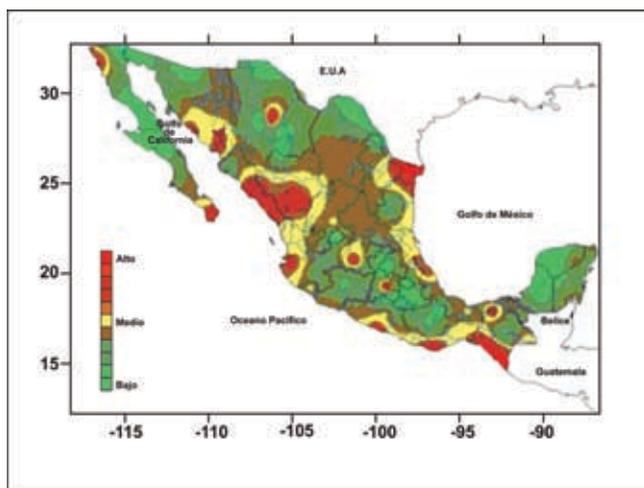
## **1.2.5 CONCLUSIONES**

A partir del análisis previo, se puede concluir que la población de la zona costera del Golfo de México es vulnerable a eventos hidrometeorológicos naturales, los cuales experimentarán modificaciones en el presente siglo bajo condiciones de cambio climático, por lo que es importante planear y actuar ahora para atenuar el impacto. En la zona de estudio hay cerca de 1.5 millones de personas, dos de las actividades que mayores divisas generan (industria petrolera y turismo) y buena parte de la tierra que provee de alimento al país. Los riesgos son altos.

---

<sup>4</sup> CENAPRED, 2001.

Figura 9. Zonas del país con riesgo de inundaciones.



Fuente: CENAPRED, 2001.

Sin embargo, los sistemas humanos no son los únicos afectados. Para algunos ecosistemas, el aumento del nivel del mar o de la temperatura juega un papel crucial. Por ejemplo, los deltas y las playas son vulnerables al ascenso del nivel del mar, pero no al ascenso de la temperatura. Los estuarios, humedales, lagunas y pastizales podrían ser moderadamente afectados por ambos escenarios. Otros ecosistemas relevantes, como los manglares y arrecifes coralinos, presentan de baja a moderada vulnerabilidad al cambio climático, pero ambos experimentan la presión de actividades antropogénicas: deforestación, sobrepesca, turismo y contaminación, entre otras. Esto es importante, pues las áreas de manglar ocupan 38% de la superficie total de la costa en relación con el resto de los componentes.

A lo largo de esta publicación se presentarán las potenciales medidas de adaptación a instrumentar, con el fin de disminuir los efectos esperados del cambio climático en los sistemas humanos y naturales. Para ello será necesario incorporarlas en las políticas públicas y hacer partícipe a la población para que se apropie de ellas.

## 1.3 Humedales: definición, servicios ambientales y amenazas

Javier Bello *et al.*

Leticia Gómez *et al.*

### 1.3.1 CLASIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE HUMEDALES

En todo el mundo, la clasificación de la zona costera y sus ecosistemas se distingue por la heterogeneidad de enfoques y criterios utilizados. Esto hace especialmente difícil llegar a un sistema global que permita una clasificación sistemática de esta zona, caracterizada por su alto dinamismo tanto en el espacio como en el tiempo.

Se han propuesto diferentes tentativas para desarrollar aproximaciones sistemáticas para la clasificación de la zona costera, que incluyen la caracterización de elementos dominantes en términos de sus propiedades físicas y biológicas, su evolución o su ocurrencia geográfica<sup>1</sup>. Muchas de estas clasificaciones han tenido un enfoque general y de amplio alcance, por lo que carecen de especificidad. Otros tipos de clasificación tienen un enfoque tan específico que no cubren unidades taxonómicas para diferentes ecosistemas costeros en latitudes tropicales. Algunos enfoques más modernos incluyen estudios sistemáticos, integrados e incluyentes de los sistemas costeros, que consideran la creciente disponibilidad de información y datos distribuidos a partir de tecnologías de punta, tales como mapas digitales integrados en sistemas de información geográfica (SIG) y los servidores de mapas a través de Internet.

---

<sup>1</sup> Finkl, 2004.

Para determinar un sistema de clasificación aplicable a los humedales costeros del Golfo de México, primero se llevó a cabo una revisión de algunos de los esfuerzos clasificatorios de los ambientes costeros desarrollados en el mundo y reportados en la literatura. A partir de esta revisión se propuso de manera preliminar y para los fines particulares de este estudio, adoptar y adaptar la clasificación y terminología utilizada por el *Millennium Ecosystem Assessment* (2005). Es importante enfatizar que actualmente existe un esfuerzo multi-institucional denominado “Inventario Nacional de Humedales”, en el cual participan, entre otros actores clave, la CONABIO, el INEGI, y por parte de la SEMARNAT, la CONAGUA, la CONANP, el INE, la Dirección General de Vida Silvestre, la Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, y la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros. El inventario permitirá mejorar el estado de conocimiento de los humedales en nuestro país, apoyar la planeación y el desarrollo de políticas en pro de los humedales, identificar aquellos de importancia nacional e internacional, y realizar estudios sobre la pérdida y degradación de los mismos.

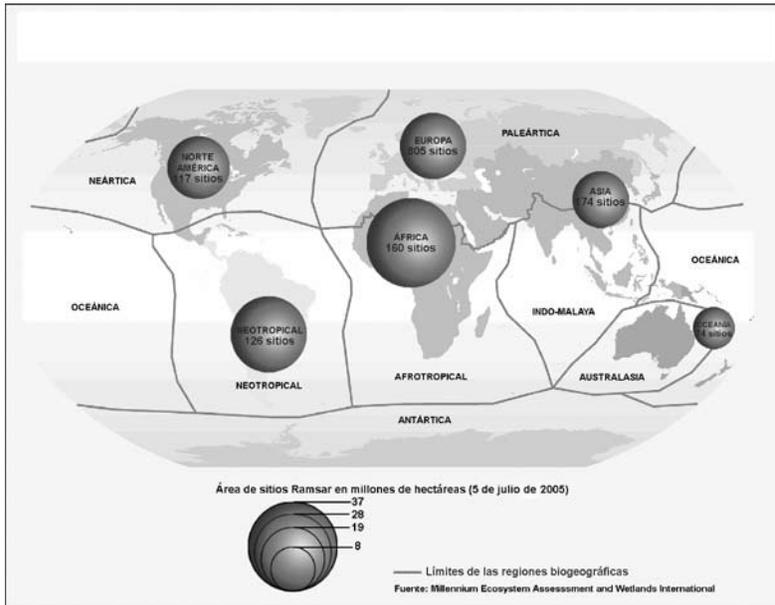
En general, las diferentes clasificaciones y definiciones de los diversos humedales en el mundo resultan muy complicadas al intentar adoptarlas para nombrar y agrupar los cuerpos de agua de una determinada región o país. Los cambios existentes a diferentes latitudes, por el origen y naturaleza de cada humedal, y por el diferente grado de conocimiento e información, no permiten identificar alguna de las clasificaciones como un sistema universal. En la bibliografía reciente existen varias definiciones de humedal, pero sin duda una de las más usadas es la establecida por la convención Ramsar<sup>2</sup>: los humedales comprenden “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

La figura 1 muestra la distribución de humedales en el mundo, catalogados bajo la convención de Ramsar.

---

2 Ramsar COP7, 1999.

Figura 1. Humedales reconocidos como sitios de relevancia internacional (sitios Ramsar) y regiones biogeográficas globalmente aceptadas.



Fuente: *Millenium Ecosystem Assessment*, 2005.

Si consideramos esta definición, los humedales comprenden zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad hasta de seis metros en marea baja; se reconocen cinco tipos principales de humedales naturales en dos grupos, como lo muestra el cuadro 1.

Cuadro 1. Cinco tipos de humedales de acuerdo con su influencia hídrica.

Costeros (con influencia oceánica)	Dulceacuícolas (de agua dulce)
<i>Marinos</i> : humedales costeros, lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral.	<i>Lacustres</i> : humedales asociados con lagos.
<i>Estuarinos</i> : deltas, marismas de marea y manglares.	<i>Ribereños</i> : humedales adyacentes a ríos y arroyos.
	<i>Palustres</i> : humedales "pantanosos" (marismas, pantanos y ciénagas).

Fuente: Bello et al., 2007.

El término humedales se refiere a una amplia variedad de hábitats interiores, costeros y marinos que comparten ciertas características. Generalmente se les identifica como áreas que se inundan temporalmente, zonas donde la capa freática aflora en la superficie o suelos de baja permeabilidad, cubiertos por agua poco profunda. El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos los caracteriza como tierras donde los niveles freáticos están cerca o arriba de la superficie por periodos de tiempo lo suficientemente extensos como para promover la formación de suelos hídricos o para soportar el crecimiento de plantas hidrófilas<sup>3</sup> (plantas que crecen sumergidas parcial o totalmente en agua).

Los humedales sustentan una importante diversidad biológica y, en muchos casos, son hábitats críticos para especies seriamente amenazadas, además de servir de áreas de refugio de muchas especies migratorias. La población invernante de aves acuáticas migratorias en México se distribuye en un 38% en los humedales de importancia de la zona costera del Pacífico (en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit), y un 35% en la zona costera del Golfo de México, particularmente en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán<sup>4</sup>.

La definición de la vegetación que conforma los humedales resulta compleja, pues existe una alta diversidad en las formas de vida que se desarrollan en ellos<sup>5</sup>. La característica común de esta vegetación es que está adaptada para vivir en zonas inundables. Para tener una idea general de los tipos de vegetación y asociaciones vegetales de los humedales, Lot (2004) identifica como vegetación característica a la selva alta y mediana inundable, bosque perennifolio inundable, manglar, tular, palmar inundable y matorral inundable.

Con el objeto de establecer un concepto operativo de "humedal" para México, que recapitule diversas definiciones y al mismo tiempo sea compatible con acuerdos internacionales (incluyendo la convención Ramsar), se retoma la definición base del *Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional de Humedales*<sup>6</sup>:

---

3 Lillesand y Kiefer, 2000.

4 Salinas et al., 2002.

5 Lot, 2004.

6 Cervantes, 2007, comunicación personal.

“Un humedal es un área de transición entre los ambientes acuáticos y terrestres, y es considerado un sistema dinámico e indivisible, como unidad funcional del paisaje, que posee un régimen hidrodinámico temporal o mareal. El agua es el factor dominante que determina la naturaleza y el desarrollo de los suelos, así como el tipo de comunidades vegetales y animales que viven en el suelo y la superficie. Los humedales están asociados con:

- Zonas de aguas corrientes y temporales como ríos y lagos.
- Aguas someras, sobre bordes (playas) de aguas continentales (cuya profundidad no rebasa los seis metros).
- Afloramientos superficiales (manantiales) y subterráneos (acuíferos cársticos).

También se incluyen aguas marinas, estuarinas e hipersalinas, que abarcan estuarios, marismas, playas de marea y zonas arrecifales. Se consideran, inclusive, sistemas artificiales creados directa e indirectamente por la actividad humana, sean de agua dulce, salada o sus diferentes mezclas, cuyos atributos sean coincidentes con las características anteriormente mencionadas”.

Para la identificación y delimitación práctica de los humedales se utilizan tres criterios, relacionados con la funcionalidad del ecosistema<sup>7</sup>:

1. *Presencia de agua*: en la superficie o dentro de la zona de raíces.
2. *Suelos hídricos*: suelos saturados, inundados o pantanosos durante el tiempo suficiente como para desarrollar condiciones anaeróbicas en su parte superior.
3. *Vegetación hidrófila*: plantas adaptadas a condiciones de inundación.

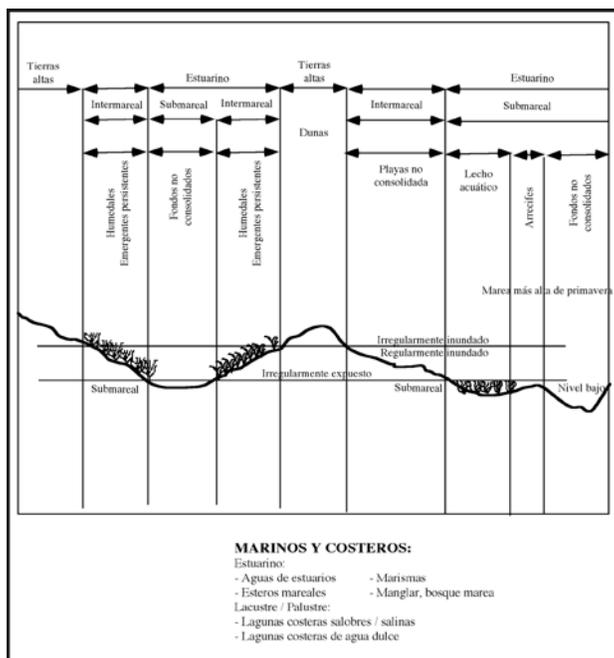
La figura 2 presenta un ecosistema estuarino, uno de los humedales predominantes de la zona de estudio.

Al considerar las definiciones anteriores, es evidente que a lo largo de la costa del Golfo de México y el Caribe mexicano se tiene una amplia diversidad de humedales. El cuadro 2 enlista los tipos de ecosistemas más representativos de la zona de estudio, y que fueron utilizados en la elaboración de las matrices de servicios ambientales e impactos.

---

<sup>7</sup> Mitsch y Gosselink, 1993.

Figura 2. Sistemas estuarinos.



Fuente: elaborado por Cervantes, 2007.

Cuadro 2. Algunos tipos de humedales representativos de la zona costera del Golfo de México.

Tipos costeros	Tipos marinos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ríos y corrientes permanentes.</li> <li>• Planicies inundables.</li> <li>• Lagunas de agua dulce.</li> <li>• Lagunas costeras.</li> <li>• Estuarios.</li> <li>• Manglares.</li> <li>• Cuevas y cenotes.</li> <li>• Pantanos.</li> <li>• Deltas.</li> <li>• Zonas intermareales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrecifes rocosos.</li> <li>• Arrecifes coralinos.</li> <li>• Pastos marinos.</li> <li>• Plataforma continental interna.</li> </ul>

Fuente: *Millennium Ecosystem Assessment*, 2005.

## 1.3.2 BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES

Los humedales proveen servicios muy importantes para el equilibrio ecológico del planeta. Entre las funciones y los valores reconocidos de los humedales destacan el proveer un hábitat para la vida silvestre y acuática; fungir como lugares de enseñanza, investigación y recreación; propiciar el reciclaje y la transformación de nutrientes; atenuar los flujos de inundación; recargar acuíferos; retener partículas y contaminantes; estabilizar los suelos, y ser uno de los ecosistemas con mayor productividad<sup>8</sup>.

La importancia de los humedales ha venido revalorándose considerablemente en todo el mundo; sin embargo, continúa un proceso alarmante de degradación de estos ecosistemas. En el *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) se hace un análisis de los principales servicios ambientales que prestan estos ecosistemas, así como las más importantes fuentes de amenaza y las tendencias esperadas para los próximos años. La situación es poco alentadora, sobre todo si consideramos que el cambio climático global será uno de los factores degradantes con mayor influencia en la fragmentación y pérdida de la estructura y función de estos sistemas en los próximos años.

De acuerdo con dicho documento de referencia, los servicios ambientales se definen como “los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas”. En el caso de los humedales incluyen apreciables beneficios sociales, económicos y ambientales en todo el mundo, y pueden dividirse en servicios de provisión, regulación y culturales.

### 1.3.2.1 Servicios de provisión

Se entiende por servicios de provisión aquellos en que los ambientes proveen de insumos al ser humano para alimentación, vestido, construcción y generación de productos secundarios. Estos servicios son comida, agua dulce, material y combustible, recursos genéticos, y productos para la industria bioquímica.

Muchos componentes de los ecosistemas de humedales proveen recursos para consumo directo del ser humano: agua de beber, pescado y fruta comestibles, cañas

---

<sup>8</sup> Convención de Ramsar sobre los humedales, 1971.

para fabricar techos, madera de construcción, turba y leña. En zonas rurales e indígenas de nuestro país existe una marcada dependencia de la extracción de productos de estos ecosistemas. Históricamente, una cantidad importante de comunidades a lo largo del Golfo de México y el Mar Caribe se han establecido cerca o incluso al interior de sistemas de humedales, por lo que su interdependencia es notable. Las actividades de supervivencia, como la pesca, dependen fuertemente de humedales sanos. Por otro lado, la cantidad de agua disponible en las comunidades depende en gran medida del agua extraída de pozos poco profundos o manantiales locales, por lo que urge implementar estrategias de manejo de recursos hídricos.

### 1.3.2.2 Servicios de regulación

Los servicios de regulación son aquellos que permiten al ser humano contar con condiciones ambientales estables; pueden ser de regulación climática e hidrológica, purificación de agua y tratamiento de desechos, regulación de la erosión y formación del suelo, regulación de riesgos naturales, control de enfermedades y pestes, refugio de biodiversidad, reciclaje de nutrientes y polinización.

En los últimos años, y ante la pérdida acelerada de estos sistemas, ha quedado en evidencia el valor de los humedales como reguladores hídricos y climáticos. En efecto, estos sistemas soportan el almacenamiento de agua, la recarga de acuíferos, la protección contra tormentas, la estabilización de las costas, el control de la erosión, y la retención de carbono, nutrientes, sedimentos y agentes contaminantes. Los humedales son importantes reguladores de la cantidad y calidad del agua, actuando como colchones hidrológicos. Por ejemplo, los humedales de llanuras de aluvión almacenan agua cuando los ríos se salen de su cauce, reduciendo el riesgo de inundación aguas abajo. Algunas comunidades vegetales de humedales eliminan toxinas y el exceso de nutrientes del agua.

Los humedales se caracterizan por un número elevado de nichos ecológicos y alojan un porcentaje apreciable de la diversidad biológica del mundo, incluidas más de diez mil especies de peces, más de cuatro mil anfibios, y numerosas especies de aves acuáticas y migratorias. El mantenimiento de diversos y complejos procesos bio-

lógicos en los que intervienen suelos, aguas, vegetación, animales y microorganismos es necesario para sostener los servicios ambientales de estos ecosistemas.

### 1.3.2.3 Servicios culturales

Los servicios culturales están relacionados con aquellas actividades sociales que, de una u otra forma, utilizan los ecosistemas como valores espirituales y de inspiración, recreación, turismo, y valores estéticos o educativos.

Los ecosistemas de humedales ofrecen posibilidades culturales, estéticas, de recreación y reflexión. La cultura mexicana ha estado históricamente vinculada con los sistemas de humedales. Civilizaciones prehispánicas como la azteca, olmeca, totonaca y maya florecieron en un vínculo directo con el uso de recursos provenientes de estos ecosistemas. Actualmente, aparte de los servicios culturales (históricos y antropológicos) estrictos, tales sistemas ofrecen una gama de oportunidades para uso recreativo, como el ecoturismo y turismo de aventura, la pesca y caza deportiva, la observación de aves, la fotografía y los deportes acuáticos. Dado que el turismo es una de las principales industrias generadoras de ingresos en todo el mundo, y en constante crecimiento, el valor económico de estas posibilidades es apreciable, sobre todo si se hace una planeación sustentable de las mismas.

El cuadro 3 resume de manera general los tipos y subtipos de servicios ambientales que proveen los diferentes sistemas de humedales en el mundo.

## 1.3.3 AMENAZAS

Si bien el efecto del cambio climático global sobre los asentamientos humanos localizados en las zonas costeras es relevante (ya sea por la incidencia de huracanes y tormentas, aumentos de temperatura o inundaciones), puede ser igual de significativo sobre la base de recursos naturales de los humedales. La combinación de ambos factores (cambio climático y presiones por actividades humanas) crean efectos sinérgicos que inciden, tanto de forma directa como indirecta, en el bienestar de la población, y los bienes y servicios provistos por los ecosistemas, así como en la biodiversidad que albergan.

**Cuadro 3. Servicios ambientales que proveen los humedales.**

Servicios	Comentarios y ejemplos
<i>De provisión</i>	
Comida	Producción de peces, animales silvestres, fruta y granos.
Agua dulce	Almacenamiento y retención de agua para usos doméstico, agrícola e industrial.
Madera y combustible	Producción de vigas, leña, turba y forraje.
Bioquímica	Extracción de medicinas y otros materiales de la biota.
Material genético	Genes resistentes a patógenos de plantas y especies ornamentales, entre otros.
<i>De regulación</i>	
Clima	Fuente y sumidero de GEI; influencia local y regional en la temperatura, precipitación y otros procesos climáticos.
Flujos hidrológicos	Recarga de acuíferos.
Purificación de agua y tratamiento de residuos	Retención, recuperación y remoción de exceso de nutrientes y otros contaminantes.
Erosión	Retención de suelos y sedimento.
Peligros naturales	Control de inundaciones, protección contra tormentas.
Polinización	Hábitat para polinizadores.
<i>Culturales</i>	
Espiritual y de inspiración	Fuente de inspiración; muchas religiones relacionan los humedales con valores espirituales y religiosos.
Recreación	Oportunidad de actividades recreativas.
Estéticos	Mucha gente encuentra belleza y valor estético en los humedales.
Educativos	Oportunidades educativas y de capacitación tanto formal como informal.
<i>De soporte</i>	
Formación de suelos	Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica.
Reciclaje de nutrientes	Almacenamiento, reciclaje, procesamiento e integración de nutrientes.

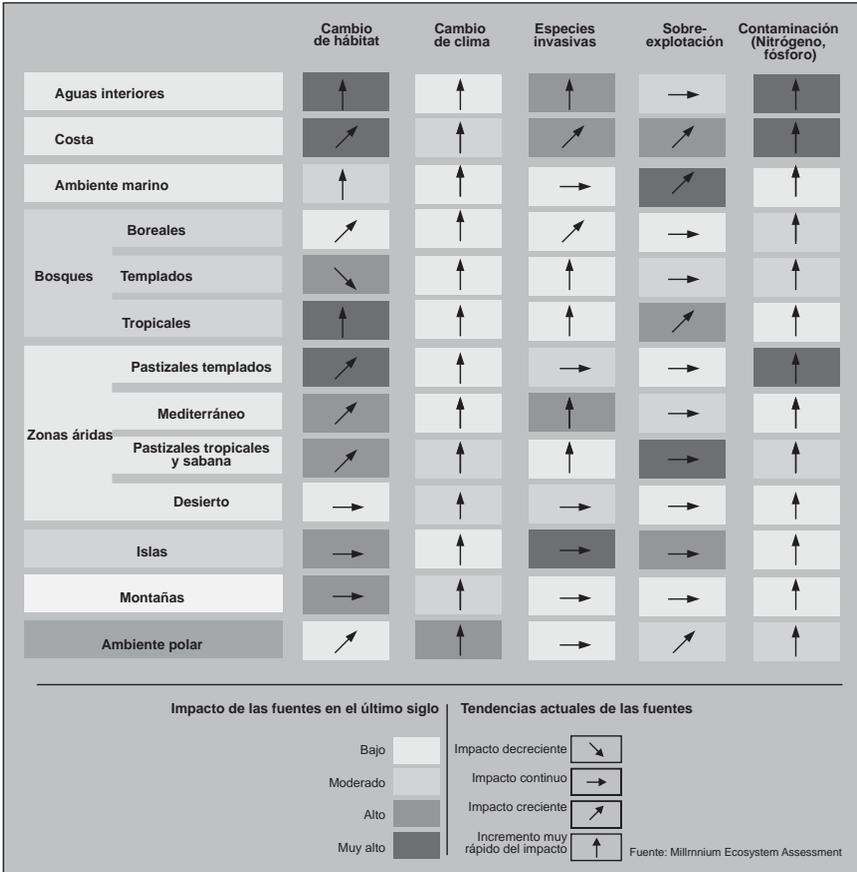
Fuente: *Millennium Ecosystem Assessment*, 2005.

En la figura 3, también extraída del *Millennium Ecosystem Assessment*, se muestran las principales fuentes de impacto y cambio sobre los humedales, y las tendencias de los mismos. El tono de grises indica la magnitud del impacto en los últimos cincuenta años; la flecha, las tendencias futuras. Como se puede observar, el cambio climático es un factor que afecta de manera gradual y su tendencia es de aumentar los impactos, por lo que es necesario buscar estrategias que permitan adaptarse a estos cambios.

En el caso particular de los humedales costeros del Golfo de México, las tendencias descritas anteriormente también son aplicables tanto por su relevancia en la provisión de servicios ambientales básicos (de los que depende una considerable parte de la economía local) como por su apremiante y, en algunos casos, alarmante situación de deterioro. Esto se debe, en buena medida, al auge del desarrollo inmobiliario y a la expansión de la frontera agropecuaria a lo largo de las costas del país en los últimos años. Estas actividades han generado una demanda enorme de recursos primarios, la destrucción y fragmentación de las comunidades vegetales, el asolvamiento de cuerpos de agua, la contaminación de los mismos por la descarga de desechos urbanos e industriales, y escurrimientos que contienen pesticidas y fertilizantes.

De tal forma queda manifiesta la trascendencia de establecer acciones y políticas para implementar esfuerzos preventivos de adaptación ante el cambio climático, por un lado, y garantizar la presencia de los bienes y servicios ambientales, así como la funcionalidad de los ecosistemas, por el otro. De ello depende, en gran medida, la calidad de vida de las poblaciones locales y regionales. Las medidas preventivas y adaptativas que se realicen deberán tener como base la capacidad local de las comunidades que se verán afectadas.

Figura 3. Fuentes de impacto sobre la biodiversidad en diferentes tipos de ecosistemas y su tendencia. El tono de grises indica la severidad del impacto en los últimos 50-100 años y las flechas indican las tendencias futuras de esos impactos.



Fuente: Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

## 1.4 Sitios piloto: introducción y criterios de selección

Javier Bello *et al.*

Mauricio Cervantes Ábrego

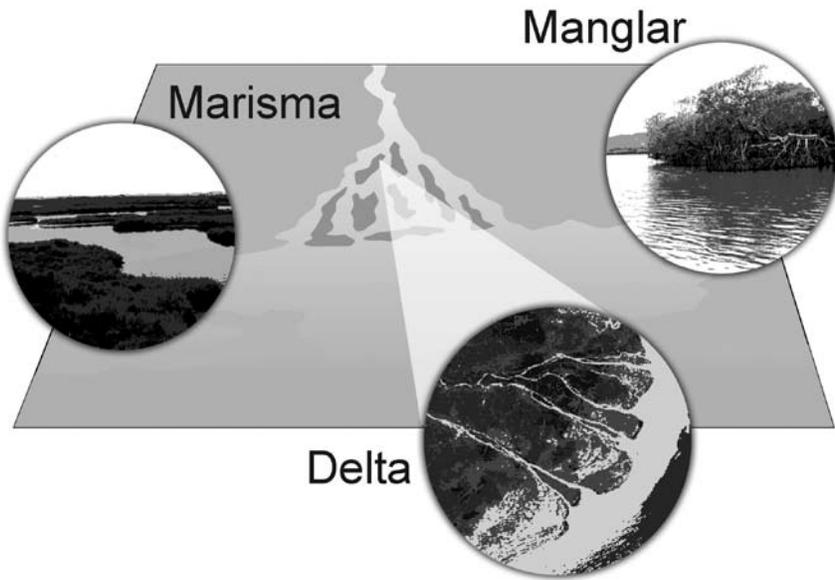
El principal objetivo de los sitios piloto es contar con lugares específicos para implementar medidas de adaptación al cambio climático y monitorear su evolución. Por tal motivo, los sitios escogidos debían ser representativos de los humedales encontrados en el Golfo de México, tanto por sus características naturales como por las presiones actuales a las que están sometidos, al igual que los impactos potenciales del cambio climático. Dado que la participación social es fundamental para llevar a cabo las medidas de adaptación, se utilizaron metodologías participativas para definir los criterios de selección y, mediante un análisis multicriterio, elegir los ocho ecosistemas piloto. A continuación se enlistan los pasos realizados.

### 1.4.1 IDENTIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS

Dentro del trabajo de caracterización biofísica, se identificaron los principales humedales de la zona costera del Golfo de México y se les asignó una clave única. Se encontraron 59 ecosistemas viables para ser considerados sitio piloto. Cada uno de estos sistemas posee, a su vez, una diversidad de humedales costeros; algunos tan grandes y complejos como la Laguna Madre, en Tamaulipas, que tiene 17 clases de humedales en casi dos millones de hectáreas. En la figura 1 se muestra la complejidad de un sistema lagunar-estuarino, pues por cada sistema existe una diversidad muy amplia de humedales.

Parte de este proceso consistió en ubicar aquellos humedales con relevancia nacional o internacional para la conservación (Área Natural Protegida, sitio Ramsar, región prioritaria de la CONABIO, Área de Importancia para la Conservación de las Aves, entre otras). Asimismo, se consideró su estado de conservación y alteración, al igual que el grado de presión de la presencia humana. En el cuadro 1 se enumeran los humedales costeros del Golfo de México, de acuerdo con la región a la que pertenecen y su designación para la conservación.

Figura 1. Sistema lagunar-estuarino.



Fuente: elaborado por Cervantes, 2007.

**Cuadro 1. Humedales costeros del Golfo de México y sus categorías de manejo existentes o propuestas.**

ID	Estado	Sitio	Categoría de manejo
<b>Costa nororiental</b>			
TM 1	Tamaulipas	Laguna Madre	ANP, RAMSAR, RTP, RMP, AICAS
TM 2	Tamaulipas	Playa de Rancho Nuevo	ANP, RAMSAR, RTP, RMP
TM 3	Tamaulipas	Laguna San Andrés	RTP, RMP, AICAS
TM 4	Tamaulipas	Laguna El Chairel	AICAS
TM 5	Tamaulipas	Estuario del río Pánuco: sistema lagunar Altamira/Ciudad Madero/Tampico	AICAS
TM 6	Tamaulipas	Río San Fernando-Laguna La Nacha	AICAS
<b>Costa centro-oriental</b>			
VZ 1	Veracruz	Laguna Pueblo Viejo	RMP
VZ 2	Veracruz	Laguna Tamiahua	RAMSAR, RTP, RMP
VZ 3	Veracruz	Laguna de Tampamachoco y río Tuxpan	RAMSAR, RTP
VZ 4	Veracruz	Arrecifes de Tuxpan	--
VZ 5	Veracruz	Barra Cazones	--
VZ 6	Veracruz	Estuario Tecolutla-Lagartos	RMP, AICAS
VZ 7	Veracruz	Ciénaga del Fuerte	ANP*
VZ 8	Veracruz	Laguna Casitas-Nautla	--
VZ 9	Veracruz	Laguna Grande Barra Nueva	--
VZ 10	Veracruz	Laguna San Agustín	--
VZ 11	Veracruz	Laguna El Llano-Farallón-La Mancha	RAMSAR, RMP, AICAS, RTP
VZ 12	Veracruz	Barra de Chachalacas	RMP, AICAS, RTP
VZ 13	Veracruz	Estuario La Antigua	RMP, AICAS, RTP
VZ 14	Veracruz	Laguna San Julián	RMP, AICAS, RTP
VZ 15	Veracruz	Sistema Arrecifal Veracruzano	ANP, RAMSAR, RMP
VZ 16	Veracruz	Sistema Lagunar Interdunario de Veracruz	RAMSAR, AICAS, RMP
VZ 17	Veracruz	Arroyo Moreno	ANP*, AICAS, RMP
VZ 18	Veracruz	Laguna de Mandinga	--
VZ 19	Veracruz	Sistema Lagunar de Alvarado	RAMSAR, AICAS, RTP, RMP
VZ 20	Veracruz	Humedales de la laguna La Popotera	RAMSAR, RMP
VZ 21	Veracruz	Laguna Sontecomapan	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
VZ 22	Veracruz	Catemaco	RTP
<b>Costa centro-sur</b>			
VZ 23	Veracruz	Laguna El Ostión	RTP, RMP
VZ 24	Veracruz	Río Coatzacoalcos	RMP
VZ 25	Veracruz	Estuario del río Tonalá	RMP

**Cuadro 1. Humedales costeros del Golfo de México y sus categorías de manejo existentes o propuestas (continuación).**

ID	Estado	Sitio	Categoría de manejo
TB 1	Tabasco	Lagunas El Carmen y Machona	RMP
TB 2	Tabasco	Laguna Tupilco-Ostión	RMP
TB 3	Tabasco	Laguna Mecoacán	AICAS, RMP
TB 4	Tabasco	Pantanos de Centla	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
CM 1	Campeche	Laguna Términos	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
<b>Costa noroccidental de la península de Yucatán</b>			
CM 2	Campeche	Los Petenes	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
YC 1	Yucatán	Río Celestún	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
YC 2	Yucatán	El Palmar	ANP*, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
YC 3	Yucatán	Arrecife Alacranes	ANP, AICAS, RMP
YC 4	Yucatán	Chuburná-Yucalpetén-Chelem-Progreso	AICAS, RMP, RTP
YC 5	Yucatán	Chicxulub -Telchac	AICAS, RMP, RTP
YC 6	Yucatán	Dzilam de Bravo	ANP*, AICAS, RMP, RTP
YC 7	Yucatán	Río Lagartos	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
QR 1	Quintana Roo	Yum Balam	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
<b>La costa del mar Caribe</b>			
QR 2	Quintana Roo	Humedales del norte de Quintana Roo	RTP, RMP
QR 3	Quintana Roo	Isla Convoy	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP
QR 4	Quintana Roo	Isla Mujeres	ANP, RMP
QR 5	Quintana Roo	Laguna de Nichupté	RMP
QR 6	Quintana Roo	Punta Cancún	ANP, RMP
QR 7	Quintana Roo	Punta Nizuc	ANP, RMP
QR 8	Quintana Roo	Arrecife de Puerto Morelos	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP
QR 9	Quintana Roo	Arrecifes de Cozumel	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP
QR 10	Quintana Roo	Humedales sur de Cozumel	AICAS, RMP
QR 11	Quintana Roo	Xcabel-Xcabelito	RAMSAR, RMP
QR 12	Quintana Roo	Tulum	ANP, RMP
QR 13	Quintana Roo	Sian Ka'an (Punta Allen)	ANP, RAMSAR, AICAS, RMP, RTP
QR 14	Quintana Roo	Banco Chinchorro	ANP, RAMSAR
QR 15	Quintana Roo	Arrecifes de Xcalak	ANP, RAMSAR
QR 16	Quintana Roo	Sistema Lagunar Bacalar	RTP, RMP

\* Área Natural Protegida Estatal.

Claves: Área Natural protegida (ANP), Sitio Ramsar (RAMSAR), Región Terrestre Prioritaria (RTP), Región Marina Prioritaria (RMP), Áreas de Importancia para Aves (AICAS).

Fuente: elaborado por Bello *et al.*, 2007.

## 1.4.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS

Los criterios de selección se definieron en un taller de trabajo, donde se reunieron los consultores del proyecto con personal del Instituto Nacional de Ecología (INE). Mediante el método de lluvia de ideas, se listaron los criterios deseables para la selección de los sitios piloto, que se presentan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Criterios propuestos de manera participativa para la selección de sitios piloto.**

Núm.	Criterio
1	Susceptibilidad a inundaciones por aumento del nivel del mar.
2	Representativo de regiones climáticas o por paisaje.
3	Alto valor económico territorial (urbano-industrial-agrícola).
4	Servicios ambientales y valor ecológico conocido (pesca, paisaje).
5	Susceptibilidad al efecto de huracanes y tormentas.
6	Tamaño de superficie manejable.
7	Viabilidad para aplicar medidas.
8	Capacidad de contrastar medidas de adaptación.
9	Consideración tanto de municipios ricos como pobres, de acuerdo con el PIB.
10	Disponibilidad de información.
11	Existencia de ordenamientos territoriales o planes de manejo.
12	Existencia de registros históricos de datos.
13	Alta presión de uso de suelo.
14	Consideración de la relación entre población urbana y rural.
15	Efecto importante de los cambios en temperatura y precipitación sobre los sistemas de producción agropecuaria.
16	Alta densidad de asentamientos rurales.
17	Denominación como zona prioritaria (CONABIO, Ramsar, INE).
18	Diversidad de uso de suelo.
19	Presencia de industrias con alto consumo de agua.
20	Áreas representativas de los tres escenarios en tendencias de precipitación respecto al cambio climático.
21	Cuencas con caudal disminuido.
22	Actividades productivas asociadas con el humedal.
23	Respaldo político.
24	Representatividad geopolítica.
25	Replicabilidad de las medidas.
26	Resiliencia y resistencia de los humedales al cambio climático global.
27	Vulnerabilidad.

**Cuadro 2. Criterios propuestos de manera participativa para la selección de sitios piloto (continuación).**

Núm.	Criterio
28	Asentamientos en zonas de riesgo.
29	Zonas con erosión de playas.
30	Zonas ganadas al mar.
31	Disponibilidad de proyecciones a mediano y largo plazos.
32	Consideración de tasas de aumento poblacional.
33	Capacidad de cartografiar los criterios.

Fuente: elaborada por el grupo de trabajo para la selección de los sitios piloto (consultores del proyecto y personal del INE).

### 1.4.3 AGRUPAMIENTO DE CRITERIOS

De la lista de 33 criterios generada en el proceso, se eliminaron aquellos que eran redundantes y el resto se agrupó de acuerdo con las categorías y subcategorías mostradas en la figura 2.

**Figura 2. Categorías de criterios para la selección de sitios piloto.**



Fuente: elaborada por el grupo de trabajo para la selección de los sitios piloto (consultores del proyecto y personal del INE).

Con estos criterios generales se redujo la lista de posibles sitios piloto a quince humedales, como se puede observar en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Lista preliminar de sistemas lagunares-estuarinos del Golfo de México y el mar Caribe.**

Núm.	Sistema lagunar-estuarino
1	Río Coatzacoalcos (Uxpanapan-laguna El Colorado).
2	Río Papaloapan (laguna de Alvarado).
3	Cancún (laguna Nichupté-Nizuc).
4	Progreso (Chuburna/Chixulub).
5	Sistema lagunar Pom-Atasta-Puerto Rico (río Palizada: río San Pedro y San Pablo).
6	Delta río Soto La Marina-laguna los Morales.
7	Río Pánuco, corredor sistema lagunar Altamira/Ciudad Madero/Tampico.
8	Sistema lagunar Carmen-Pajonal-Machona (río San Felipe, Pajonal y Santa Ana).
9	Río Hueyapan (sistema lagunar Catemaco-Sontecomapan).
10	Punta Allen (sistema lagunar Boca Paila).
11	Río Lagartos.
12	Río Celestún.
13	Sistema lagunar Tamiahua-Tampamachoco.
14	Río San Fernando-laguna La Nacha.
15	Sistema Los Petenes.

Fuente: elaborada por el grupo de trabajo para la selección de los sitios piloto (consultores del proyecto y personal del INE).

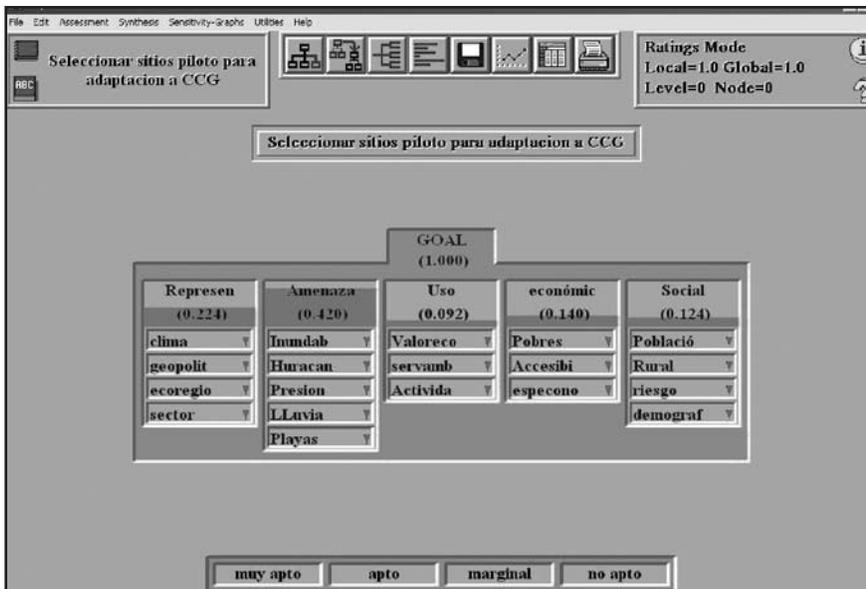
## 1.4.4 COMPARACIÓN DE CRITERIOS

Los participantes de la reunión de trabajo acordaron que no todos los criterios tenían el mismo nivel de influencia para definir un sitio piloto apto y se propuso llevar a cabo un ejercicio de ponderación. Se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), implementado en el software *Expert Choice*<sup>1</sup>, que utiliza comparaciones pareadas para establecer los pesos relativos de los diferentes criterios en la definición de un sitio piloto óptimo.

1 Saaty, 1997.

La figura 3 muestra la interfase del programa, con la estructura jerárquica básica usada para comparar los criterios, así como los pesos relativos globales de cada categoría. Se puede apreciar que los criterios bajo la categoría de “amenaza” recibieron un mayor peso (0.42), seguidos por los de representatividad (0.22), económicos (0.14), sociales (0.12) y, por último, los de uso (0.09).

Figura 3. Interfase del programa *Expert Choice*.



Fuente: Interfase *Expert Choice*, con los insumos del grupo de trabajo para la selección de los sitios piloto (consultores del proyecto y personal del INE).

Una vez determinados los valores globales para cada categoría, se definieron los pesos relativos de cada criterio. Este proceso permitió estimar el nivel de inconsistencia del ejercicio, que en este caso fue de 0.04, indicando comparaciones muy consistentes. En el cuadro 4 se muestran los criterios en orden decreciente, de acuerdo con el peso global que les fue asignado.

Cuadro 4. Peso global por criterio de aptitud utilizado para la valoración de los sitios.

Núm.	Criterio	Peso en orden descendente
1	Amenaza por inundaciones	0.17807
2	Representatividad climática	0.09978
3	Especialización económica	0.07805
4	Presión humana	0.07034
5	Asentamientos en riesgo	0.06144
6	Amenaza por cambios en precipitación	0.06121
7	Amenaza por huracanes	0.05751
8	Representatividad sectorial	0.05722
9	Amenaza por pérdida de playas	0.05313
10	Servicios ambientales	0.05083
11	Representatividad geopolítica	0.04375
12	Accesibilidad a vías de comunicación	0.04220
13	Densidad demográfica	0.02996
14	Representatividad eco-regional	0.02287
15	Valor ecológico	0.02194
16	Nivel de pobreza	0.01984
17	Actividades dependientes	0.01895
18	Dispersión de asentamientos rurales	0.01769
19	Población	0.01520

Fuente: Interfase *Expert Choice*, con los insumos del grupo de trabajo para la selección de los sitios piloto (consultores del proyecto y personal del INE).

### 1.4.5 PONDERACIÓN DE CRITERIOS Y SELECCIÓN DE SITIOS PILOTO

A fin de determinar los humedales más aptos para ser considerados sitios piloto, a partir de la lista preliminar y ante la carencia de datos “duros”, se utilizó una técnica de codificación de conocimiento experto, con base en el conocimiento de los consultores sobre los diferentes sitios. Se asignó un valor de aptitud a cada sitio, considerando cada uno de los criterios de manera independiente, y después se sintetizaron para obtener el valor total de cada sitio. De esta forma se evitó el sesgo. Para asignar los valores se utilizó una escala semi-cuantitativa de cuatro puntos: “no apto” = 0,

“marginamente apto” = 1, “apto” = 2 y “muy apto” = 3. La figura 4 muestra la interfase del programa *Expert Choice*, utilizado en esta etapa del ejercicio. A manera de síntesis, el programa calculó el peso total para cada sitio, considerando el valor de aptitud asignado con base en la ponderación de cada criterio. En el cuadro 5 se muestran los resultados de la ponderación.

Figura 4. Ponderación de sitios en *Expert Choice*.

Alternativas	TOTAL	Representación	geopolit	ecoregion	sector	Amenaza Inundab	Huracan	Presion	LLuvia
1 Río Coatzacoalcos (Uxpanapan-Laguna El Colorado)	0.900	muy apto	muy apto	apto	muy apto	muy apto	margin	muy apto	muy apto
2 Río Papaloapan (Laguna de Alvarado)	0.835	muy apto	muy apto	apto	apto	muy apto	muy apto	apto	muy apto
3 Can Can (Laguna Nichupté-Rico)	0.820	apto	muy apto	apto	muy apto	apto	muy apto	muy apto	apto
4 Progreso (Chuburná/Chikobá)	0.776	apto	muy apto	apto	muy apto	apto	muy apto	muy apto	margin
5 Sistema Lagunar Pom-Atasta-Puerto Rico (Río Palizada: Río 5a)	0.732	muy apto	muy apto	muy apto	apto	muy apto	margin	apto	apto
6 Delta no Sola la Marina-Laguna los Morales	0.720	muy apto	apto	apto	apto	muy apto	apto	apto	margin
7 Río Panuco Corredor Sistema Lagunar Altamira/Ciudad Madero	0.703	apto	apto	apto	muy apto	apto	apto	muy apto	margin
8 Sistema Lagunar Carmen -Pajonal-Machona (Río San Felipe, Pa)	0.689	muy apto	apto	apto	margin	muy apto	margin	margin	apto
9 Río Uxpanapan (Sistema Lagunar: Catenaco-Sontecomapan)	0.632	muy apto	apto	muy apto	margin	apto	margin	apto	muy apto
10 Punta Allen (Sistema Lagunar Boca Paila)	0.628	muy apto	apto	muy apto	margin	apto	muy apto	margin	margin
11 Ría Lagartos	0.584	apto	apto	apto	margin	apto	apto	margin	margin
12 Ría Celestun	0.577	apto	apto	apto	margin	apto	margin	margin	margin
13 Sistema Lagunar Tamagusa- Tampamachoco	0.574	apto	apto	apto	margin	apto	apto	apto	apto
14 Río San Fernando-Laguna La Nacha	0.555	muy apto	apto	apto	apto	margin	apto	margin	margin
15 Sistema los Petenes	0.525	muy apto	apto	muy apto	margin	margin	margin	margin	margin

Fuente: Interfase *Expert Choice*, con los insumos del grupo de trabajo para la selección de los sitios piloto (consultores del proyecto y personal del INE).

Cuadro 5. Ponderación de sitios piloto.

Núm.	Sitios “piloto” y sitios “control”	Peso
1	Río Coatzacoalcos-Laguna El Colorado, Veracruz.	0.900
2	Río Papaloapan-Laguna de Alvarado, Veracruz.	0.835
3	Sistema Lagunar Nichupté (Cancún), Quintana Roo.	0.820
4	Río Pánuco-Altamira, Tamaulipas y Veracruz.	0.703
5	Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona, Tabasco.	0.689
6	Sistema Lagunar Boca Paila (Punta Allen), Quintana Roo.	0.628
7	Río San Fernando-Laguna La Nacha, Tamaulipas.	0.555
8	Los Petenes, Campeche.	0.525

Fuente: elaborado por Cervantes, 2007.

Como se puede observar en el cuadro 5, debido a que los criterios de amenaza y representatividad fueron los de mayor peso, los sitios con mayores valores de aptitud para ser considerados piloto son aquellos vulnerables a desastres naturales, con alta presencia humana en zonas de riesgo y que ya presentan grados elevados de impacto antropogénico. Por otro lado, los humedales calificados con menores valores de aptitud para implementar acciones de adaptación al cambio climático son aquellos menos vulnerables, mejor conservados y con baja presencia humana. En consecuencia, se puede catalogar a los ecosistemas con mayor puntaje (los cuatro primeros sitios del cuadro 5) como sitios piloto propiamente, mientras que los de menor puntaje (los últimos cuatro sitios del cuadro 5) pueden fungir como sitios control.

#### **1.4.6 DEFINICIÓN DE LAS POLIGONALES PARA LOS HUMEDALES COSTEROS DEL GOLFO DE MÉXICO**

La delimitación espacial de los humedales costeros del Golfo de México fue fundamental en los estudios realizados en este proyecto. A fin de definir los polígonos que delimitarían estos sistemas de humedales, se consideraron criterios de manejo y biofísicos. Los criterios socioeconómicos se integraron posteriormente para definir los municipios en las zonas de influencia.

La delimitación de los sitios piloto se basó fundamentalmente en estudios previos de la región, en los que ya se tenían definidas poligonales con fines de manejo (designaciones de ANP, regiones prioritarias o sitios Ramsar). De manera general, la poligonal de cada humedal se definió siguiendo los siguientes criterios:

- a) En caso de contar con alguna categoría de protección (o estar en proceso de obtenerla), ya sea un ANP federal, estatal o municipal, se utilizaron los polígonos de dicha área. El principal motivo es que estas áreas han sido designadas con base en su importancia ecológica, geofísica, cultural, y grado de conservación. Además, cuentan con la presencia de especies amenazadas y endémicas, y proveen importantes servicios ambientales. Otro factor relevante es que las áreas naturales protegidas cuentan con estudios previos justificativos y programas de manejo que los sustentan.

- b) En caso de contar o estar en proceso de designación como sitios Ramsar se utilizaron esas poligonales, ya que tales humedales son prioritarios nacional e internacionalmente. Los sitios clasificados bajo esta convención proveen servicios ambientales importantes y son relevantes para la conservación de especies locales y migratorias. Se consideran áreas de reproducción y refugio tanto para aves migratorias como para especies de importancia comercial y cinegética. Por último, para el establecimiento como sitio Ramsar existen estándares internacionales bien fundamentados.
- c) En caso de que el humedal no estuviera en ninguna de las categorías antes mencionadas, se consideraron los polígonos de áreas prioritarias terrestres, marinas, hidrológicas o de importancia para aves establecidas por la CONABIO. Cuando la gran extensión de estos polígonos volvía impráctica la delimitación o si el humedal tampoco entraba en estas categorías (debido a la alta presencia humana), se definieron los polígonos considerando lo siguiente:
- La fisiografía de cuerpos de agua costeros (lagunas, estuarios, deltas) y su vegetación.
  - Las subcuencas hidrológicas más conspicuas y las curvas de nivel del terreno.
  - Los límites municipales del área de influencia.

En el último de los casos, este proceso se basó en el análisis de imágenes de satélite Landsat TM y en modelos digitales de elevación (MDE), a una resolución de 90 m.

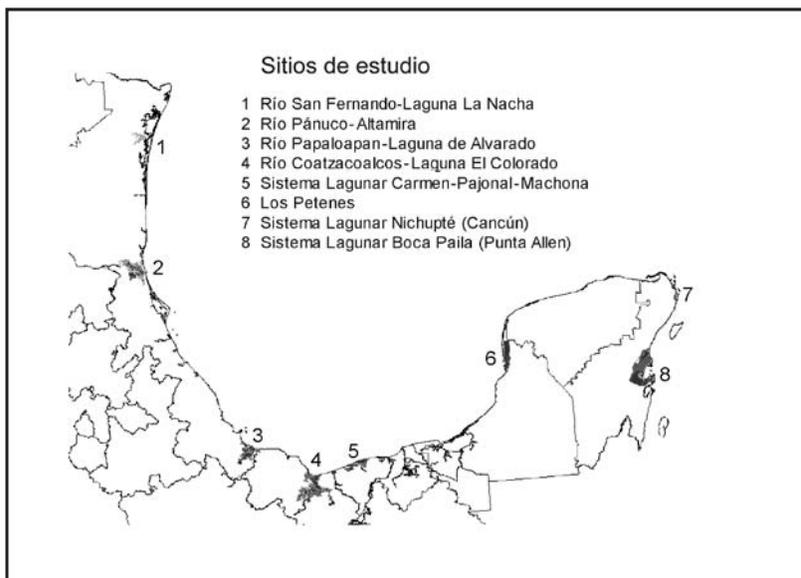
Una vez delimitados los diferentes polígonos de cada humedal, se le asignó un identificador único y se elaboró una capa digital para el sistema de información geográfica (SIG). Al sobreponer las diferentes capas temáticas del SIG se obtuvieron los valores particulares para cada sitio y se generó una base de datos con sus atributos específicos. A partir de estos datos se elaboraron fichas técnicas<sup>2</sup> para cada uno de los ocho ecosistemas de estudio y alrededor de treinta sitios adicionales.

---

<sup>2</sup> Las fichas técnicas de los sitios piloto pueden encontrarse en el DVD interactivo que acompaña esta publicación.

La figura 5 muestra los ocho sitios piloto, objeto del presente estudio.

Figura 5. Sitios de estudio. Humedales piloto del Golfo de México.



Fuente: elaborado por Gómez *et al.*, 2007.

Debido a que este estudio está encaminado a desarrollar y proponer medidas viables de adaptación contra los efectos del cambio climático, es de gran importancia identificar los instrumentos y marcos institucionales de planeación y manejo que ya existen en la región. Por tal motivo, en el listado de los humedales costeros del Golfo de México por provincia (cuadro 1) se incluyó su designación con fines de manejo.

## **1.5 Marco general de políticas de adaptación al cambio climático**

*Boris Graizbord et al.*

En esta sección introducimos las principales políticas en los ámbitos internacional, nacional y local para responder a los efectos esperados del cambio climático. Aunque el objetivo no es profundizar sobre los conceptos de adaptación y vulnerabilidad, se presentan definiciones generales de estos términos. Para una discusión detallada, referimos al lector al capítulo 2; en particular a las secciones 2.3 y 2.4. Por su parte, las secciones 2.1 y 2.2 también ahondan en algunas de las políticas aquí expuestas. En el capítulo 3 se presentan las normas que rigen la estrategia de cambio climático y las instituciones que las llevan a cabo. También se analizan en detalle algunas políticas con efecto local, como los ordenamientos ecológicos y territoriales, el manejo de áreas naturales protegidas (ANP) y los consejos de cuenca.

### **1.5.1 ADAPTACIÓN Y VULNERABILIDAD**

En el presente trabajo, una política de adaptación se define como una estrategia para adaptarse al cambio climático en todos los sectores y regiones del país. En este sentido, se parece a una política medioambiental que se sostiene sobre sí misma, pero incorpora la adaptación en todas las áreas relevantes de la política del gobierno. En el ámbito nacional, una política de adaptación ofrece el contexto y la referencia para aplicar medidas específicas de adaptación. Por lo tanto, no es una política neutral con respecto a la elección de medidas, sino que guía a los tomadores de decisiones hacia

combinaciones o clases particulares de ellas. Lo más lógico es pensar que cada país deseará aproximarse a la creación de una o varias políticas de adaptación de acuerdo con sus propias prácticas y tradiciones. Los países pueden integrar la adaptación en sus diversas políticas, así como preparar los acuerdos institucionales para coordinarlas en el plano nacional<sup>1</sup>.

En general, los conceptos de adaptación y vulnerabilidad han sido entendidos de diversas formas para los efectos del cambio climático. A continuación presentamos algunas de las definiciones utilizadas en este contexto:

- *Adaptación* está relacionada con la respuesta a los efectos tanto positivos como negativos del cambio climático. Se refiere a cualquier ajuste pasivo, reactivo o anticipado, que pueda responder a consecuencias actuales o anticipadas asociadas con el cambio climático. De esta forma, se reconoce implícitamente que en el futuro el cambio climático ocurrirá y debe ser incluido en una política.
- *Vulnerabilidad* se refiere al grado en que una unidad de exposición es alterada o afectada de manera adversa, como resultado de los efectos del clima. Tanto los factores físicos como los socioeconómicos son importantes para determinar la vulnerabilidad<sup>2</sup>.

También podemos definir vulnerabilidad como el grado en que un sistema natural o social es susceptible al daño sostenido del cambio climático en función de tres factores esenciales:

- La sensibilidad de un sistema a los cambios en el clima. La capacidad de un sistema para responder a un cambio climático dado, incluyendo los efectos benéficos y dañinos.
- La *capacidad de adaptación*. El grado en que los ajustes en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o contrarrestar el potencial de daño o tomar ventajas de las oportunidades creadas por un cambio climático dado.
- El grado de exposición del sistema a los desastres climáticos.

---

1 Burton y Lim, 2001. Cada país puede contar con diferentes tipos de política en relación con los temas asociados con el cambio climático, como políticas de peligros, sectoriales, regionales, económicas y sociales, de planificación física y estrategias integradas de adaptación nacional.

2 Carter *et al.*, 1994.

Bajo este esquema, un sistema altamente vulnerable podría ser muy sensible a cambios modestos en el clima, donde la sensibilidad incluye el potencial de los efectos dañinos sustanciales, y para los cuales la habilidad de adaptarse está severamente restringida. La resiliencia es la contraparte de la vulnerabilidad: un sistema con alta resiliencia no es sensible a la variabilidad y cambio del clima, y tiene la capacidad de adaptarse<sup>3</sup>.

## **1.5.2 MARCO INTERNACIONAL DE ADAPTACIÓN**

De acuerdo con Canziani (2004), en la década de los ochenta se reconoció la dicotomía entre ciencia y política en los países desarrollados, y se iniciaron acciones para coordinar los resultados del quehacer científico con las decisiones políticas para afrontar la responsabilidad de las actividades humanas sobre problemas ambientales globales. Uno de los primeros esfuerzos relacionados con este tema fue la Conferencia Mundial sobre la Atmósfera Cambiante: Implicaciones para la Seguridad Mundial, celebrada en Toronto, Canadá, en 1988. En esta conferencia se reconoció la necesidad de encarar con soluciones urgentes el problema de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Más tarde, la Comisión sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Naciones Unidas hizo que la Asamblea General iniciara la discusión de un borrador de propuesta para la Protección del Clima para las Generaciones Presentes y Futuras de la Humanidad. En el transcurso de la discusión de este documento, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) establecieron el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change* o IPCC). La OMM y el PNUMA asignaron así a este panel la responsabilidad de realizar la evaluación científica sobre las causas y los efectos de un posible calentamiento global derivado de actividades antropogénicas.

---

<sup>3</sup> McCarthy et al., 2001.

### 1.5.2.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece una estructura general para los esfuerzos intergubernamentales encaminados a resolver el desafío del cambio climático. Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido, cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor<sup>4</sup>.

Desde la celebración de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992, prácticamente todos los países del mundo se han involucrado en acciones y programas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, y para reducir o evitar los impactos de los cambios que son ya inevitables. Para ello, se han establecido dos grandes estrategias: la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la adaptación al cambio climático.

En virtud del Convenio, los gobiernos:

- Recogen y comparten la información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas nacionales y las prácticas óptimas.
- Ponen en marcha estrategias nacionales para abordar el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a los efectos previstos, incluida la prestación de apoyo financiero y tecnológico a los países en desarrollo.
- Cooperan para prepararse y adaptarse a los efectos del cambio climático.

El artículo 2 de la CMNUCC señala “[...] el objetivo último de la CMNUCC, así como todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es el de lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente como para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar

---

4 Convención Marco de la Naciones Unidas.

que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”<sup>5</sup>.

Para alcanzar este objetivo se definieron compromisos para las Partes firmantes, con base en el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas. Están definidos para Partes *Anexo I*, *No-Anexo I* y *Anexo B*. No obstante, existe una serie de compromisos que aplican a todas las partes de la Convención y que se listan en el artículo 4. Todos los Estados Parte que eran miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) hasta 1994 (antes del ingreso de México a esta organización, y todos los países de Europa Central y del Este), denominadas economías en transición, quedaron agrupados en el Anexo I de la Convención. Los países en vías de desarrollo, entre ellos México, se integran como Partes *No-Anexo I*.

La CMNUCC fue firmada por el Gobierno de México el 13 de junio de 1992 y aprobada de manera unánime por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el 3 de diciembre del mismo año. Tras la aprobación del Senado, la Convención fue ratificada ante la ONU el 11 de marzo de 1993. A través de este acto, el Gobierno de México hizo constar en el ámbito internacional su consentimiento para obligarse a cumplir con los lineamientos establecidos en este tratado como Parte *No-Anexo I* de la Convención<sup>6</sup>.

### 1.5.2.2 Protocolo de Kioto

Para la instrumentación de las acciones de mitigación acordadas en la Convención, se formuló el Protocolo de Kioto en 1997. Este acuerdo entre naciones entró en vigor en 2005 y con él se pretende disminuir, en el periodo 2008-2012, el 5.2% en las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados que lo ratificaron, con respecto al volumen emitido en 1990<sup>7</sup>. La mayor parte de los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas han firmado y ratificado el Protocolo, y están instrumentando ya las medidas que se comprometieron a tomar, con excepción de Estados Unidos.

---

5 CMNUCC, 1992.

6 SEMARNAT, 2006.

7 Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas, 1998.

En el contexto del cambio climático, la mitigación es la “intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero”<sup>8</sup>. Está enfocada a limitar las emisiones netas, de forma que se revierta el aumento en sus concentraciones atmosféricas.

Se busca cumplir este propósito atendiendo al principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas, que implica que quienes más dañen, o hayan dañado el medio ambiente, más deben hacer para resarcir los daños. En el caso del cambio climático, los países que han conseguido un alto nivel de desarrollo a costa de emitir grandes cantidades de gases de efecto invernadero deben realizar más acciones frente al fenómeno.

Por otra parte, y relacionado con las políticas de adaptación, resalta la propuesta de que las partes formularán, aplicarán, publicarán y actualizarán periódicamente programas nacionales y, en su caso, regionales, que contengan medidas para reducir los efectos del cambio climático, así como acciones para facilitar una adaptación adecuada a través del desarrollo de capacidades. Se propone que los programas relacionen a los sectores energético, de transporte, industrial, agrícola y silvícola, al igual que la gestión de desechos. Asimismo, se sugiere que los programas incluyan medidas para limitar el aumento de emisiones de GEI e incrementar su absorción en sumideros. Además, se indica que el Protocolo se asegurará de que una parte de los fondos se utilice para cubrir gastos administrativos y ayude a las Partes que son países en desarrollo, particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, a hacer frente a los costos de la adaptación.

### 1.5.2.3 Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

El PNUMA y la OMM establecieron el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988, que desde entonces evalúa la evidencia científica, técnica y socioeconómica generada en el mundo, con el fin de proporcionar a los tomadores de decisiones información objetiva que permita a los gobiernos establecer planes de prevención.

---

<sup>8</sup> IPCC. Glosario de términos.

Uno de los primeros documentos elaborados por el IPCC, *Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*<sup>9</sup>, producido por el grupo II<sup>10</sup>, establece que deben identificarse seis tipos de estrategias de adaptación al cambio climático:

- Prevención de pérdidas: involucra acciones anticipadas para reducir la susceptibilidad de una unidad de exposición a los impactos del clima.
- Tolerancia a la pérdida: los impactos adversos son aceptados en el corto plazo debido a que pueden ser absorbidos por la unidad de exposición sin daño en el largo plazo.
- Difusión o participación en la pérdida: las acciones distribuyen el peso del impacto sobre una región o población más grande, más allá de aquellos directamente afectados por el evento climático.
- Cambio de uso o actividad: involucra un cambio de actividad o uso de recursos, para ajustarse a la adversidad o a las consecuencias positivas del cambio climático.
- Localización cambiante: la preservación de una actividad es considerada más importante que su localización y la migración ocurre hacia áreas que son más estables bajo el cambio climático.
- Restauración: permite restaurar un sistema a su condición original a partir del daño o modificación debido al clima.

Los autores mencionan numerosas opciones para clasificar las medidas de adaptación, pero generalmente, además de las áreas de interés (bosques, humedales, agricultura, agua), la lista prospectiva puede incluir acciones legales, financieras, económicas, tecnológicas, de educación pública, y de investigación y capacitación, entre otras medidas de manejo<sup>11</sup>.

---

9 Carter *et al.*, 1994.

10 De acuerdo con Canziani, 2004, a partir de la XIII Reunión del IPCC (1997) se reconoció la necesidad de evaluar los impactos de orden social, económico y humano. Fue así como el organismo decidió reestructurar los Grupos de Trabajo, manteniendo al número I a cargo de los aspectos científicos del cambio climático; al grupo II se le encargó la tarea de evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático; en tanto que al grupo III se le asignó la tarea de evaluar los aspectos relacionados con la mitigación del cambio climático.

11 Carter *et al.*, 1994.

Otro reporte producido por el IPCC es *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. El documento presenta avances en las definiciones de adaptación y vulnerabilidad, y establece las capacidades de adaptación, vulnerabilidad y temas clave por región en el ámbito mundial. En cuanto a los tipos de adaptación, el reporte cita que la adaptación puede ser autónoma o de política dirigida. En este sentido, la adaptación se refiere a ajustes en prácticas, procesos o estructuras para tomar en consideración las condiciones del cambio climático. Para ello, el documento plantea cuatro escenarios base, mediante los cuales pueden ser consideradas, a grandes rasgos, las distintas posibilidades de cambio climático, y bajo las que se podrían establecer lineamientos generales para el desarrollo de objetivos y políticas. Aquí presentamos una versión resumida de los escenarios. Para una descripción detallada, referimos al lector a la sección 6.1.

- **A1:** un mundo futuro de rápido crecimiento económico, con una población global que llega al máximo a mitad de siglo y después cae; una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Los grandes temas prioritarios son la convergencia cultural y económica, y el desarrollo de capacidades, con una reducción sustancial en las diferencias regionales en el ingreso per cápita.
- **A2:** un mundo diferenciado. El tema prioritario es la autoconfianza y preservación de identidades locales. La población aumenta continuamente. El desarrollo económico es primario, regionalmente orientado, con un crecimiento económico per cápita, y cambio tecnológico más fragmentado y lento que en otros escenarios.
- **B1:** un mundo convergente, con un cambio rápido en las estructuras económicas a través de una economía de servicios e información; reducciones en la intensidad material, e introducción de tecnologías limpias. El énfasis está puesto en las soluciones globales para los aspectos económicos, sociales y de sustentabilidad ambiental, incluyendo mejoramiento de la equidad, pero sin políticas adicionales de cambio climático.
- **B2:** un mundo en el que el énfasis se centra en soluciones locales sobre aspectos económicos, sociales y de sustentabilidad ambiental. Es un mundo con población global en continuo crecimiento a una tasa más baja que en el escenario A2, niveles intermedios de desarrollo económico, y un cambio tecnológico menos rápido y más diversificado que en los escenarios A1 y B1.

Este escenario está basado en equidad social y protección ambiental, y se enfoca en soluciones locales y regionales.

Por otra parte, se establecen políticas de manera individual para cada sector:

1. *Hidrología y recursos hídricos.* En este componente se argumenta que una eficiente adaptación al cambio climático en el sector del agua requiere esfuerzos en cinco áreas prioritarias: datos para el monitoreo, conocimientos sobre los patrones de variabilidad, herramientas analíticas, herramientas de decisión y técnicas de manejo. Estos esfuerzos son necesarios para optimizar el manejo de agua incluso en ausencia de cambio climático.
2. *Ecosistemas, y sus bienes y servicios.* El documento deja claro que los efectos sobre los ecosistemas tienen un componente multidireccional debido a que los bienes y servicios producidos por los ecosistemas son afectados por las múltiples presiones del cambio climático y actividades humanas. Las opciones de adaptación incluyen el manejo integrado de suelo y agua; la selección de plantas e inventario para sistemas múltiples de cereales; sistemas de uso múltiple para agua dulce y suelos; uso eficiente de los recursos hídricos; mecanismos institucionales, e infraestructura.
3. *Zonas costeras y ecosistemas marítimos.* El documento menciona que deben seguirse cuatro pasos en el proceso de adaptación costera: recolección de información y conocimiento sobre las precipitaciones; planeación y diseño; implementación, y monitoreo y evaluación. También se menciona que para volver más efectivas las opciones de adaptación, deben ser incorporadas en políticas de otras áreas, como planes de mitigación de desastres, planes de uso de suelo y planes de recursos en litorales. En otras palabras, las opciones de adaptación serán mejor dirigidas cuando estén incorporadas en un manejo costero integral y en planes sustentables de desarrollo.
4. *Asentamientos humanos, energía e industria.* El documento menciona que tanto el manejo de los centros urbanos como de las estructuras gubernamentales que los rigen y controlan se relacionan con la reducción de desastres ambientales. La mayor parte de las regulaciones y prácticas de manejo relacionadas con construcciones, uso de suelo, manejo del agua y transporte incluyen importantes componentes ambientales, pero hay mucho por hacer en la inversión pública y privada en infraestructura y salud. La capacidad local para limitar el efecto de fenómenos

ambientales en cualquier asentamiento implica generalmente capacidad local para adaptarse al cambio climático. Muchas técnicas que pueden contribuir a mejorar la planeación y gestión ambiental incluyen instrumentos de mercado para el control de la contaminación; manejo y reducción de la demanda de agua; planeación del transporte y zonificación mezclada de usos de suelo; evaluación del impacto ambiental; procedimientos de auditorías ambientales, y reportes del estado ambiental. También se presentan propuestas sobre planeación y diseño, y manejo y esquemas institucionales de acción para distintos tipos de asentamientos humanos (dependientes directos de recursos naturales, costeros y urbanos).

5. *Aseguradoras y otros servicios financieros.* De acuerdo con los autores, la adaptación al cambio climático representa retos enormes y complejos, pero también oportunidades en el sector. La inserción en la regulación de precios, el tratamiento fiscal de reservas, así como la habilidad o incapacidad de las empresas para enfrentar riesgos de mercado son ejemplos de factores que influyen en la resiliencia del sector. El manejo de riesgos relacionados con el clima por país y región es usualmente una mezcla de acuerdos públicos y privados en el aseguramiento autónomo. Sin embargo, la mayor debilidad del sector está ubicada en la generación de conocimiento sobre el tema. En este sentido, el documento propone los siguientes lineamientos:

- Mejorar la transferencia de conocimiento generado por la comunidad científica que estudia el cambio climático hacia la comunidad de servicios financieros.
- Avanzar en el conocimiento de la vulnerabilidad, y adaptación global y regional para relacionarse con el aseguramiento y los servicios financieros dirigidos al cambio climático.
- Explorar el papel del sector de los servicios financieros dirigidos al riesgo para la sociedad a partir del cambio climático.
- Explorar el rango de posibles arreglos financieros para cubrir el costo de la adaptación al cambio climático.

6. *Salud humana.* Sobre el sector salud, en el trabajo se hace referencia a que la reconstrucción de la infraestructura de salud pública es la medida más importante en términos de costo, efectividad y urgencia. Muchas enfermedades y problemas de salud pública que podrían verse exacerbados por el cambio climático pueden prevenirse sustancialmente con adecuados recursos financieros y de salud pública. Estos recursos pueden complementarse con programas de entrenamiento en

salud pública e investigación para el desarrollo. También se sugiere una implementación más efectiva de sistemas de respuesta a emergencias y supervivencia, así como programas sustentables de control y prevención de desastres.

#### 1.5.2.4 Programas Nacionales de Acción para la Adaptación

Las guías de los Programas Nacionales de Acción para la Adaptación (*National Adaptation Programs of Action*, o NAPA) proveen algunas líneas conceptuales y de procedimiento sobre el proceso de producción de un documento que identifica prioridades nacionales para la adaptación. Los NAPA son programas dirigidos a los países menos desarrollados para orientar sus necesidades actuales y urgentes de adaptación. Los países se involucran en la formulación de medidas de adaptación, y los recursos se asignan con base en criterios de urgencia, costo y efectividad. Los argumentos de política propuestos en estas guías enfatizan:

1. Un enfoque participativo que involucre a tomadores de decisiones.
2. Un enfoque multidisciplinario.
3. Un enfoque complementario que se construya sobre los planes y programas existentes.
4. Desarrollo sustentable.
5. Equidad de género.
6. Enfoque de manejo nacional.
7. Gestión del medio ambiente.
8. Costo-efectividad.
9. Simplicidad.
10. Flexibilidad basada en las circunstancias específicas del país<sup>12</sup>.

En el proceso de los NAPA se intentan utilizar las políticas existentes para delimitar la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación. Además, se orientan las nuevas estructuras hacia la reducción de la alta vulnerabilidad encontrada en estos países, y se vinculan con la resolución de otros problemas, como pobreza y SIDA. Para un ejemplo específico de uno de estos programas (Bangladesh), referimos al lector a la sección 2.1.

---

<sup>12</sup> CMNUCC, 2005.

### 1.5.2.5 Latinoamérica

De acuerdo con el documento *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, en América Latina destaca la alta vulnerabilidad y la baja capacidad de adaptación de los sistemas humanos, particularmente en relación con eventos climáticos extremos. También se identifican impactos negativos en la agricultura de subsistencia; incremento en enfermedades infecciosas; mayor vulnerabilidad en asentamientos humanos costeros; pérdida de biodiversidad, y riesgos por inundaciones, tormentas y ciclones.

Por otra parte, en el documento sobre Impactos Regionales del Cambio Climático para América Latina<sup>13</sup> se presentan una serie de medidas asociadas con políticas de adaptación (ver cuadro 1).

**Cuadro 1. Resumen de las opciones de adaptación en respuesta al cambio climático en América Latina.**

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
Bosques	Reducción de la presión social que induce a la conversión de las tierras.	Conservación del suelo y de la biodiversidad biológica, beneficios para las cuencas.	Conflictos socioeconómicos nacionales e internacionales.
	Grandes plantaciones forestales en zonas muy degradadas, plantaciones en rotación de corta duración para aprovisionamiento local de combustible.	Selección adecuada de sitios y especies para la conservación del suelo y en beneficio de las cuencas.	El costo varía según los países (4 a 31 dólares de EU/tC).
	Migración asistida.	Conservación de la diversidad biológica.	Costo elevado, éxito incierto.
	Métodos de cosecha de poco impacto.	Conservación del suelo y de la diversidad biológica, beneficios para las cuencas.	

13 Canziani y Díaz, 1997.

**Cuadro 1. Resumen de las opciones de adaptación en respuesta al cambio climático en América Latina (continuación).**

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
Tierras de pastoreo	Preservación de una extensa escala espacial en unidades de gestión.	Preservación de las formas tradicionales de organización de las comunidades rurales, del suelo y de la conservación de la diversidad biológica.	Posibles conflictos socioeconómicos.
	Selección activa de especies vegetales y control de la densidad de carga ganadera.	Aumento de la productividad, la diversidad biológica, la conservación del suelo.	Problemas de tenencia de la tierra y de mercado; dificultades culturales.
	Aumento de la zona dedicada al mejoramiento de pastizales con uso intensivo de capital.	Alivio de la demanda impuesta sobre zonas mayores de tierras de pastoreo.	Costos elevados.
	Agrosilvicultura, particularmente de especies leguminosas.	Aumento de la productividad, la diversidad biológica, la conservación del suelo.	
Montañas	Conservación de los métodos tradicionales de cultivo y de los genotipos.	Conservación de la diversidad biológica local y los recursos genéticos mundiales, promoción del conocimiento local.	Problemas de mercado.
	Adaptación de la infraestructura (presas, tuberías y protección contra la erosión, entre otros).		Costos elevados.
Agricultura	Expansión de la zona de tierras.		Competencia con otros usos; gran impacto ecológico en zonas forestales, que amenazan las formas de subsistencia.
	Cambios en las modalidades de explotación agrícola (fechas de siembra, labranza, irrigación, abono, variedades de cultivos, especies).	Disminución de la erosión del suelo, aumento del rendimiento en algunos casos.	Problemas de mercado, incluidas dificultades de comercialización al adoptar nuevas prácticas, e impactos ecológicos en caso de irrigación y fertilización.

**Cuadro 1. Resumen de las opciones de adaptación en respuesta al cambio climático en América Latina (continuación).**

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
Sistemas de agua dulce	Dispersión asistida de especies ecológicas o económicamente importantes en emplazamientos aislados.		Costos elevados.
	Restauración de cauces fluviales en morfologías más naturales; ingeniería hidráulica de gran escala en llanuras inundables.		Costos elevados; intereses contradictorios entre partes interesadas, impactos ecológicos y culturales.
	Aumento de la vegetación ribereña para reducir los efectos negativos del calentamiento; disminución de la carga de nutrientes para reducir los procesos de eutrofización (exacerbados al parecer por el aumento de la temperatura del agua).		
Energía hidroeléctrica	Construcción de nuevas centrales hidroeléctricas.	Curva sostenida de la oferta y la demanda.	Costos muy elevados; mayor necesidad de préstamos internacionales; impactos ecológicos y sociológicos potencialmente importantes.
	Reducción del consumo; uso más racional; aumento de eficiencia en el transporte de energía eléctrica.	Costo más bajo de la energía.	
	Aumento de la capacidad de embalse.	Uso de aguas secundarias para otros propósitos (actividades de recreo).	
Zonas costeras y pesquerías de mar*.	Medidas de protección estructural (diques, malecones, rompeolas, escolleras, protectoras de playas) en zonas densamente pobladas.		Costos muy elevados.

**Cuadro 1. Resumen de las opciones de adaptación en respuesta al cambio climático en América Latina (continuación).**

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
Zonas costeras y pesquerías de mar*	Proyecto y aplicación de políticas de gestión de los recursos pesqueros nacionales e internacionales que tengan en cuenta la fluctuación de la distribución de las especies, su accesibilidad y abundancia, y equilibren la conservación de las especies y las necesidades locales.		Posibles intereses internos e internacionales.
	Expansión de la piscicultura para incrementar y estabilizar los suministros de mariscos, a fin de ayudar a estabilizar el empleo, y aumentar cuidadosamente las existencias de recursos en estado natural.		
Población humana	Introducción de tecnologías de protección (por ejemplo, edificios provistos de material aislante, aire acondicionado, defensas reforzadas contra el mar, sistemas de aviso en caso de desastre); actividades de educación para preparar a los grupos vulnerables.		Costos elevados.
	Gestión ecológica de los ecosistemas (por ejemplo, los recursos de agua dulce, los humedales y las zonas agrícolas sensibles a la invasión por vectores).		Costos elevados, consecuencias que no se perciben bien para otros componentes de los ecosistemas.
	Atención primaria de salud mejorada para las poblaciones vulnerables, y programas de vigilancia y control de la salud pública (sobre todo respecto a enfermedades infecciosas).		
Asentamientos humanos	Descentralización de la estructura básica para atenuar el éxodo hacia las ciudades.		Costos elevados, intereses contradictorios, problemas culturales.

**Cuadro 1. Resumen de las opciones de adaptación en respuesta al cambio climático en América Latina (continuación).**

Sector	Opción de adaptación	Otros beneficios	Dificultades a considerar
Asentamientos humanos	Diseño mejorado de la infraestructura urbana (edificios, zonas de recreo y sistemas de abastecimiento de agua, entre otros).		Costos elevados.
	Tratamiento perfeccionado de aguas residuales y de desechos industriales; multas a quienes más contaminan.		
Industria	Diversificación de la producción agroindustrial.		Problemas socioeconómicos, culturales y de comercialización.
	Fuentes de energía alternativa.	Reducción de la contaminación del aire en algunos casos.	La relación costo-beneficio deberá evaluarse caso por caso.

\* La adaptación al impacto del cambio climático en alta mar se ve limitada por la naturaleza y la escala de dicho cambio.

Fuente: Canziani y Díaz, 1997.

En el planteamiento elaborado por Canziani y Díaz (1997) destaca la identificación de las dificultades para adoptar políticas de adaptación. Es interesante notar que muchas de ellas se relacionan con el alto costo de las medidas y la baja capacidad de organización que caracteriza a las sociedades latinoamericanas.

### **1.5.3 MARCO NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), constituida por los titulares de siete secretarías de Estado (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Comunicaciones y Transportes; Economía; Desarrollo Social; Energía; y Relaciones Exteriores), se conformó el 25 de abril de 2005, con el objetivo de coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, para el desarrollo de políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto

invernadero; incorporar acciones de adaptación a través de los diversos sectores; así como desarrollar los marcos legales que permitan lograr dichas propuestas, y trabajar para el cumplimiento de los compromisos suscritos ante la CMNUCC<sup>14</sup>.

En el seno de la CICC se constituyó el Grupo para Políticas y Estrategias de Adaptación (GT-ADAPT) el 12 de marzo de 2007. La presidencia y coordinación está a cargo del Instituto Nacional de Ecología. Dicho grupo está integrado por las siete secretarías miembro de la CICC, más delegados de la Secretaría de Turismo, de Salud (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios), del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y de la Secretaría de Gobernación (Centro Nacional para la Prevención de Desastres). Asimismo, participan delegados de la Comisión Nacional del Agua, del Servicio Meteorológico Nacional, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, de la Comisión Nacional Forestal y del INE (órganos de la SEMARNAT). Con el apoyo del GT-ADAPT, las secretarías de Estado integraron el tema de adaptación en sus agendas de trabajo.

Los principales documentos rectores de las políticas de adaptación ante los efectos del cambio climático en México son El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el Programa Especial de Cambio Climático (estos últimos preparados por la CICC) y las Comunicaciones Nacionales de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, elaboradas por el Instituto Nacional de Ecología.

### 1.5.3.1 Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 incorpora, en el objetivo 11 del eje 4 de sustentabilidad ambiental, que se impulsen medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático conforme a las siguientes estrategias:

- Promover la inclusión de los aspectos de gobernabilidad de adaptación al cambio climático en la planeación y el quehacer de los distintos sectores de la sociedad.
- Desarrollar escenarios climáticos regionales de México.

---

<sup>14</sup> CICC, 2007.

- Evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos.
- Promover la difusión de información sobre impactos, vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático.

### 1.5.3.2. Estrategia Nacional de Cambio Climático

La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), elaborada por la CICC y presentada por el presidente de la república en mayo de 2007, refleja el compromiso del Ejecutivo Federal en relación con la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación a los efectos del cambio climático sobre la base del reconocimiento del problema como uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la humanidad<sup>15</sup>. Entre las acciones que enmarca la ENACC se encuentran:

1. Identificar oportunidades de reducción de emisiones y desarrollar proyectos de mitigación.
2. Reconocer la vulnerabilidad de los respectivos sectores y áreas de competencia, e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación.
3. Proponer líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para la elaboración de un Programa Especial de Cambio Climático.

La ENACC señala los siguientes impactos previsible:

*Meteorología e hidrología.* Fenómenos como huracanes, inundaciones, sequías, y la elevación del nivel del mar incrementan la vulnerabilidad de las zonas costeras en general y, en particular, la de los asentamientos urbanos ubicados en zonas de deslave e inundación, y márgenes o desembocaduras de ríos y lagunas. De igual forma, el azolve de presas y embalses significa afectaciones en la generación de energía y abastecimiento de agua. La biodiversidad, los ecosistemas y los servicios ambientales que prestan también se verán afectados.

---

<sup>15</sup> SEMARNAT, 2007.

*Degradación de tierras.* El avance de la desertificación plantea enormes retos para la agricultura y ganadería, así como la necesidad de cuantiosas inversiones en la tecnificación adecuada del campo para revertir este proceso. Los deslaves, producto del efecto combinado de erosión y lluvias extremas, pueden afectar a las poblaciones asentadas en las laderas montañosas.

*Agricultura y ganadería.* Se proyecta la disminución en la producción de maíz por los cambios en los patrones de lluvia y la afectación de distintas variedades. La ganadería extensiva también puede resentir estos impactos. La expansión de plagas y pestes repercutirá en los niveles de producción agrícola y las condiciones de vida de la población rural. Cambios en las regiones ecológicas pueden impactar las actividades de producción agrícola y ganadera, incrementar la incidencia de incendios forestales, y disminuir la producción de madera, celulosa y papel.

*Zonas costeras.* La CICC estima afectaciones en la producción pesquera, especialmente en especies de valor comercial. El efecto combinado del incremento en el nivel del mar, y la intensidad de tormentas y huracanes puede causar inundaciones permanentes y la erosión de playas, alterando los sistemas naturales. Los impactos esperados en los sistemas humanos son el deterioro de la infraestructura costera, daños al sector inmobiliario, disminución en actividades productivas (turismo, industria petrolera) e incremento en la póliza de aseguradoras.

*Asentamientos humanos.* Se espera un incremento en las islas de calor, lo cual requerirá modificaciones en el uso de energía, modos de vida y horario de actividades. Este fenómeno también se relaciona con el incremento de la contaminación atmosférica por el creciente uso de automóviles en las ciudades. La infraestructura urbana se verá afectada, en particular los sistemas de alcantarillado, incrementando el riesgo de inundaciones. Las lluvias extremas pueden ocasionar deslaves e inundaciones, con posibles afectaciones en los asentamientos localizados en laderas, riberas y desembocaduras de ríos. Todo ello incrementa el costo de las pólizas de seguros.

*Salud pública.* Las proyecciones estiman un incremento en enfermedades transmitidas por vectores (dengue, paludismo), enfermedades gastrointestinales (cólera, tifoidea), y muertes por calor y deshidratación.

*Energía.* La generación de energía hidroeléctrica puede verse afectada por el cambio en los patrones de lluvia. La industria petrolera puede sufrir afectaciones en

su infraestructura, principalmente en las costas del Golfo de México. Se proyecta mayor demanda de energía y posibles dificultades en su transmisión.

*Transporte y comunicaciones.* Los efectos del cambio climático pueden manifestarse como daños a la infraestructura (carretera, ferroviaria, eléctrica), con impactos, a la vez, en el desempeño del transporte aéreo y marítimo.

*Industria.* Algunas de las posibles consecuencias presentadas en el documento incluyen la elevación de costos por el deterioro ambiental y de pólizas de seguros; la escasez de agua para la producción; afectaciones en la industria turística, y el deterioro de las condiciones de trabajo en diversos sectores.

A pesar de que cada sector presenta afectaciones directas, muchas de ellas tienen, a su vez, repercusiones directas o indirectas en la población. Esta valoración ha servido para dirigir los esfuerzos en la identificación de políticas relacionadas con la adaptación, la vulnerabilidad y sus efectos. Las líneas de acción para contrarrestar los posibles impactos antes mencionados se basan en los siguientes aspectos:

1. Posicionar la capacidad de respuesta actual ante los impactos tradicionales de la variabilidad climática como plataforma para el desarrollo de capacidades de adaptación ante los efectos previsibles del cambio climático futuro.
2. Dar prioridad al desarrollo de capacidades de respuesta ante los eventos hidrometeorológicos extremos.
3. Desarrollar y fomentar la aplicación y el uso de sistemas de alerta temprana ante huracanes, heladas, sequías e incendios, entre otros.
4. Construir bases de datos geofísicos (atmosféricos y oceánicos, principalmente); fortalecer sistemas adecuados de monitoreo del clima y del nivel del mar, así como sistemas de información pública de fácil acceso.
5. Fomentar la investigación en las áreas relevantes para la comprensión del cambio climático, considerando investigación interdisciplinaria (climatología, oceanografía, geología, ecología y evolución, ingeniería, arquitectura, medicina, sociología, economía, comunicación y educación).
6. Impulsar el desarrollo de un Programa Nacional de Modelación del Clima, para unir los esfuerzos de todos los investigadores del país que trabajen en el tema.

7. Actualizar escenarios regionales como consecuencia del cambio climático y continuar con la formulación de los *Atlas de Riesgo* (a escalas nacional, regional y local).
8. Difundir información sobre los riesgos presentes y previsibles, para que la población mejore su percepción y comprensión del fenómeno, al igual que su capacidad de respuesta. Integrar esta información en todos los niveles de educación formal; incorporar cursos sobre los grandes problemas ambientales en los currícula de universidades y centros de educación superior.
9. Sensibilizar a los servidores públicos, especialmente los mandos superiores, para que incorporen la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en los planes de desarrollo municipal, estatal y federal.
10. Incorporar criterios de adaptación ante el cambio climático en las políticas públicas.
11. Fomentar el desarrollo de redes y enlaces operativos entre autoridades de los tres órdenes de gobierno, con el fin de fortalecer las capacidades de evacuación y protección civil para la prevención y atención de desastres.
12. Desarrollar capacidades nacionales y regionales para la planeación de la evolución espacial del desarrollo económico y social con criterios ecológicos.
13. Identificar oportunidades para la convergencia de esfuerzos intersectoriales (sinergia y transversalidad), especialmente en relación con temas de protección a la integridad de los ecosistemas y sus servicios ambientales.
14. Modificar prácticas de construcción para mejorar la eficiencia energética, reducir emisiones y adecuarse a los impactos negativos del clima. Modificar prácticas de construcción de infraestructura crítica (energética, de comunicaciones y transportes, hospitales, escuelas) para adecuarla a los cambios esperados, y a la función de refugios y albergues en caso de desastre.
15. Fortalecer los programas de conservación de suelos y captación de agua de lluvia en las zonas agrícolas de temporal, pecuarias y forestales. Fomentar el uso del suelo en función de su aptitud.
16. Involucrar a todos los actores sociales para que las comunidades tomen el problema en sus manos. Tomar en cuenta experiencias tradicionales de adaptación de comunidades y pueblos indígenas.

17. Adecuar el marco normativo y regulatorio a las necesidades de adaptación al cambio climático.
18. Potenciar la obtención de recursos financieros nacionales e internacionales.
19. Desarrollar un sistema de monitoreo, evaluación y, en su caso, corrección, de las acciones incluidas en la estrategia nacional de acción climática, particularmente en el tema de adaptación<sup>16</sup>.

Podemos resumir que buena parte de las medidas de acción contempladas en esta estrategia nacional se relacionan con la protección civil; la generación del conocimiento sobre los efectos que aún no son del todo previsible; el desarrollo institucional y de instrumentos legislativos y económicos; la participación social; el monitoreo y la evaluación, y los sectores específicos que ya han sido tomados en cuenta en los programas de medio ambiente.

### 1.5.3.3 Programa Especial de Cambio Climático

Luego de publicar la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007, el gobierno de México se ha enfocado en identificar líneas de acción, políticas y estrategias sectoriales para implementar la ENACC a través de un Programa Especial de Cambio Climático (PECC, 2008-2012) en el marco del Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012).

### 1.5.3.4 Comunicaciones Nacionales

Las comunicaciones nacionales son instrumentos que permiten calificar las iniciativas y el grado de avance de políticas relacionadas con la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptación al cambio climático, así como las necesidades para llevarlas a cabo por parte del país que las elabora. Se presenta ante la CMNUCC. En 2006, México presentó su Tercera Comunicación y en 2009 se planea tener lista la Cuarta Comunicación.

La Tercera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático consta de una amplia revisión de los programas relacionados con aspectos del cambio climático, los

---

<sup>16</sup> CICC, 2007.

cuales han sido divididos en dos frentes: medidas para facilitar la adecuada adaptación y medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los programas sobre adaptación se desarrollan desde el contexto nacional hasta su expresión en las medidas locales. Los primeros tocan temas como los escenarios de cambio climático y el fomento de capacidades de adaptación. En cuanto al ámbito local, se detallan iniciativas elaboradas para el sector agua en Hermosillo, Sonora; algunas zonas rurales del país; los humedales en el Golfo de México; el sector agrícola e hídrico del estado de Morelos; el sector turismo en Cancún, y sectores específicos como salud y biodiversidad.

En cuanto a los programas relacionados con la mitigación, se cuentan esfuerzos en los sectores energético, de transporte y forestal para reducir emisiones. También se detalla la implementación de ecotecnología para la vivienda; la valoración de los servicios ambientales, la conservación de ecosistemas y la creación de áreas naturales protegidas.

## **1.5.4 CONTEXTO LOCAL**

Para las acciones locales existen herramientas muy poderosas en los ordenamientos territoriales de estados y municipios. En ellos se pueden dirigir y delimitar las estrategias directamente vinculadas con las condiciones específicas de cada lugar. La sección 3.3 los analiza en detalle. Por su parte, los programas estatales de desarrollo expresan las grandes vertientes de estrategia en desarrollo urbano y regional, medio ambiente, agricultura, educación y protección civil, entre otros. En el DVD interactivo que acompaña esta publicación hay un listado de distintas medidas relevantes al tema de la adaptación al cambio climático extraídas de dichos programas. En cuanto al manejo de los recursos hídricos, los consejos de cuenca son las principales unidades de gestión e integran la participación social. La estrategia de adaptación requiere un acercamiento sustancial con estos organismos, presentados en la sección 3.4. Por último, en los planes de manejo de las áreas naturales protegidas se pueden insertar acciones para la adaptación e implementarlas con una estructura sólida de apoyo. La sección 3.2 trata sobre ellos. En la medida en que los instrumentos antes citados incluyan acciones específicas para contrarrestar los efectos del cambio climático, se implementen adecuadamente y sean respetados, la adaptación a la variabilidad climática esperada en el futuro cercano será más efectiva.

Diversas políticas y medidas de adaptación y mitigación del cambio climático tendrán mejores oportunidades de éxito si se diseñan e instrumentan en los ámbitos estatal o local. Este concepto se basa en dos consideraciones fundamentales. En primer lugar, las autoridades y los centros de investigación que ahí operan tienen, en general, un mejor entendimiento de los problemas y capacidades existentes en sus esferas de influencia. En segundo término, al descentralizarse esta tarea, se alcanzará un mayor grado de apropiación de las políticas desarrolladas y puestas en marcha, además de apoyar el desarrollo de capacidades relacionadas con el cambio climático en los estados. Bajo esta perspectiva, el INE-SEMARNAT está impulsando el desarrollo de planes estatales de cambio climático que incorporen en la planeación de políticas de desarrollo sustentable consideraciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

Los Planes Estatales de Cambio Climático servirán de modelo demostrativo para otras entidades, e incluso municipios, y contribuirán al Programa Especial de Cambio Climático. La información generada en estos planes tendrá un alto valor para la sociedad y los tomadores de decisiones del país y del estado ejecutor, además de enriquecer los contenidos de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC. Pueden servir, asimismo, como herramientas para realizar análisis comparativos útiles para el diseño de políticas a escala regional y nacional.

Aparte de las funciones antes mencionadas, los planes estatales de cambio climático:

- Contribuirán a la descentralización de los procesos de análisis, diseño de acciones, e instrumentación de políticas relacionadas con el cambio climático.
- Inducirán a la cooperación entre instituciones de todos los niveles, y en todas las áreas relevantes de la administración pública, la academia, el sector privado y la sociedad en general, para sustentar las políticas y acciones relacionadas con el cambio climático.
- Aprovecharán el conocimiento local sobre el problema y factores relacionados, y apoyarán el desarrollo de capacidades.
- Fortalecerán las capacidades técnicas regionales.
- Permitirán mejorar la percepción pública acerca de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en los niveles estatal y local.

# **Capítulo 2. Las medidas de adaptación: acciones para “ganar-ganar”**

Cuauhtémoc León Diez

(Carolina Neri Vidaurri, Andrée Lilian Guigue, Marina Robles García)

Boris Graizbord

(Emelina Nava García, Anabel Martínez Guzmán, Jaime Ramírez Muñoz, Raúl Lemus Pérez)

Víctor Magaña Rueda

(Baldemar Méndez Antonio, Ernesto Caetano dos Santos, Juan Matías Méndez Pérez, Edgar Pérez Pérez)

Mauricio Cervantes Ábrego



## 2.1 Adaptación, un debate reciente de países selectos

Cuauhtémoc León *et al.*

### 2.1.1 LA CONSTRUCCIÓN DE ACUERDOS INTERNACIONALES

En 1988 se integró el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, establecido conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Dicho grupo, conocido también como Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change* o IPCC), hoy día dirige la discusión científica sobre calentamiento global y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), entre otros temas.

El 9 de mayo de 1992 se aprobó en Nueva York la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en donde se reconoce “que los cambios del clima de la Tierra y sus efectos adversos son una preocupación común de toda la humanidad”<sup>1</sup>. Su objetivo es lograr la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, para limitar las interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.

En el Protocolo de Kioto (1997) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático<sup>2</sup> (CMNUCC) se indica que los países firmantes del Anexo I

---

1 CMNUCC, 1992.

2 CMNUCC, 1998.

se comprometen a aplicar las políticas y medidas que permitan reducir al mínimo los efectos adversos relacionados con el cambio climático, el comercio internacional, y aspectos sociales, ambientales y económicos, entre otros (ver sección 1.5).

En el cuadro 1 se tienen algunos eventos relevantes relacionados con la construcción del régimen climático internacional.

**Cuadro 1. Eventos relevantes en la construcción del régimen climático internacional.**

Año	Iniciativa
1988	PNUMA y OMM establecen el IPCC, que desde entonces evalúa la evidencia científica, técnica y socioeconómica generada en el ámbito mundial, con el fin de proporcionar información objetiva para permitir a los tomadores de decisiones de los gobiernos implementar medidas de prevención.
1992	La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático es adoptada en la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro.
1994	El 21 de marzo entra en vigor la Convención.
1995	El Segundo Reporte de Evaluación (SAR) del IPCC concluye que la evidencia sugiere una influencia humana decisiva en el clima global.
1997	Se adopta el Protocolo de Kioto.
2001	El Tercer Reporte de Evaluación (TAR) del IPCC difunde mayores evidencias de la influencia humana en el clima global. Estados Unidos de América anuncia que no ratificará el Protocolo de Kioto, mientras que otros países signatarios acuerdan una serie de reglas para la implementación del Protocolo: los "Acuerdos de Marrakech".
2004	En noviembre, la Federación Rusa anuncia que ratifica el Protocolo de Kioto, el cual entrará en vigor noventa días después.
2005	El 16 de febrero entra en vigor el Protocolo de Kioto.
2005	XI Conferencia de las Partes, en Montreal, Canadá, y Primera Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
2006	XII Conferencia de las Partes, en Nairobi, Kenia, y Segunda Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto.
2007	El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC refuerza las certidumbres científicas en relación con el cambio climático. XIII Conferencia de las Partes, Bali, Indonesia.

Fuente: CICC, 2007.

Las Partes de la CMNUCC establecieron tres fondos dedicados a apoyar la adaptación: el Fondo para los Países Menos Desarrollados<sup>3</sup>; el Fondo Especial de Cambio Climático<sup>4</sup>; y el Fondo de Adaptación. Los dos primeros fondos son administrados por el GEF y apoyados por contribuciones voluntarias de los países donadores.

El Fondo de Adaptación ha sido establecido para financiar programas y proyectos concretos de adaptación en países en desarrollo que forman parte del Protocolo de Kioto. Funciona bajo la orientación política de la Conferencia de las Partes (COP/MOP) y es financiado con las ganancias compartidas de los Certificados de Reducciones de Emisiones (CER). Los recursos del fondo son, por definición, inciertos, mientras no se defina el futuro del Mecanismo de Desarrollo Limpio, pero se estiman en entre 80 y 300 millones de dólares al año hasta el 2012.

En 2001, el Grupo de Expertos en Aspectos Científicos de Protección del Medio Ambiente Marino de la Organización de las Naciones Unidas (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection* o GESAMP) enlistó veinte problemas de escala global en relación con el deterioro del medio marino<sup>5</sup>, los cuales se observan en la figura 1.

Por otro lado, la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, conocida como Convención de Ramsar<sup>6</sup>, fue firmada en la ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971, y entró en vigor en 1975. Su misión es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y, gracias a la cooperación internacional, contribuir al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”<sup>7</sup>.

---

3 El Fondo para los Países Menos Desarrollados apoya proyectos que atiendan las necesidades de adaptación más urgentes e inmediatas identificadas en los NAPA. Hacia septiembre de 2007, 18 países ya habían acordado donar 163 millones de dólares para el fondo, de los cuales 59 millones siguen pendientes y el Consejo ha aprobado 13 millones en proyectos.

4 Hacia septiembre de 2007, 13 países habían acordado donar 72 millones de dólares al Fondo Especial de Cambio Climático, que incluye un subprograma de transferencia tecnológica, y treinta millones de dólares ya aprobados por el Consejo.

5 En ese año, dichos problemas no estaban enlistados por orden de importancia, “daño existente” o amenaza, y el GESAMP consideraba al cambio climático sólo como una amenaza, ya que todavía no lo asociaba con algún daño palpable.

6 Convención de Ramsar sobre los humedales, 1971.

7 Ramsar COP 08, 2002.

Figura 1. Veinte problemas de escala global en relación con el deterioro del medio marino.



Fuente: modificado de GESAMP, 2001.

Hacia el año 2007, 154 estados miembros de todo el mundo, México entre ellos, se habían sumado a dicho acuerdo, designando 1 401 humedales para ser incluidos en la lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar, con una superficie total de 146.4 millones de hectáreas. Cada tres años, los países miembros se reúnen para evaluar los progresos en la conservación de estos sitios y compartir conocimientos y experiencias.

El país con un mayor número de sitios es el Reino Unido con 169 y la nación con la mayor área de humedales listados es Canadá con más de 130 mil km<sup>2</sup>; por su lado, México cuenta con 115 sitios Ramsar.

### 2.1.2 VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN EN DISTINTOS PAÍSES

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático<sup>8</sup> define *vulnerabilidad* como el grado en el que un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos ad-

8 Cabe recordar que el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático cuenta con el trabajo de más de dos mil científicos provenientes de cien países y que en 2007 se hizo acreedor al Premio Nobel de la Paz, compartido con Al Gore, "por sus esfuerzos para construir y difundir un mayor conocimiento sobre el cambio climático causado por el hombre y poner las bases para las medidas para contrarrestar ese cambio".

versos ante un fenómeno, incluidos la variabilidad y los extremos del clima (IPCC, 2001)<sup>9</sup>.

La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático, así como de la variación a la que un sistema está expuesto y de su sensibilidad y capacidad de adaptación. La capacidad de adaptación se define como la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y sus extremos) y moderar daños posibles, aprovechar las oportunidades emergentes o enfrentarse a las consecuencias; por lo tanto, es el mecanismo fundamental para reducir la vulnerabilidad.

Siguiendo estos conceptos, el riesgo debido al clima depende de la intensidad y frecuencia de la amenaza (por ejemplo, huracanes o sequía), pero también de la vulnerabilidad; es decir, de la medida en que diversos sectores pueden ser afectados.

La vulnerabilidad de un país ante condiciones extremas en el clima está relacionada con:

1. La difusión y comprensión de la información climática.
2. La capacidad técnica para aplicar medidas preventivas.
3. La disponibilidad de recursos financieros para aplicar esas medidas.

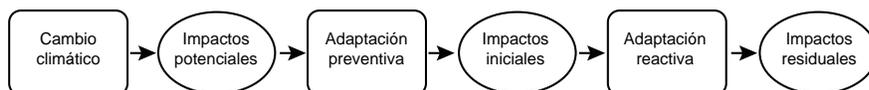
El reto de la adaptación al cambio climático es entender y caracterizar la vulnerabilidad, mientras se asegura que las medidas y políticas de adaptación tomadas sean compatibles con las metas del desarrollo sustentable.

La adaptación debe ser económicamente eficiente y las opciones de adaptación deben ser diseñadas para contribuir al máximo con los objetivos del bienestar económico nacional. La adaptación también debe ayudar a avanzar en las metas sociales y necesita ser ambientalmente sustentable (figura 2).

---

9 INE-SEMARNAT, 2006.

Figura 2. El papel de los procesos de adaptación para determinar los impactos residuales del cambio climático.



Fuente: Klein, 2001

Distintos países han llevado a cabo respuestas formales o informales ante el riesgo representado por el cambio climático, enfocándose en particular en procesos de adaptación.

Actualmente es posible distinguir dos grandes vertientes: una que resulta de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y otra que podría denominarse indirecta, independiente de dicha Convención, pero que hace sinergia o la complementa, y que se conoce como *No Regret Management*, o en español “Adaptación sin arrepentimiento, casualmente útil y con beneficios secundarios”. De esta última se deriva una serie muy amplia de iniciativas de instituciones públicas y privadas nacionales o multinacionales.

Dentro de las respuestas nacionales bajo la CMNUCC hay dos grandes grupos: los países del Anexo I y los no incluidos en el Anexo I. Las Partes han respondido a los compromisos derivados de la Convención con reportes conocidos como “Comunicaciones Nacionales” y algunos incluso tienen “Planes nacionales de adaptación al cambio climático”. Los países menos desarrollados han recibido apoyo para implementar los llamados Programas Nacionales de Acciones de Adaptación (NAPA), tal es el caso de Bangladesh, Bután, Burundi, Camboya, Comores, Yibuti, Haití, Kiribati, Madagascar, Malawi, Níger, Samoa y Senegal.

En el esquema de “Adaptación sin arrepentimiento, casualmente útil y con beneficios secundarios” se agrupan muchas acciones institucionalizadas, sobre todo las relacionadas con la Convención para Combatir la Desertificación (UNCCD<sup>10</sup>, por sus

<sup>10</sup> United Nations Convention to Combat Desertification, 2007.

siglas en inglés) y la Convención de la Biodiversidad (CBD<sup>11</sup>), en donde se integran todas aquellas actividades o acciones que coadyuvan con la adaptación ante el cambio climático y complementan las que propiamente se impulsan bajo la CMNUCC.

Aquí mismo pueden ubicarse las propuestas y los enfoques impulsados por agentes distintos a las Naciones Unidas, que van desde las agencias multinacionales hasta las llevadas a cabo en y por las comunidades. Resalta una propuesta del Banco Mundial basada en el manejo de riesgos que parece adecuada y útil para desarrollar la propuesta mexicana de adaptación. Existe, por cierto, una gran coincidencia en términos conceptuales y metodológicos entre esta perspectiva y la sugerida en los Programas Nacionales de Acción para la Adaptación de Naciones Unidas (*National Adaptation Programs of Action* o NAPA). Destacan en particular los lineamientos relacionados con unificar otras propuestas internas por país para atender pobreza y desarrollo, o que se armonizan con otras convenciones.

Como se observa, diversos países han hecho frente al cambio climático y tomado en cuenta su vulnerabilidad. Ejemplo de ello se tiene en España, Australia, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Alemania, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Brasil y Cuba, por mencionar algunas naciones.

Empero, es difícil sistematizar el grado de uniformidad y tipo de propuestas que cada país ha realizado como respuesta a la CMNUCC, donde se incluye la responsabilidad de promover acciones de adaptación.

Gagnon-Lebrun y Agrawala (2006)<sup>12</sup> analizaron los países de la OCDE que, con excepción de México y Corea, pueden ser considerados como países desarrollados y forman parte del Anexo I de la CMNUCC (ver figura 3). Con los avances reportados por estos países en sus comunicaciones nacionales se pudieron comparar y analizar las tendencias para cumplir la propia Convención, y revisar algunos elementos entre lo reportado y lo realmente acontecido como prioridad de los gobiernos.

Su análisis concluye que algunos países en desarrollo identifican la existencia de políticas, particularmente en el ámbito de gestión de riesgos naturales, que podrían estar en sinergia con la adaptación al cambio climático. Sin embargo, sólo unos pocos

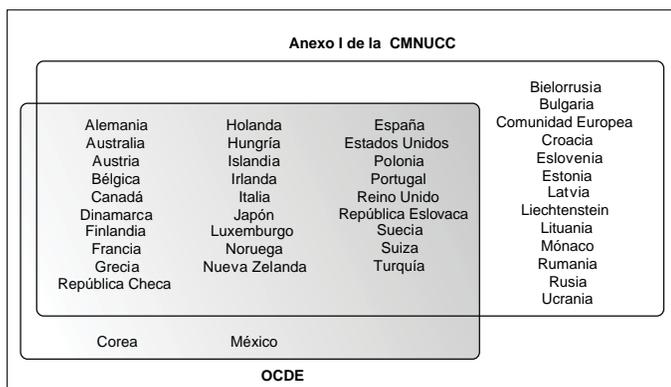
---

11 Convention on Biological Diversity.

12 Gagnon-Lebrun y Agrawala, 2006.

reportan la implementación de medidas de prevención relacionadas con dicho fenómeno<sup>13</sup>.

Figura 3. firmantes de la CMNUCC como Partes Anexo I y No-Anexo I.



Fuente: selección realizada por Gagnon-Lebrun y Agrawala, 2006.

Las naciones más desarrolladas están enfocando sus intenciones en la identificación de medidas de adaptación y la discusión de la existencia de políticas que promuevan dichas medidas. Cada política debe llevar a un acuerdo relacionado con la variación climática, la protección a la biodiversidad, la administración de los riesgos naturales o la planeación urbana.

Muchos países han identificado opciones de adaptación, pero sólo desde un nivel muy general; algunos, incluso, ponen en relieve las sinergias entre las políticas sectoriales existentes (particularmente las relacionadas con la variabilidad del clima y los riesgos naturales) y las medidas de adaptación al cambio climático.

En España, al igual que en otros países, como Australia, mucho del esfuerzo se ha dirigido a lograr un amplio consenso entre la población, y a la inversión en planeación con tiempos y recursos (semejantes a los NAPA). Se han enfocado, sobre todo, en estudios que permitan esclarecer relaciones y formas de modelar para precisar impactos potenciales, y con ello encontrar y diseñar mejores medidas de adaptación. El

<sup>13</sup> Ídem 13.

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático español considera plazos referidos a la adaptación tanto autónoma como planificada, y toma en cuenta los siguientes sectores y sistemas: biodiversidad, recursos hídricos, bosques, sector agrícola, zonas costeras, caza y pesca continental, zonas de montaña, suelo, pesca y ecosistemas marinos, transporte, salud humana, industria y energía, turismo, finanzas-seguros, urbanismo y construcción. En cuanto a las zonas costeras, por ejemplo, identifican que algunos de los principales problemas del cambio climático se relacionarán con potenciales cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas, así como con el posible ascenso del nivel medio del mar.

Holanda, por su lado, promueve hacia el exterior la idea de conectar los propósitos del desarrollo, por ejemplo, el combate a la pobreza, con los de la adaptación (ver cuadro 3).

Un ejemplo paradigmático de estrategia nacional paralela o independiente de la CMNUCC puede ser el caso de Francia, que propone tres estrategias específicas: considerar una mezcla sectorial (agua, riesgos, salud y biodiversidad); una aproximación desde distintos puntos de vista por sector (agricultura, energía e industria, turismo, transporte, construcción y urbanización), y un acercamiento basado en ecosistemas (medio ambiente urbano, costas, montañas y bosques). Esto puede considerarse como lo más avanzado en propuestas conceptuales para desarrollar acciones de adaptación.

Por otro lado, Bangladesh<sup>14</sup> ilustra las ventajas de los propios NAPA, lo cual puede resultar útil para México como punto de referencia, no sólo por ser un país en desarrollo o pobre, sino porque sus condiciones climáticas y paisajísticas son comparables al nuestro. Bangladesh identifica sus vulnerabilidades territorial y sectorialmente: sequías y aumento de temperatura, inundaciones y ciclones (cuadro 2). Estos ejes son muy parecidos a los que México ha identificado como prioridades.

Como se observa, existe una gran heterogeneidad en las formas en que cada país ha respondido o la importancia relativa que da al tema de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, en contraste con las medidas de adaptación.

---

14 Ministerio de Medio Ambiente y Bosques de Bangladesh, 2005.

Cuadro 2. Causas de impacto, áreas vulnerables y sectores afectados. NAPA, Bangladesh.

Clima y elementos relacionados	Áreas vulnerables críticas	Sectores con mayor impacto
Aumento de temperatura y sequías	<ul style="list-style-type: none"> <li>Noroeste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricultura (cultivos, ganado, pesquerías).</li> <li>Agua.</li> <li>Energía.</li> <li>Salud.</li> </ul>
Aumento del nivel del mar e intrusión salina	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zona costera.</li> <li>Isla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricultura (cultivos, ganado, pesquerías).</li> <li>Agua (inundaciones, agua potable, urbana).</li> <li>Asentamientos humanos.</li> <li>Energía.</li> <li>Salud.</li> </ul>
Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Región central.</li> <li>Región nororiental.</li> <li>Isla Char.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricultura (cultivos, ganado, pesquerías).</li> <li>Agua (urbana, industria).</li> <li>Infraestructura.</li> <li>Asentamientos humanos.</li> <li>Salud.</li> <li>Desastres.</li> <li>Energía.</li> </ul>
Mayor intensidad de ciclones y tormentas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zona costera y marina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesca marina.</li> <li>Infraestructura.</li> <li>Asentamientos humanos.</li> <li>Vida y propiedad.</li> </ul>
Congestionamiento de drenajes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zona costera.</li> <li>Áreas urbanas.</li> <li>Suroeste.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua (navegación).</li> <li>Agricultura (cultivos).</li> </ul>

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Bosques de Bangladesh, 2005.

### 2.1.3 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN ESPECÍFICAS PARA HUMEDALES

Con respecto a la posibilidad de sistematizar las respuestas generales en cuanto a medidas de adaptación, y particularmente aquellas que tengan que ver con humeda-

les, es de esperarse que existan pocos elementos en los países desarrollados, cuyas propuestas puedan verdaderamente considerarse políticas o acciones consolidadas de adaptación.

En el cuadro 3 se muestran algunas medidas de adaptación en diversos países, en especial las que tienen que ver con zonas costeras y humedales.

**Cuadro 3. Medidas de adaptación en algunos países.**

País	Objetivo de las medidas de adaptación	Sectores o sistemas que abarcan las acciones de adaptación	Principales riesgos y medidas en zonas costeras y humedales
España	Lograr un amplio consenso a través de mecanismos de participación de la población, así como una inversión de planeación con tiempos y recursos, que permitan esclarecer relaciones y formas de modelar para precisar impactos potenciales, así como para encontrar y diseñar mejores medidas de adaptación.	Biodiversidad, recursos hídricos, bosques, sector agrícola, zonas costeras, caza y pesca continental, zonas de montaña, suelo, pesca y ecosistemas marinos, transporte, salud humana, industria y energía, turismo, finanzas-seguros, urbanismo, construcción.	<p>Los principales problemas del cambio climático en las zonas costeras se relacionan con potenciales cambios en la frecuencia e intensidad de las tormentas, así como con el posible ascenso del nivel medio del mar.</p> <p>Identificación, delimitación e inventario de las áreas y elementos más vulnerables por el ascenso del nivel del mar, y valoración ecológica de los mismos. Parte de estas zonas podrían permitir la formación de nuevos humedales costeros que compensarían por desplazamiento la previsible pérdida de los que sean anegados.</p>

Cuadro 3. Medidas de adaptación en algunos países (continuación).

País	Objetivo de las medidas de adaptación	Sectores o sistemas que abarcan las acciones de adaptación	Principales riesgos y medidas en zonas costeras y humedales
Holanda	Promueve hacia el exterior la idea de conectar los propósitos del desarrollo, como por ejemplo, combate a la pobreza, con los de la adaptación. Enfatizan y atienden los aspectos del conocimiento para la toma de decisiones y planeación, ello incluye la inversión primordial en investigación para la adaptación.	Energía, transporte, turismo, agricultura, pesca bosque, biodiversidad, ecosistemas, paisaje rural y aspectos de salud.	
Japón	No todas las áreas de vulnerabilidad tienen propuestas acciones de adaptación. Pero resalta el conocimiento promovido (modelaje y estudios) para identificar áreas de vulnerabilidad y la interconexión entre ellas; por ejemplo, en lo que respecta a recursos hídricos y agricultura.	Agricultura y seguridad alimentaria, biodiversidad y ecosistemas naturales, zonas costeras, sequías, pesquerías, bosques, salud humana, infraestructura y economía, agua.	Se espera un incremento de las inundaciones como resultado del aumento del nivel del mar, más lluvias intensas y posiblemente incremento de tormentas. Como medidas de adaptación se contemplan acciones de defensa ante inundaciones a través de un monitoreo continuo del nivel del mar, y planeación de uso del suelo costero.  El calentamiento global puede afectar las corrientes marinas; estos cambios producirían cambios en los recursos epipelágicos <sup>16</sup> .

Fuente: elaboración propia.

16 Epipelágico: referente a la zona del mar más cercana a la superficie (0-200 m), donde se da la fotosíntesis y hay gran diversidad de organismos.

En Estados Unidos, por ejemplo, cuatro estados han implementado diferentes tipos de políticas para asegurar que los humedales y las zonas costeras tengan espacio para migrar al interior cuando suba el nivel del mar.

Australia, uno de los países con mayores avances en el tema de vulnerabilidad y medidas de adaptación, enfatiza y atiende los aspectos del conocimiento para la toma de decisiones y planeación, además de que identifica cinco sectores clave: zonas costeras, agricultura, biodiversidad, bosques y salud. En el mismo tenor, en el cuadro 4 se tienen algunas acciones de adaptación para zonas costeras, tomadas de la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

**Cuadro 4. Algunas acciones vinculadas con la adaptación en humedales y zonas costeras.**

Sector o área	Impactos	Acciones
Meteorología e hidrología	Modificación de los regímenes de precipitación.	Manejo integral de cuencas hidrológicas y planicies inundables.
	Mayor frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes y ciclones tropicales, inundaciones, sequías, oscilación del Sur “El Niño-La Niña”).	Restauración de ecosistemas prioritarios para dar soporte al manejo integral de cuencas, regular la hidrología y mantener (o reconstruir) barreras naturales como dunas costeras, humedales, manglares, vegetación riparia y de galería, ciénagas.
	Intrusión de agua salada en acuíferos costeros por la elevación del nivel del mar.	
Ecosistemas, biodiversidad y sus servicios ambientales	Pérdida de humedales que constituyen hábitats para especies migratorias.	
Zonas costeras	Modificaciones en la distribución de las especies marinas de interés comercial y de la disponibilidad de recursos pesqueros, por cambios de temperatura y en las corrientes oceánicas.	Construir sistemas de defensa (diques e infraestructuras de defensa costera) ante inundaciones y mareas altas en zonas costeras urbanizadas o con parques industriales e infraestructura de importancia estratégica (petrolera, petroquímica, ductos de conducción, entre otros).

**Cuadro 4. Algunas acciones vinculadas con la adaptación en humedales y zonas costeras (continuación).**

Sector o área	Impactos	Acciones
Zonas costeras	Afectación de arrecifes coralinos, manglares, humedales, playas y zonas bajas, por elevación del nivel del mar.	Restaurar y conservar ecosistemas que constituyen barreras naturales (dunas costeras, humedales y manglares, entre otros), que amortiguan impactos de ciclones, huracanes, mareas altas, inundaciones.
	Erosión de playas por mareas altas, tormentas y huracanes.	Efectuar 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.
	Riesgo de afectación a infraestructura costera; reducción del valor de inmuebles e infraestructura urbana.	Retirar asentamientos humanos de las zonas más vulnerables a inundaciones o a mareas altas, para los cuales la construcción de sistemas de defensa resulta muy costosa o inviable.
	Costos incrementales de las pólizas de aseguradoras.	Fomentar la acuicultura sustentable, para incrementar la oferta, compensar las pérdidas de pesquerías afectadas por el cambio climático y promover la repoblación de especies silvestres.
	Afectación a la piscicultura en zonas costeras y humedales.	Planear y ajustar la actividad pesquera para que reconozca los cambios en la distribución natural (permanentes o temporales) de las especies de interés comercial, su accesibilidad y abundancia relativa, para lograr rendimientos sostenibles, conservar las pesquerías tradicionales y aprovechar especies alternativas de manera sustentable.
	Disminución de ingresos del sector turismo en las zonas costeras afectadas.	
Asentamientos humanos	Riesgos incrementales de inundaciones en zonas costeras y ribereñas.	Mejorar sistemas de alerta temprana de eventos meteorológicos extremos.

Fuente: CICC, 2007.

Sobre los manglares, en especial, se han proyectado ciertos efectos del cambio climático<sup>16</sup>. En el cuadro 5 se enlistan los principales elementos de respuesta de los manglares ante el impacto del cambio climático.

**Cuadro 5. Principales respuestas esperadas de los ecosistemas costeros tropicales frente a las proyecciones de cambio climático.**

<b>Incremento del nivel medio del mar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La comunidad de manglar se propagará tierra adentro si hay suficiente ambiente sedimentario y sin obstáculos topográficos</li> <li>• La erosión sobre el margen litoral se incrementará.</li> <li>• El rango del nivel medio del mar determinará el nivel de restablecimiento de los manglares, dunas y humedales costeros.</li> <li>• La productividad secundaria (y primaria acuática) se incrementará por la mayor disponibilidad de nutrientes debido a la erosión y resuspensión.</li> </ul>
<b>Incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La fotosíntesis del follaje de los manglares no se incrementará significativamente.</li> <li>• La eficiencia de los manglares en el uso del agua se mejorará. Esto puede verse o no reflejado en el crecimiento.</li> <li>• No todas las especies de manglares responderán de igual manera.</li> </ul>
<b>Incremento en la temperatura atmosférica (°C)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunas poblaciones de manglares extenderán su distribución hacia latitudes mayores.</li> <li>• En muchas especies de manglares habrá cambios en los patrones fenológicos reproductivos y de crecimiento.</li> <li>• Se incrementará la productividad neta global del ecosistema de manglar.</li> <li>• La biodiversidad de plantas y animales en los manglares se incrementará (beneficios de microclima), y cambiará la composición florística y faunística.</li> <li>• Se acelerarán los procesos microbianos en los manglares, en la interfase agua-sedimento.</li> </ul>

<sup>16</sup> Yáñez-Arancibia *et al.*, 1998.

**Cuadro 5. Principales respuestas esperadas de los ecosistemas costeros tropicales frente a las proyecciones de cambio climático (continuación).**

Cambios en el patrón de lluvias
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cambios en el contenido de agua del suelo y salinidad del sustrato tendrán significativo impacto sobre el crecimiento de los manglares.</li> <li>• Un incremento de la precipitación sobre la tasa de evapotranspiración aumentará la tasa de producción primaria de los manglares.</li> <li>• Un incremento en la salinidad del suelo reducirá la productividad primaria y el crecimiento de los manglares.</li> <li>• La fauna eurihalina* no se verá afectada por el incremento en salinidad, pero la distribución de especies estenohalinas** se alterará significativamente.</li> </ul>
Impacto esperado de los cambios climáticos sobre el uso del suelo, utilización y explotación de los manglares
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se incrementará el riesgo de inundación de tierras bajas.</li> <li>• Se incrementará la erosión de los litorales blandos vulnerables.</li> <li>• Se incrementará el riesgo de intrusión salina.</li> <li>• Se incrementará la frecuencia del daño causado por tormentas.</li> </ul>

\* Eurihalino: Que vive en un amplio rango de concentración de sal.

\*\* Estenohalino: Que vive en un rango reducido de concentración de sal.

Fuente: UNEP, 1994.

En el cuadro 6 se enlistan algunos países y los documentos que han generado en relación con humedales.

**Cuadro 6. Países y documentos generados en relación con humedales.**

País	Documento	Año
Nueva Zelanda	Política de Gestión de Humedales de Nueva Zelanda ( <i>New Zealand Wetlands Management Policy</i> ).	1986
Canadá	Política del Gobierno Federal de Canadá sobre Conservación de Humedales ( <i>The Canadian Federal Government Policy on Wetland Conservation</i> ).	1991
Uganda	Política Nacional para la Conservación y Gestión de Humedales, Uganda ( <i>National Policy for the Conservation and Management of Wetland Resources, Uganda</i> ).	1995
Australia	Las Políticas sobre Humedales de la Mancomunidad del Gobierno de Australia ( <i>The Wetlands Policy of the Commonwealth Government of Australia</i> ).	1997

Cuadro 6. Países y documentos generados en relación con humedales (continuación).

País	Documento	Año
España	Plan Estratégico Español para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales.	1999
Ghana	Estrategia Nacional de Conservación de Humedales (A National Wetlands Conservation Strategy).	1999
Grecia	Estrategia Nacional sobre Humedales (National Strategy for Wetland Resources).	1999
Reino Unido	<i>Declaración de política del Reino Unido para los sitios Ramsar en Inglaterra (United Kingdom policy statement for Ramsar sites in England).</i>	2000
Colombia	Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia; Estrategias para su Conservación y Uso Racional.	2001
Costa Rica	Programa Nacional de Humedales, Política de Humedales de Costa Rica.	2001
Reino Unido	<i>Declaración de política del Reino Unido para los sitios Ramsar en Gales (United Kingdom policy statement for Ramsar sites in Wales).</i>	2001
Trinidad y Tobago	Política Nacional y Programas para Humedales (National Policy and Programs for Wetlands).	2002
Turquía	Estrategia Nacional sobre Humedales de Turquía 2003-2008 (2003-2008 National Wetlands Strategy for Turkey)	2002
Nepal	Política Nacional de Humedales (National Wetlands Policy).	2003
Chile	Estrategia Nacional de Humedales.	2005
Argentina	Política Ambiental, Provincia del Chaco.	2005
Guatemala	Política Nacional de Humedales de Guatemala.	2006
Costa Rica	Canon por Concepto de Aprovechamiento de Aguas.	2006

Gagnon-Lebrun y Agrawala (2006) distinguen tres grupos de países (figura 4), uno de los cuales puede considerarse como el más avanzado, cuyos países están por desarrollar la adaptación propiamente y cuyas propuestas vale la pena revisar a profundidad. En efecto, contienen elementos que podrían retomarse en una propuesta para México, a pesar de que sus economías o realidades puedan no ser comparables con las de nuestro país.

Figura 4. Reporte de impactos y adaptación en comunicados nacionales.

		Evaluación del impacto del cambio climático				Opciones de adaptación y respuestas con políticas			
		Tendencias históricas del clima	Escenarios de cambio climático	Evaluaciones de impacto	Identificación de opciones de adaptación	Mención de políticas sinérgicas a la adaptación	Establecimiento de mecanismos de respuesta a la adaptación	Formulación de políticas de adaptación / modificación de las políticas existentes	Incorporación explícita de la adaptación en los proyectos
Etapas iniciales de evaluación de impactos	Islandia		○	○					
	Portugal	○		○					
	Hungría			○					
	Latvia	●		○	○				
	Lietchenstein		○		○	●			
	Alemania		○						○
Evaluación de impactos avanzada, pero desarrollo lento de políticas de respuesta	Rusia			○	○				
	Eslovenia		○	●					
	Estonia		●	●					
	México	●	●	●					
	Lituania	●	●	●					
	Japón			●					
	Finlandia	●	●	●	○				
	Polonia		●	●	○				
	Rumania	●	●	●	○				
	Dinamarca	●	●	●	○				●
	Corea	●	●	●	○				
	Grecia	●	●	○	○				
	República Checa		●	●	○				
	Bielorrusia		●	●	●				
	Bulgaria	●	●	●	●				
	Canadá		○	○	●				
	Croacia		●	●	●				
	República de Eslovenia	●	●	●	●				
	Ucrania		○	●	●				
	En vías de implementar la adaptación	Noruega		○			○		
Suecia			●	●		○			
Bélgica			●	●	○	○			
Irlanda		●	●	●		●			
España			●	●	●	●			
Austria			●	●		●			
Francia			●	●		●			
Suiza		●	○	●	○	●			
Italia		●		●	●	●			
Holanda				○				●	●
Estados Unidos		●	●	●	●	○		●	
Nueva Zelanda			●	●	●	○	○	○	
Australia		●	●	○	●	●	○		
Reino Unido			○	○	●	●	○		

En síntesis, los países más avanzados en el desarrollo e implementación de medidas de adaptación al cambio climático, incluidos en el Anexo I de la CMNUCC:

- Han promovido políticas y proyectos específicos, o acciones para impulsar políticas transectoriales convergentes y complementarias.
- Han dado prioridad a ciertos sectores, como zonas costeras, agricultura, biodiversidad, bosques y salud.

- Proponen la conservación de corredores biológicos para mantener la capacidad de las especies, hábitats o ecosistemas para migrar.
- Han promovido la planeación del uso del suelo, a fin de “dejar espacio” para la posible migración de los humedales y las playas.
- Han preferido medidas por territorio (o espaciales), más que normas técnicas (y estructuras físicas) para el manejo de riesgos (en este caso, de inundación).

Por otro lado, es posible concluir que en los temas costeros, la atención se centra en los aspectos de inundaciones derivadas de las variaciones de los ciclos hidrológicos (lluvias más intensas y frecuentes) y el aumento del nivel del mar.

Asimismo, las comunidades costeras tendrán que enfrentar el impacto del cambio climático en los recursos marinos. El incremento del nivel del mar puede conducir a la salinización y a la improductividad de las zonas agrícolas. Por otro lado, es necesario considerar su impacto en la seguridad alimentaria, sobre todo en áreas donde el pescado constituye una fuente significativa de proteínas para la población pobre o marginada, pues la modificación del medio ambiente marino puede llevar a la merma y migración de bancos de peces.

## 2.2 México y su visión estratégica de adaptación al cambio climático

Cuauhtémoc León *et al.*

Boris Graizbord *et al.*

### 2.2.1 LA VISIÓN ESTRATÉGICA NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

México es uno de los 19 países megadiversos del mundo y ocupa el cuarto lugar en riqueza biológica. Sin embargo, es también una de las naciones donde la biodiversidad se ve más amenazada por la destrucción de ecosistemas, lo que implica una importante responsabilidad en el ámbito internacional para mejorar sus políticas de planeación y protección de los recursos naturales.

En consecuencia, uno de los ejes rectores del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 de México<sup>1</sup> es la sustentabilidad ambiental. En el documento se afirma: "El cuidado del ambiente es un tema que preocupa y ocupa a todos los países. Las consecuencias de modelos de desarrollo, pasados y actuales, que no han tomado en cuenta al medio ambiente se manifiestan inequívocamente en problemas de orden mundial como el cambio climático".

Al respecto, nuestro país ha suscrito cerca de cien acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente y el desarrollo sustentable, entre los que destacan los siguientes: el Convenio sobre Diversidad Biológica; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto; el Convenio de

---

1 Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.

Estocolmo, sobre contaminantes orgánicos persistentes; el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que deterioran la capa de ozono; la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, y los Objetivos del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas.

En el apartado 4.6 del PND se aborda el tema de cambio climático<sup>2</sup>:

El uso de combustibles fósiles y tecnologías industriales atrasadas, el cambio de uso del suelo y la destrucción de millones de hectáreas forestales están provocando un aumento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. De acuerdo con estimaciones de la comunidad científica, se requiere un esfuerzo global para reducir las emisiones, ya que de lo contrario, en el año 2100 las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera podrían generar una variación de la temperatura de entre 1.1 y 6.4 °C. Entre las posibles consecuencias de este calentamiento global están la elevación de la temperatura de los océanos, la desaparición de glaciares, la elevación del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos, como sequías e inundaciones, debido a una mayor evaporación de agua y superficies oceánicas más calientes, entre otros. Este cambio afectaría severamente la disponibilidad de agua, la continuidad de los servicios ambientales que producen los ecosistemas, y tendría importantes efectos en la salud humana.

Se estima que en 2002 México generó el equivalente a 643 183 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, volumen que lo sitúa dentro de los 15 principales países emisores, con una contribución de alrededor de 1.5% de las emisiones globales. En lo que respecta a las fuentes responsables de emisiones, corresponde 61% al sector energético; 7% a los procesos industriales; 14% al cambio de uso de suelo (deforestación); 8% a la agricultura, y 10% a la descomposición de residuos orgánicos, incluyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales y los rellenos sanitarios. Dentro del sector energético en particular, la generación de electricidad representa 24% de las emisiones; el uso de combustibles fósiles en el sector manufacturero e industria de la construcción 8%; el transporte 18%; los sectores comercial, residencial y agrícola 5%; y las emisiones fugitivas de metano durante la conducción y distribución del gas natural, otro 5%. México ejecutará acciones tendientes a disminuir los efectos del cambio climático fomentando la eficiencia en la generación y uso de energía, incluyendo el transporte, las energías

---

2 Ídem 1.

renovables y el uso de tecnologías de bajas emisiones en los procesos industriales y en el transporte, así como frenando la deforestación y reduciendo las emisiones de otros gases de efecto invernadero.

Al respecto, el PND marca dos objetivos con sus respectivas estrategias sobre cambio climático (ver cuadro 1).

**Cuadro 1. Objetivos y estrategias en relación con el cambio climático, Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.**

Objetivo	Estrategias
Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsar la eficiencia y tecnologías limpias (incluyendo la energía renovable) para la generación de energía.</li> <li>• Promover el uso eficiente de energía en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y de transporte.</li> <li>• Impulsar la adopción de estándares internacionales de emisiones vehiculares.</li> <li>• Fomentar la recuperación de energía a partir de residuos.</li> </ul>
Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la inclusión de los aspectos de adaptación al cambio climático en la planeación y quehacer de los distintos sectores de la sociedad.</li> <li>• Desarrollar escenarios climáticos regionales de México.</li> <li>• Evaluar impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos.</li> <li>• Promover la difusión de información sobre los impactos, vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático.</li> </ul>

La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) publicó la *Estrategia Nacional de Cambio Climático, México, 2007* en mayo de ese año<sup>3</sup>. Dicha comisión está encabezada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), e integrada por las siguientes instancias: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Ru-

<sup>3</sup> El 25 de abril 2005 aparece publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el acuerdo por el que se crea, con carácter permanente, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).

ral, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Secretaría de Economía (SE); Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); Secretaría de Energía (SENER), y Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE). La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) participa como invitada permanente en las reuniones.

En dicho documento, la adaptación al cambio climático se define como la capacidad de los sistemas humanos y naturales para ajustarse, espontánea u ordenadamente, a los impactos climáticos adversos. Para pasar a la acción se precisan las posibilidades y los rangos de reducción de emisiones; se proponen los estudios necesarios para definir metas más precisas de mitigación, y se esbozan las necesidades del país para avanzar en la construcción de capacidades de adaptación<sup>4</sup>.

Así, para hacer efectivas las estrategias de mitigación y adaptación se requieren modificaciones de gran alcance en los procesos de desarrollo, los patrones dominantes de apropiación de los recursos naturales, las prácticas de producción, los hábitos de consumo y las formas de organización social.

El enfoque principal de la adaptación está centrado en el manejo del riesgo que representan los desastres naturales, y de atención y aprendizaje, en función de las capacidades de respuesta:

La vulnerabilidad frente a la variabilidad natural del clima y los efectos del cambio climático está relacionada con factores como el crecimiento poblacional, la pobreza, las condiciones de salud pública, la proliferación de asentamientos en lugares de alto riesgo, la intensificación industrial, el deterioro y las carencias de infraestructura o equipamiento territorial, y con los efectos locales acumulados por los procesos de deterioro ambiental. Los eventos hidrometeorológicos extremos constituyen amenazas o peligros que pueden convertirse en factores desencadenantes de un desastre. El riesgo de que efectivamente se produzca un desastre está determinado también y sobre todo por la concurrencia de diversos factores de exposición y vulnerabilidad, todos ellos de índole social y por ende susceptibles de modificarse mediante políticas públicas, en un sentido de mitigación o agravamiento. Estos factores de exposición y de vulnerabilidad son los que determinan que un mismo evento peligroso pueda ocurrir sin generar prácticamente daños o bien desencadenar un desastre de grandes proporciones.

---

4 CICC, 2007.

Construir capacidades de adaptación se refiere a desarrollar las habilidades de un sistema para ajustarse al cambio climático, la variabilidad y los extremos climáticos, a fin de moderar los daños potenciales, tomar ventaja de las oportunidades (como la ocurrencia de lluvias extraordinarias), o enfrentar las consecuencias de éste. Estos ajustes se pueden dar en las prácticas, en los procesos o en las estructuras sociales. En la medida que se desarrollen capacidades de adaptación frente al problema global que nos ocupa, se puede reducir la vulnerabilidad del país<sup>5</sup>.

En el documento se mencionan algunas iniciativas de nuestro país frente al cambio climático:

1. México participó con Centroamérica y Cuba en un proyecto piloto de preparación para la *Etapa II de adaptación al cambio climático*, coordinado por el Instituto Nacional de Ecología (INE), con el financiamiento del GEF, a través de PNUD, y con el apoyo del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este proyecto estudió las capacidades de adaptación al cambio climático en los sectores agua, agricultura y bosques de Tlaxcala, asumiendo que las condiciones socioambientales de este estado pudieran ser representativas de gran parte del país y así apoyar la formulación de políticas en la materia.
2. El *Proyecto sobre adaptación al cambio climático en Hermosillo, Sonora*, es una de las primeras iniciativas formales en México en materia de investigación aplicada para la adaptación al cambio climático. Su principal objetivo consistió en diseñar mecanismos de convergencia de esfuerzos entre autoridades y actores clave en los temas de agua y vivienda, a fin de desarrollar medidas de adaptación a condiciones climáticas extremas. Con el apoyo financiero de la División de Programas Globales de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA, por sus siglas en inglés) y la participación del INE, el proyecto fue desarrollado por la empresa Stratus Consulting, Inc., la UNAM y el Colegio de Sonora. En Tamaulipas y el Distrito Federal se han iniciado trabajos similares, orientados a definir estrategias de adaptación al cambio climático. Actualmente se desarrolla El Plan Estatal de Acción Climática en el estado de Veracruz, con

---

5 Ídem 4.

apoyo del gobierno del Reino Unido. Los proyectos antes mencionados tienen un eje primordial en común: la participación social. Las herramientas participativas permiten vincular estrechamente a los actores clave con la población vulnerable en la toma de decisiones.

3. Las investigaciones realizadas en el *Estudio de país sobre cambio climático*, coordinado por el INE (1994-1996), financiada por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, sirvieron de base para elaborar la *Primera Comunicación de México* ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1997. El estudio presentó los primeros análisis de vulnerabilidad al cambio climático en agricultura, asentamientos humanos, zonas costeras, ecosistemas forestales, recursos hídricos, energía e industria.
4. La actualización periódica de inventarios de emisiones de GEI y la reciente publicación de la *Tercera Comunicación Nacional de México* ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático pretenden reforzar las capacidades institucionales y técnicas del país para impulsar la inclusión de temas concernientes al cambio climático en las prioridades nacionales y sectoriales de desarrollo. La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, a través del Grupo de Trabajo para Estrategias y Políticas de Adaptación (GT-ADAPT), que coordina el INE desde marzo del 2007, fomenta acciones y proyectos; desarrolla propuestas de políticas, y facilita los procesos participativos en materia de adaptación al cambio climático en los ámbitos nacional, estatal, municipal y sectorial. En nuestro país existen grupos de investigación y expertos de distintas universidades, organizaciones e instituciones que evalúan los impactos del cambio climático en diferentes sectores y sistemas, y desarrollan estudios de vulnerabilidad por tipo de amenaza. Contar con recursos humanos en la materia, aunque todavía no son los suficientes, representa un avance fundamental en la construcción de capacidades adaptativas.

Al respecto, el cuadro 2 muestra algunas propuestas de adaptación por zona ecológica en función de las prioridades de los programas de desarrollo (2001-2006)<sup>6</sup>.

---

6 Magaña y Neri, 2007.

**Cuadro 2. Propuestas de adaptación por zona ecológica, en función de las prioridades de los programas de desarrollo (2001-2006).**

<b>Zona Pacífico Norte y Centro</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiciar la utilización del potencial hidroeléctrico.</li> <li>• Apoyar el desarrollo de la península de Baja California y en particular su potencial turístico.</li> <li>• Impulsar la estrategia nacional de uso eficiente del agua.</li> <li>• Apoyar la preservación del agua.</li> </ul>
<b>Zona Norte</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar en forma prioritaria el desarrollo urbano-industrial.</li> <li>• Propiciar el reuso y cambio de agua agrícola de buena calidad para atender poblaciones e industrias.</li> <li>• Limitar el establecimiento de nuevas áreas de riego que utilicen aguas claras.</li> <li>• Aumentar la disponibilidad del agua.</li> <li>• Impulsar la estrategia nacional de uso racional del agua.</li> </ul>
<b>Zona Centro</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar en cantidad y calidad el abastecimiento de agua de sus áreas metropolitanas.</li> <li>• Disminuir los riesgos de daños por inundación o sobreexplotación de acuíferos.</li> <li>• Propiciar la utilización del potencial hidroeléctrico e hidroagrícola.</li> <li>• Impulsar la estrategia nacional de uso racional del agua.</li> </ul>
<b>Zona Golfo y Sureste</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger las planicies costeras con obras de control de inundaciones y drenaje mayor.</li> <li>• Impulsar el aprovechamiento del potencial hidroagrícola.</li> <li>• Propiciar la utilización del potencial hidroeléctrico.</li> <li>• Fomentar la acuicultura en los cuerpos de agua interiores.</li> <li>• Mejorar los niveles de servicio de agua potable y alcantarillado.</li> <li>• Prevenir y atenuar la contaminación.</li> </ul>

Fuente: Magaña y Neri, 2007.

En el cuadro 2 se pueden apreciar medidas que, si bien no son contradictorias, sí ejercen presión sobre el cumplimiento del total de las propuestas. Por ejemplo, en la zona Golfo y Sureste el hecho de “impulsar el aprovechamiento del potencial hidroagrí-

cola” puede repercutir en los niveles de contaminación de los cuerpos de agua (por el uso de agroquímicos) y la capacidad de los humedales para actuar como mecanismos de control de inundaciones (por la pérdida de superficie). Por lo tanto, la selección de medidas de adaptación debe considerar su efecto en un contexto global.

El gobierno de México se avocó a identificar líneas de acción, políticas y estrategias sectoriales para la instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), a través del Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.

Por otro lado, y de acuerdo con los compromisos internacionales signados, en particular con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kioto, México ha presentado tres comunicaciones nacionales (cuadro 3).

Durante 2008, México inició el proceso para elaborar la Cuarta Comunicación Nacional ante la CMNUCC, la cual contará con la participación de instituciones de investigación estatales y nacionales, y distintos sectores en los ámbitos estatal y federal. La publicación será presentada en la COP XV, a realizarse en Copenhague, Dinamarca, en 2009.

Recientemente, durante la Quinta Cumbre de América Latina y el Caribe-Unión Europea, que se llevó a cabo en Lima, Perú, en mayo de 2008, México propuso la creación de un Fondo Mundial contra el Cambio Climático, llamado Fondo Verde, el cual no pretende sustituir, eliminar o cambiar el Fondo de Adaptación del Protocolo de Kioto, sino darle más fuerza, dinamismo y generar más acción en todos los países del mundo<sup>7</sup>. Este Fondo (de por lo menos mil millones de dólares) busca ampliar la participación de todos los países que llevan a cabo acciones en favor de un desarrollo limpio, así como sustentar, financiera y tecnológicamente, las medidas de mitigación y adaptación al calentamiento global. El reto es diseñar un mecanismo que permita hacer frente a la necesidad de instrumentar acciones de mitigación y adaptación.

---

7 SEMARNAT, 2008.

**Cuadro 3. Comunicaciones Nacionales.**

Primera Comunicación (1997)	Segunda Comunicación (2001)	Tercera Comunicación Nacional (2006)
<p><i>Estudio de País.</i> Primer inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero y escenarios de vulnerabilidad. Establece el contexto general y las condiciones socioeconómicas, ambientales, institucionales y climáticas de México.</p> <p>Contó con el apoyo de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA).</p>	<p>Actualiza y mejora la calidad de la información sobre inventarios y vulnerabilidad; establece someros escenarios de emisiones futuras, anota la variedad de acciones de México con efectos de mitigación de gases de efecto invernadero, y resalta investigaciones en aspectos finos de vulnerabilidad del país.</p>	<p>Actualiza el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGI) al 2002. La categoría de Uso de Suelo y Silvicultura se actualizó al periodo 1993-2002.</p> <p>Enlista los programas que comprenden medidas para mitigar el cambio climático en los siguientes sectores: energía (el cual tiene un papel decisivo en la mitigación de emisiones de GEI), transporte, desarrollo social, forestal y agrícola.</p> <p>Menciona que en cualquier iniciativa encaminada a la adaptación es necesario siempre preguntarse: ¿quién es vulnerable?, ¿a qué es vulnerable? y ¿por qué es vulnerable? De esta forma, la respuesta práctica a la pregunta “¿adaptarse a qué?”, requiere de “enfocar la labor hacia aquellas medidas y políticas que pueden ser utilizadas para reducir la vulnerabilidad al clima”.</p> <p>Se consultó con académicos, representantes de instituciones gubernamentales, iniciativa privada y de organizaciones no gubernamentales, a fin de conocer su opinión sobre lo que debía mejorarse en esta comunicación, en relación con las otras dos.</p> <p>Contó con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) y del gobierno de México.</p>

Las contribuciones al Fondo Verde estarían basadas en el principio de responsabilidades comunes, pero diferenciadas, tomando en cuenta la proporción de las emisiones de un país respecto al total de las emisiones; las emisiones de gases de efecto invernadero per cápita, y el producto interno bruto per cápita. Esto permitiría que los países desarrollados aporten la parte más significativa de los recursos del mecanismo. Además, las economías emergentes no estarían limitadas a retirar sólo sus aportaciones, sino que tendrían el incentivo de utilizar recursos de acuerdo con sus capacidades para mitigar dicho fenómeno.

Los países menos desarrollados se beneficiarían al recibir apoyos orientados a la mitigación y adaptación, sin necesidad de aportar grandes sumas, ya que son naciones que han contribuido poco a la emisión de gases a la atmósfera.

El Fondo Verde buscaría apoyarse en los esquemas existentes, como los del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo.

Dicho Fondo tiene cuatro objetivos específicos: fomentar acciones de mitigación; apoyar la adaptación a los efectos adversos del cambio climático; promover la transferencia y difusión de tecnologías, y contribuir a sustentar, financieramente, el nuevo régimen climático global.

## **2.2.2 MÉXICO ANTE FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS**

En nuestro país, tanto los factores de exposición como los de vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos han aumentado. Durante los últimos años se registró un incremento en la precipitación media anual en la zona noroeste, un aumento en la frecuencia y severidad de las sequías en el centro-norte del país, y un acrecentamiento en el número de depresiones tropicales en la región caribeña y del Golfo de México, así como una mayor intensidad en la fuerza de los huracanes. La temporada de huracanes del año 2004 fue la tercera más activa desde 1950 y la temporada de 2005 la más activa jamás registrada.

El grado de vulnerabilidad a huracanes se expresa de manera diferencial en las costas mexicanas (cuadros 4, 5 y 6).

**Cuadro 4. Pérdidas registradas por los cinco mayores eventos hidrometeorológicos en 2005.**

Fechas	Lugar	Evento	Pérdidas humanas	Pérdidas económicas (millones de dólares)	Pagos de seguros (millones de dólares)
Julio-agosto	India	Inundación	1 150	5 000	770
Agosto	Estados Unidos	Huracán <i>Katrina</i>	1 322	126 000	60 000
Septiembre	Estados Unidos	Huracán <i>Rita</i>	10	16 000	11 000
Octubre	América Central	Huracán <i>Stan</i>	840	3 000	100
Octubre	México, Estados Unidos, Caribe	Huracán <i>Wilma</i>	42	18 000	10 500

Fuente: Munich Re Group, 2006; CICC, 2007.

De acuerdo con el CENAPRED, el aumento en el número de desastres en México se debe, entre otras cosas, a que ahora hay un mejor registro de este tipo de sucesos, así como al crecimiento de la población y los asentamientos humanos en zonas expuestas a fenómenos naturales y de origen antropogénico (ver cuadros 5 y 6).

**Cuadro 5. Desastres ocurridos en México, 1926-1999.**

Año	Desastre	Estado	Comentarios
1926	Huracán	Veracruz, Yucatán y Campeche	Barcos hundidos, líneas telefónicas rotas, el servicio de trenes suspendido.
1933	Huracán	Tamaulipas	Soto La Marina destruido; enormes daños en gran parte de la costa noreste de la república; Jiménez y Ciudad Victoria fueron afectados por el ciclón. La totalidad de las casas del poblado de Padilla arrasadas; miles de muertos.
1933 (agosto)	Huracán	Tamaulipas, Tabasco y Veracruz	El norte de Tamaulipas incomunicado, ocho mil damnificados en Tampico; cinco mil en Pánuco; centenares de cadáveres.

Cuadro 5. Desastres ocurridos en México, 1926-1999 (continuación).

Año	Desastre	Estado	Comentarios
1935 (agosto-septiembre)	Huracán	Veracruz	27 barcos hundidos y 15 más seriamente dañados, muchos damnificados.
1955 (septiembre)	Huracanes ( <i>Gladys, Hilda y Janet</i> )	Veracruz, San Luis Potosí, Yucatán, Quintana Roo y Tamaulipas	Ese año, tres huracanes consecutivos azotaron Tamaulipas. Pérdidas por más de cien millones de pesos en Tuxpan; dos mil muertos en Tampico.
1959 (octubre)	Deslizamiento de tierra	Veracruz	Más de cinco mil muertos en Minatitlán.
1959 (octubre)	Inundación	Tabasco	Pérdidas por cientos de millones de pesos; veinte mil damnificados por el "norte".
1963 (septiembre)	Inundación	Tabasco	Cuarenta mil damnificados, dos pueblos y tres campos petroleros inundados.
1960-1964	Sequía	Norte, noreste, Golfo de México, centro occidental y centro sur del país	81 personas muertas (1962) en Nuevo León. Grandes pérdidas económicas en la ganadería y agricultura (maíz, algodón, frijol y bosques, entre los más afectados).
1966 (octubre)	Huracán <i>Inés</i>	Tamaulipas	Más de veinte mil damnificados.
1967 (septiembre)	Huracán <i>Beulah</i>	Tamaulipas y Nuevo León	Pérdidas estimadas en más de quinientos millones de dólares; cien mil damnificados, por el huracán <i>Beulah</i> .
1969 (septiembre)	Inundación	Veracruz y Oaxaca	150 mil damnificados en Oaxaca; y treinta mil en Cosamaloapan.
1980 (agosto)	Huracán <i>Allen</i>	Tamaulipas	Pérdidas por cien millones causó el huracán <i>Allen</i> en Matamoros; 25 mil personas desalojadas.
1981 (agosto)	Inundación	Veracruz y Guerrero	Más de treinta mil damnificados.
1986 (junio)	Inundación	Veracruz	Ocho mil damnificados al desbordarse el río Ostula.
1988 (septiembre)	Huracán <i>Gilbert</i>	Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila	Pérdidas estimadas en más de 750 millones de dólares; 250 muertes y 150 mil damnificados.
1989 (junio)	Incendio forestal	Quintana Roo	Doce incendios afectaron 119 mil hectáreas, de las cuales ochenta mil corresponden a selva media y 35 mil a selva baja.
1989 (diciembre)	Plagas	Yucatán	Más de doscientas mil hectáreas dañadas por la langosta, principalmente hortalizas y pastizales.

Cuadro 5. Desastres ocurridos en México, 1926-1999 (continuación).

Año	Desastre	Estado	Comentarios
1990 (agosto)	Huracán <i>Diana</i>	Veracruz e Hidalgo	Pérdidas por más de 250 mil millones en Veracruz; cincuenta mil damnificados y 66 muertos en Hidalgo.
1993 (septiembre)	Huracán <i>Gert</i>	Veracruz, Hidalgo, Tamaulipas y San Luis Potosí	Cuarenta muertes y más de 72 mil damnificados.
1995 (octubre)	Huracanes <i>Opal</i> y <i>Roxanne</i>	Veracruz, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo y Campeche	Más de cuarenta mil damnificados por el huracán <i>Roxanne</i> . Treinta y dos muertes y 250 mil damnificados por el huracán <i>Opal</i> .
1998 (octubre)	Huracán <i>Mitch</i>	Tabasco, Yucatán, Campeche y Quintana Roo	13 mil damnificados.
1999 (octubre)	Lluvias torrenciales	Puebla, Hidalgo Veracruz, Tabasco y Oaxaca	329 muertos, más de 295 mil damnificados y 178 municipios afectados. Los daños estimados en más de diez mil millones de pesos. Las ciudades de Villahermosa, Tabasco, y Tulancingo, Hidalgo, estuvieron inundadas por varios días. Un alud sepultó casas en Teziutlán, Puebla.

Fuente: CENAPRED, 2001.

Cuadro 6. Daños causados por el huracán *Gilberto* en 1988.

Entidad	Agricultura			Asentamientos humanos			
	Daño total ha	Daño parcial ha	Casas habitación	Evacuados	Damnificados	Muertos	Heridos
Coahuila			653	5 000	3 500	5	-
Campeche	22 000	34 000	870	10 000	4 000	8	-
Nuevo León			3 820	30 000	20 000	180	3
Quintana Roo	-	100 000	1 468	35 000	8 000	16	-
Tamaulipas	18 407	33 721	1 778	39 374	10 110	10	43
Yucatán	54 600	101 400	1 150	20 000	6 000	6	-
Totales	95 007	269 121	9 739	139 374	51 610	225	46

Fuente: Bitrán, 2001.

En los cuadros 7 y 8 se presentan de manera más detallada los fenómenos ocurridos en 2005, así como los impactos en distintos rubros.

**Cuadro 7. Desastres ocurridos en el Golfo de México, 2005.**

Fenómeno	Localización	Daños directos (millones de pesos)	Daños indirectos (millones de pesos)	Total
Huracán <i>Emily</i>	Tamaulipas	1 491.5	38.7	1 530.2
	Yucatán	892.7	127.6	1 020.3
	Quintana Roo	431.1	679.7	1 110.8
Huracán <i>Stan</i>	Veracruz	2 034.40	501.4	2 535.7
Huracán <i>Wilma</i>	Quintana Roo	4 506.0	13 752.0	18 258.0
	Yucatán	295.3	219.5	514.8
Subtotal		9 122.30	2 095.40	24 969.70
Total nacional		21 482.4	22 774.8	44 257.2

Fuente: Graizbord *et al.*, 2007, con base en datos de CENAPRED, 2006.

**Cuadro 8. Impactos por rubro de los desastres ocurridos en el Golfo de México, 2005.**

Entidad federativa	Fenómeno	Muertos	Población afectada (personas)	Viviendas dañadas	Escuelas	Área de cultivo dañada y pastizales (ha)	Caminos afectados (km)	Total de daños (millones de pesos)
Veracruz	Tormenta tropical <i>Brett</i>	0	9 400	2 445	0	2	0	10.0
Quintana Roo	Huracán <i>Emily</i>	0	10 112	851	76	8 612	0	1 111.0
Yucatán	Huracán <i>Emily</i>	0	77 670	15 534	209	34 956	498.6	1 020.40
Tamaulipas	Huracán <i>Emily</i>	0	50 515	10 103	145	3 061	1 368.8	1 530.30
Veracruz	Lluvias fuertes	3	428	85	0	0	Dos puentes	6.90
Veracruz	Tormenta tropical <i>José</i>	0	1 635	676	0	0	0	2.70
Veracruz	Huracán <i>Stan</i>	0	13 490	2 698	407	61 480.50	231	2 535.70
Quintana Roo	Huracán <i>Wilma</i>	0	113 750	22 750	358	9 529.50	0	18 258.00
Yucatán	Huracán <i>Wilma</i>	0	31 150	6 230	115	39 786.80	107	514.9
<b>Subtotal regional</b>		3	308 150	61 372	1 310	157 428	2 205	24 990
<b>Total nacional</b>		109	620 052	123 389	2 602	422 900.3	21 323.9	44 290.5

Fuente: Graizbord *et al.*, 2007, con base en datos de CENAPRED, 2006.

La Secretaría de Gobernación reconoce que mientras el número de eventos extremos de origen geofísico, como los sismos, ha permanecido constante, la ocurrencia de desastres de origen hidrometeorológico se ha más que duplicado en las últimas décadas; durante los años noventa, más del 90% de las pérdidas humanas a causa de fenómenos naturales ocurrieron por huracanes, sequías, tormentas e inundaciones.

### **2.2.3 CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES**

La gestión del riesgo ante el cambio climático es un elemento fundamental del reto del desarrollo sustentable del país. Una estrategia de adaptación tiene ventajas, no sólo desde el punto de vista ambiental, sino también económico y social, pues en cada uno de los sectores considerados como muy vulnerables al cambio climático hay oportunidad de que, mediante políticas y estrategias, se reduzca su vulnerabilidad y mejore su manejo.

La ENACC marca algunos lineamientos que deberán contemplarse en cualquier acción institucional para diseñar y construir acciones de adaptación. En el cuadro 9 se muestran las líneas de acción para la adaptación.

Dicha estrategia también identifica las siguientes áreas para la construcción de capacidades nacionales: manejo de riesgos hidrometeorológicos y gestión de recursos hídricos, biodiversidad y servicios ambientales, agricultura y ganadería, zona costera y asentamientos humanos, así como generación y uso de energía. Al respecto, revisa la capacidad instalada en cada una de las áreas y plantea algunas capacidades por desarrollar, como elementos fundamentales para la adaptación. Se especifican retos de gestión y algunas orientaciones para la generación de conocimiento. En el cuadro 10 se resume la información relativa a las zonas costeras.

### Cuadro 9. Líneas de acción para la adaptación.

1. Revisar la estructura institucional enfocada a la gestión del riesgo frente a amenazas hidrometeorológicas para potenciar las capacidades instaladas.
2. Posicionar la actual capacidad de respuesta ante los impactos de la variabilidad climática, como plataforma para el desarrollo de capacidades de adaptación frente a los efectos del cambio climático.
3. Fortalecer espacios interinstitucionales para la toma de decisiones, basada en el mejor conocimiento disponible.
4. Identificar oportunidades para la convergencia de esfuerzos intersectoriales (sinergias y transversalidad).
5. Diseñar e implementar un Programa de Modelación del Clima como parte de un Sistema Nacional de Información Climática.
6. Potenciar el Ordenamiento Territorial como un instrumento preventivo frente a los impactos previsibles del cambio climático.
7. Incorporar en las Evaluaciones de Impacto Ambiental las consideraciones relativas a los efectos previsibles del cambio climático.
8. Revisar las políticas y prioridades de asignación del gasto público para enfatizar la prevención.
9. Considerar acciones de reducción de la vulnerabilidad, disminución del riesgo y generación de estrategias de adaptación en los planes de desarrollo regional, estatal y municipal.
10. Promover el uso de seguros como instrumentos de disminución de la vulnerabilidad en diferentes sectores.
11. Desarrollar un sistema de monitoreo, evaluación, corrección y reporte de las acciones de adaptación.
12. Diseñar e implementar el componente de Adaptación del Programa Especial de Cambio Climático.
13. Diseñar una estrategia de comunicación y educación que difunda los resultados de las investigaciones, que involucre a la sociedad y consolide su participación en el diseño de acciones preventivas y correctivas:
  - a) Difundir información de forma apropiada sobre la dinámica del fenómeno y sus riesgos presentes y previsibles.
  - b) Fortalecer las acciones de educación ambiental en diferentes sectores y niveles de enseñanza.
  - c) Informar y comunicar las posibilidades concretas de acción de cada sector de la sociedad.

Fuente: CICC, 2007.

**Cuadro 10. Lineamientos de adaptación para las zonas costeras.**

<b>Zonas costeras</b>
<p><b>a) Retos para la gestión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar una elevación del nivel medio del mar de 40 cm, como línea base para la planeación y construcción de capacidades de adaptación.</li> <li>• Adecuar la política nacional para el desarrollo sustentable de océanos y costas, con el fortalecimiento de capacidades nacionales frente al cambio climático.</li> <li>• Sistematizar la información oceanográfica nacional para su aplicación en la gestión de riesgos hidrometeorológicos.</li> <li>• Promover un marco normativo que incorpore el enfoque de ecosistemas, favorezca la conservación de la estructura y función de los ecosistemas costeros (biodiversidad y productividad) y la preservación de los hábitats.</li> <li>• Promover el desarrollo ordenado de la zona costera bajo un esquema de planificación del territorio con enfoque de largo plazo.</li> <li>• Fortalecer el ordenamiento ecológico costero.</li> <li>• Consolidar una estructura de planeación regional costera.</li> <li>• Construir sinergias entre el sector turístico, pesquero, hídrico y con el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).</li> <li>• Diseñar planes de preparación ante contingencias sanitarias y ambientales por municipio costero.</li> <li>• Fortalecer y revisar la implementación de diversos instrumentos de gestión, entre ellos la veda temporal y las áreas naturales protegidas (ANP) marinas y costeras, en función de las nuevas necesidades que impone el cambio climático.</li> </ul>
<p><b>b) Investigación y desarrollo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consolidar la cartografía de riesgos y vulnerabilidad costero-marina nacional frente al ascenso del nivel medio del mar bajo distintos escenarios de cambio climático.</li> <li>• Diseñar sistemas de información, evaluación y monitoreo de la situación ambiental de océanos y costas.</li> <li>• Crear modelos de distribución y abundancia de especies marinas y costeras, en función de los diferentes escenarios climáticos.</li> <li>• Realizar modelación de afectaciones a las pesquerías.</li> <li>• Zonificar las regiones costeras y marinas, y vincularlas con instrumentos de gestión.</li> <li>• Evaluar las medidas de adaptación, así como el rediseño e ingeniería de la infraestructura turística.</li> <li>• Realizar estudios de valoración económica de medidas preventivas y de los impactos costeros derivados de eventos extremos.</li> <li>• Rehabilitar los ecosistemas costeros afectados por desastres.</li> <li>• Evaluar la afectación del ascenso del nivel del mar sobre los centros urbanos costeros, en particular en los sistemas de agua potable y saneamiento.</li> <li>• Ponderar las acciones potenciales para favorecer la estabilización de playas y dunas.</li> </ul>

Fuente: CICC, 2007.

En relación con la zona costera, el documento especifica que en el territorio nacional, de las 32 entidades federativas, 17 tienen frente litoral, y que la longitud de la línea de costa, sin contar el territorio insular, es de 11 122 km, de los cuales 7 828 km corresponden al océano Pacífico y el Golfo de California, mientras que los estados del Golfo de México y el Mar Caribe contribuyen con los 3 294 km restantes.

*La Estrategia Nacional de Cambio Climático (2007)* afirma que los efectos del cambio climático serán particularmente agudos en las zonas costeras del país debido no sólo a la distribución de las rutas ciclónicas, sino también a la gran concentración de población y actividades económicas que caracterizan a dichas zonas.

Estima que aproximadamente 15% de la población total del país habita los 150 municipios que conforman la franja litoral, y un sector importante vive bajo condiciones de alta marginación social. “Sin duda los cambios potenciales en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales y el ascenso del nivel medio del mar (nmm) son los principales problemas asociados con el cambio climático en la zona costera”<sup>8</sup>.

Identifica que dentro de la zona costera son particularmente vulnerables a cambios en el clima:

- a) Los humedales.
- b) Los cursos de agua permanentes —que pasarían a estacionales— y los estacionales, los cuales tendrían un caudal más irregular o incluso desaparecerían.
- c) Los arrecifes coralinos.

“El riesgo es mayor para hábitats aislados que albergan fauna endémica, sin capacidad de migrar, o donde no existe la posibilidad de establecer corredores”<sup>9</sup>.

Indica también que debido al cambio climático podrían desaparecer en el corto plazo poblaciones importantes y los hábitats que las sustentan; a mediano plazo, la totalidad de ciertos tipos de hábitat podrían resultar afectados. Ello también tendría repercusiones en el sector pesquero, tomando en cuenta que los humedales costeros y los arrecifes coralinos son criaderos para muchas especies de interés comercial.

---

8 CICC, 2007.

9 Ídem 6.

La ENACC ha identificado cinco regiones de atención en la zona costera: tres se relacionan con las cuencas de los ríos Bravo y Papaloapan, y con el complejo deltaico Mezcalapa-Usumacinta; las otras dos áreas se sitúan en la península de Yucatán (cuadro 11). El documento afirma que las características socioambientales de las costas mexicanas hacen particularmente compleja la construcción de capacidades para enfrentar los efectos adversos del cambio climático; no obstante, se cuenta con algunos avances en materia de infraestructura costera y diseño de instrumentos de gestión ambiental, que son importantes insumos para la adaptación.

**Cuadro 11. Afectaciones por incremento del nivel medio del mar (nmm) en regiones críticas de la zona costera.**

Regiones críticas	Afectación por incremento nmm entre 0-1 m	Afectación por incremento nmm entre 1-2 m
Llanura deltaica del río Bravo	No es notoria la afectación por incremento en el nivel del mar; está bordeada por barreras de amortiguamiento (cordones y dunas, de 1-2 m).	
Laguna de Alvarado y curso bajo del río Papaloapan, Veracruz	Área de afectación: 902 km <sup>2</sup> , 47.5 km tierra adentro sobre tierras bajas.	Área de afectación: 168 km <sup>2</sup> adicionales.
Complejo deltaico Mezcalapa-Usumacinta, Tabasco	Área de afectación: 3 000 km <sup>2</sup> .	Área de afectación: 2 000 km <sup>2</sup> adicionales.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de la laguna de Términos</li> <li>• Río Usumacinta</li> <li>• Río Grijalva</li> <li>• Laguna Machona</li> </ul>	<p>Hasta 20 km tierra adentro</p> <p>Hasta 55 km tierra adentro.</p> <p>Hasta 25 km tierra adentro.</p> <p>Hasta 6 km tierra adentro.</p>	<p>---</p> <p>Hasta 62 km tierra adentro.</p> <p>Hasta 32 km tierra adentro.</p> <p>Hasta 8 km tierra adentro.</p>
Los Petenes, Campeche	Área de afectación: 520 km <sup>2</sup> , hasta 16 km tierra adentro.	Área de afectación: 200 km <sup>2</sup> , adicionales y hasta 19 km tierra adentro.
Bahías de Sian Ka'an, Quintana Roo	Área de afectación: 585 km <sup>2</sup> , hasta 500 m tierra adentro. Puntualmente en los esteros llega a alcanzar hasta 32 km tierra adentro.	Área de afectación: 18 km <sup>2</sup> adicionales y hasta 29 km tierra adentro.

Fuente: adaptado de la Primera Comunicación Nacional (INE, 1997), en CICC, 2007.

Así, en la ENACC se indican los recursos, normas e instituciones que podrían hacer frente a esta problemática. En el cuadro 12 se muestran dichas capacidades.

**Cuadro 12. Capacidades ante la problemática de zonas costeras.**

Infraestructura	Normativa	Capacidad institucional	Instrumentos de política ambiental
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeños refugios pesqueros, marinas y puertos de abrigo.</li> <li>• 107 puertos y terminales marítimas, que constituyen el Sistema Nacional Portuario.</li> <li>• 38 puertos dedicados al turismo.</li> <li>• 19 puertos relacionados con las actividades petroleras.</li> <li>• 42 puertos de uso comercial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diecisiete leyes y ocho reglamentos federales que norman las zonas costera y marina, entre ellos la Ley Federal del Mar, la Ley General de Bienes Nacionales, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Puertos, la Ley de Navegación, la Ley Federal de Turismo y la Ley Federal de Derechos.</li> <li>• Las Administraciones Costeras Integrales (ACI), impulsadas por la SCT, se encuentran en proceso de desarrollo e instrumentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueve dependencias tienen competencia directa o indirecta en la zona costera, destacan las secretarías de Marina, SEMARNAT, SCT, SECTUR, SENER y SAGARPA.</li> </ul> <p>Este blindaje institucional permitirá enfrentar los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos y articular la Política Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas, a fin de fortalecer las capacidades frente al cambio climático.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordenamientos ecológicos y evaluaciones de impacto ambiental, que regulan los cambios de uso del suelo en la zona costera, así como la construcción de obras hidráulicas, vías de comunicación, oleoductos, gasoductos, complejos petroquímicos y siderúrgicos, y la exploración y explotación de minerales, entre otros.</li> <li>• Decretos y manejos de áreas naturales protegidas costero-marinas, ya que el cuidado de los ecosistemas costeros permitiría atenuar los impactos. Tal es el caso del mantenimiento de manglares como barreras preventivas ante los efectos de huracanes.</li> </ul>

Fuente: CICC, 2007.

Los principales controladores del cambio en las cuencas de todo el territorio costero del Golfo de México son la transformación de los ecosistemas naturales en agricultura de temporal y ganadería (pastizal). Esto es particularmente cierto para los manglares y vegetación de humedales.

En síntesis, las fuerzas que mueven estos cambios aparecen como las principales dimensiones a ser atendidas por proyectos y políticas, de tal manera que se detengan y reviertan sus tendencias y efectos. Ningún proceso de adaptación podrá ser impulsado sin considerar esto.

La adaptación debe contemplarse como un proceso en el que el progreso se efectúa en tres etapas o ejes:

- a) Construcción de capacidades, esto es, crear las capacidades en todos los niveles, desde el individuo hasta las instituciones.
- b) Institucionalización y participación de la sociedad; por ejemplo con talleres y mecanismos de toma de decisiones, del tipo de alerta temprana.
- c) Investigación en los distintos sectores, con mecanismos de información a la sociedad y búsqueda de soluciones conjuntas.

Asimismo, se plantea que en México lo que cuenta en definitiva es la realización de acciones efectivas de mitigación de emisiones de GEI, se basen o no en la asunción de compromisos jurídicamente vinculantes<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Ídem 8.

## 2.3 Vulnerabilidad y adaptación: definiciones, realidades e indicadores

Cuauhtémoc León *et al.*

Boris Graizbord *et al.*

Víctor Magaña *et al.*

### 2.3.1 DEFINICIONES DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

Términos como vulnerabilidad, adaptación, riesgo o amenaza tienen distintas connotaciones, a veces incompatibles o contradictorias, dependiendo desde qué materia o punto de vista se aborden. Este problema emerge particularmente cuando se desea cuantificarlos, pues si bien pudiera haber un acuerdo en que amenaza + vulnerabilidad = riesgo, la forma en que una y otra se estiman implica retos mayúsculos para su combinación. La dificultad consiste en que no se manejan los mismos parámetros de comparación (elementos cuantitativos *versus* elementos cualitativos, por ejemplo, o factores sociales *versus* factores económicos).

Así, en el caso de la definición de vulnerabilidad, se tienen diversas acepciones (cuadro 1)<sup>1</sup>. En algunas de ellas se puede apreciar que la vulnerabilidad no es un concepto estático, sino que es un proceso y puede ser modificado.

---

1 Thywissen, 2006.

**Cuadro 1. Diferentes términos y definiciones de vulnerabilidad.**

Aceptación	Referencia
La evaluación de vulnerabilidad mide el riesgo de las amenazas potenciales y el nivel de vulnerabilidad de sociedades e individuos. Debe identificar la ubicación de poblaciones vulnerables y las amenazas a su bienestar.	UNEP (2000).
Condición humana o proceso; resultado de factores físicos, económicos o ambientales, que determina la probabilidad y escala del daño por la manifestación de cierto riesgo.	UNDP (2004).
Es la característica de una persona o grupo relacionada con su capacidad de anticipar, lidiar, resistir y recuperarse del impacto de un desastre natural.	Alwang <i>et al.</i> (2001).
El nivel de pérdida generado por un evento natural de cierta magnitud, expresado en una escala de 0 a 1 ( <i>sin daños a pérdida total</i> ), o en porcentaje del valor de sustitución de la propiedad dañada.	Tiedman (1992) y Buckle <i>et al.</i> (2000).
Es una medida general de la susceptibilidad de sufrir pérdidas o daños. Entre mayor sea la vulnerabilidad, mayor es la exposición a pérdidas o daños.	Departamento de Servicios Humanos (2000).
Resumiendo la literatura ambiental: vulnerabilidad es la exposición de individuos o grupos a estrés en sus sistemas de sustento por cambios en el medio ambiente.	Alwang <i>et al.</i> (2001).
Vulnerabilidad se define provisionalmente como el grado en que un sistema es sensible o incapaz de resistir a los impactos adversos estimulados por el cambio global. Por lo tanto, la vulnerabilidad está en función de la exposición del sistema a estímulos del cambio global y de su capacidad adaptativa, o sea, su habilidad para lidiar con tales estímulos.	Klein (2003).
La inseguridad del bienestar de individuos, hogares o comunidades frente a un medio ambiente cambiante.	Mosser y Holland, 1989, citado en Alwang <i>et al.</i> (2001).

Los aspectos sociales, económicos y biofísicos (ecológicos, geográficos o climáticos) son difíciles de integrar, pues se interpretan o estudian en distintas disciplinas. Por ello es necesario proponer indicadores que regional o mundialmente ya hayan sido utilizados para denotar cambios sociales enmarcados como sustentables y que puedan ser interpretados como capacidades de adaptación. Un ejemplo es el Índice de Desarrollo Humano (mundial, regional y nacionalmente definido y documentado). Otro, sólo de carácter regional y restringido a estimar la vulnerabilidad ante el cambio climático o eventos extremos en la costa estadounidense del Golfo de México, es el Índice de Vulnerabilidad Costera utilizado por la *National Oceanic and Atmospheric Administration*.

Al igual que vulnerabilidad, el término “adaptación” tiene diferentes implicaciones bajo distintas perspectivas o definiciones<sup>2</sup>, pero también se considera un proceso modificable por las acciones humanas, como se ve en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Distintas definiciones para el término adaptación.**

Adaptación al cambio climático
<p><b>Adaptación:</b> ajuste en sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, o sus efectos, que moderan el daño y aprovechan las oportunidades benéficas. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, incluyendo adaptación anticipatoria o reactiva, privada o pública, y autónoma o planeada (IPCC, 2001).</p>
<p><b>Adaptación:</b> etapas prácticas para proteger países y comunidades de las perturbaciones y daños previsibles que resultarán de los efectos del cambio climático. Por ejemplo, se deben construir barreras de inundación y en un buen número de casos probablemente sea aconsejable reubicar asentamientos humanos fuera de las planicies de inundación y otras áreas bajas (página web del Secretariado de la CMNUCC).</p>
<p><b>Adaptación:</b> es un proceso por medio del cual se mejoran, desarrollan e implementan estrategias para moderar, hacer frente y tomar ventaja de las consecuencias de eventos climáticos (PNUD, 2005).</p>
<p><b>Adaptación:</b> el proceso o resultado de los procesos que conduce a una reducción del daño o el riesgo de daño, o a la obtención de beneficios asociados con la variabilidad climática y el cambio climático (Programa de Impacto Climático de Reino Unido, UKCIP, 2003).</p>

---

2 Levina y Tirpak, 2006.

## 2.3.2 VULNERABILIDAD SOCIAL

De acuerdo con Cutter *et al.* (2003), la vulnerabilidad ante los riesgos del medio ambiente significa el potencial de pérdida. Dichas pérdidas varían dependiendo de diversos factores, como la ubicación geográfica y los grupos sociales que enfrentan un evento extremo.

Estos autores indican tres principios fundamentales para abordar la vulnerabilidad: la identificación de las condiciones que vuelven inseguros los lugares (y las comunidades) ante los eventos naturales extremos<sup>3</sup>; la suposición de que la vulnerabilidad es una condición social, una medida de la resistencia de la comunidad ante el peligro<sup>4</sup>, y por último, la integración del potencial de exposición y resistencia social específico de una región o lugar particular<sup>5</sup>.

Los autores mencionados afirman que la vulnerabilidad social ha sido largamente ignorada, debido principalmente a la dificultad de cuantificarla, lo cual explica también el porqué las pérdidas sociales normalmente están ausentes de las estimaciones de los reportes post-desastre. En su lugar, la vulnerabilidad social frecuentemente se describe usando las características individuales de las personas (edad, salud, ingresos, tipo de vivienda, empleo). No se puede olvidar que la vulnerabilidad social es parcialmente el producto de la desigualdad social, las características propias de las comunidades y la conformación del entorno, entre otros factores, como los niveles de urbanización o marginación, al igual que el desarrollo y la vitalidad de la economía.

Hoy en día ha habido algunos esfuerzos de investigación enfocados en comparar la vulnerabilidad de un sitio y otro. Por ejemplo, ¿se tiene un conjunto consistente de indicadores para evaluar la vulnerabilidad social que facilita la comparación entre diversos sitios?, ¿qué tan bien diferencian esos indicadores los lugares y qué tanto explican tales factores?, ¿qué distingue pérdidas económicas de riesgos naturales?

---

3 Burton *et al.*, 1993; Anderson, 2000.

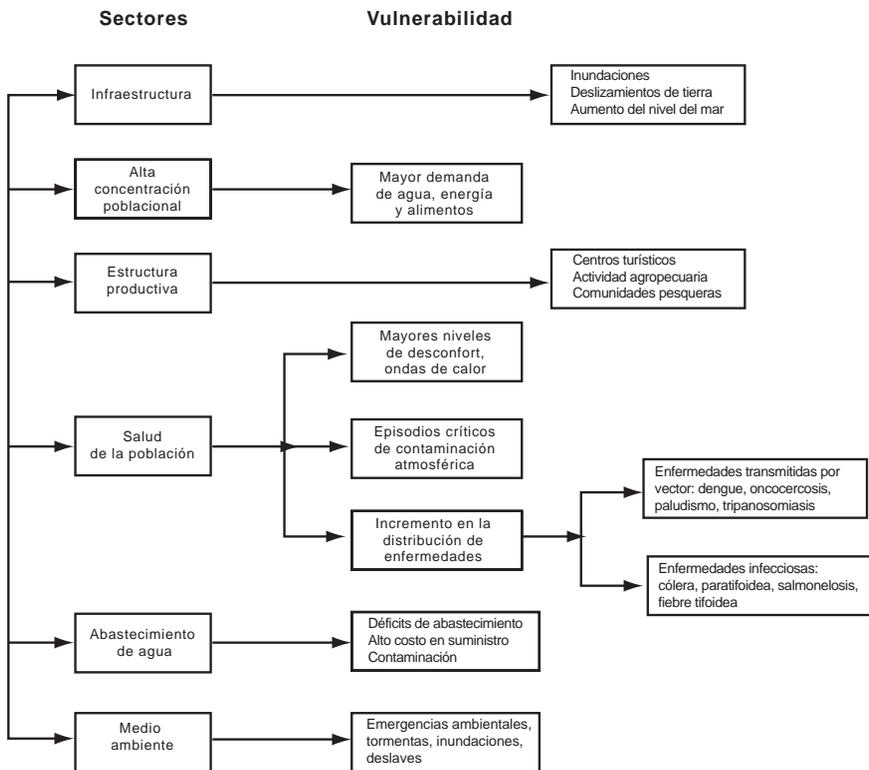
4 Blaikie *et al.*, 1994; Hewitt, 1997.

5 Kasperson y Turner, 1995; Cutter *et al.*, 2003.

Es necesario tomar en cuenta que la influencia mutua entre vulnerabilidades sociales y biofísicas produce el total de la vulnerabilidad de los diversos sitios que se estudien.

La figura 1 ilustra algunas relaciones entre sectores y sus respectivos elementos, o fuentes de vulnerabilidad o amenazas<sup>6</sup>.

Figura 1. Relaciones entre sectores y sus respectivos elementos, o fuentes de vulnerabilidad o amenazas.



Fuente: CICC, 2006.

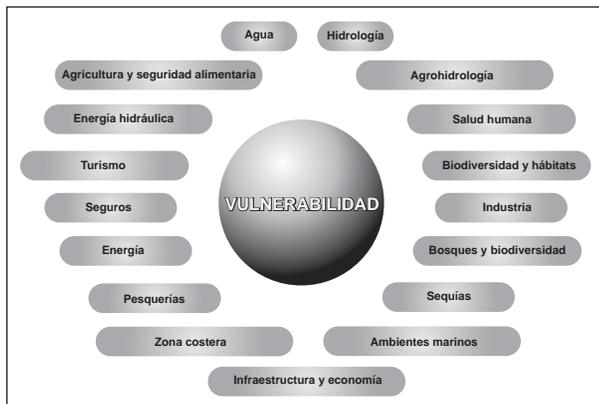
6 Aguilar, 2006.

Los efectos combinados tanto de los impactos locales de origen antropogénico como aquellos del cambio climático ponen en duda la propia sustentabilidad, al grado que se ha calificado como la “perfecta tormenta”<sup>7</sup>. Así, cambio climático y sustentabilidad se vinculan. Por ello, los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU<sup>8</sup>, en cuanto a la agenda social, económica y biofísica, también se entrelazan con los fenómenos asociados con dicho cambio climático: “la sostenibilidad no podrá lograrse con los modelos actuales de consumo y de uso de recursos ... Los cambios climáticos están provocando una elevación del nivel del mar y acrecentando el peligro de sequías e inundaciones. Se sobreexplotan la pesca y otros recursos marinos<sup>9</sup>”.

### 2.3.3 VULNERABILIDAD EN LOS PRÓXIMOS TREINTA AÑOS

Los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de la cual México es miembro desde 1994, han identificado diversas áreas de vulnerabilidad, las cuales pueden observarse en la figura 2.

Figura 2. Áreas de vulnerabilidad.



7 Vergara, 2005.

8 Los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU abarcan desde reducir a la mitad la pobreza extrema hasta detener la propagación del VIH/SIDA y la consecución de la enseñanza primaria universal para el año 2015. Constituyen un plan convenido por todas las naciones del mundo y las instituciones de desarrollo más importantes en el orbe. Los objetivos han galvanizado esfuerzos sin precedentes para ayudar a los más pobres. El objetivo número siete es “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”.

9 Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU.

La vulnerabilidad al cambio climático en el corto plazo, como el incremento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos o periodos de sequía más prolongados, afecta directa e inmediatamente a sectores como la agricultura, la pesca, el turismo y, en particular, a la industria petrolera. Todos ellos de importancia en la zona del Golfo de México. Por otra parte, hay efectos del cambio climático que corresponden al aumento de temperatura y también al incremento permanente de lluvias que son de mediano plazo. Las posibles consecuencias también ameritan ser estudiadas en detalle. En las siguientes páginas se describen brevemente algunas de las principales amenazas y los sectores en riesgo. En la sección 7.1 se hace una descripción detallada de las medidas propuestas para hacer frente a estas amenazas.

### 2.3.3.1 Aumentos en el nivel del mar

Un planeta con temperaturas más elevadas resultará en cambios en el clima a escala global, los cuales incluyen un ciclo hidrológico más intenso, deshielo de los casquetes polares y glaciares, y aumentos en el nivel del mar. Un incremento del nivel del mar de uno o dos metros podría traer severas consecuencias para las regiones costeras, afectando los ecosistemas de humedales, las zonas urbanas y rurales, la pesca, la salud pública, la agricultura y la ganadería.

### 2.3.3.2 Cambios en el ciclo anual del clima

Una de las consecuencias estudiadas del cambio climático son las modificaciones en los patrones de precipitación, como el inicio y fin de la temporada de lluvias. Si bien los sistemas humanos y naturales están adaptados a ciertas condiciones predominantes en el clima, ante el cambio climático se tendrán que identificar nuevas formas de adaptación. Entre los principales sectores afectados destacan la biodiversidad y los ecosistemas, la agricultura, y la producción y distribución de energía.

### 2.3.3.3 Eventos extremos de calor

La temperatura en los últimos cien años ha ido en aumento; en México, esta condición varía de región en región. Las temperaturas altas causan situaciones fuera de los rangos de confort tanto para los humanos como para los ecosistemas terrestres y marinos. Esto tiene repercusiones en la productividad primaria y, por lo tanto, en la robustez de los sistemas naturales para atenuar los efectos negativos del cambio. Entre los sectores más afectados se encuentran salud pública, energía, biodiversidad y ecosistemas, y agricultura.

### 2.3.3.4 Sequía

La disminución de precipitación por debajo de un valor "normal" o promedio se define como sequía meteorológica, la cual se manifiesta como una disminución en escurrimientos, caudales de ríos y niveles de almacenamiento de presas. Esto afecta la disponibilidad de agua para diversos sectores, entre los que destacan agricultura y ganadería, zonas urbanas y rurales, así como para los ecosistemas y la biodiversidad. Se espera que las sequías se incrementen en duración e intensidad.

### 2.3.3.5 Lluvias intensas o extraordinarias

Si bien los modelos climáticos globales no dan una respuesta contundente acerca de la cantidad de precipitación esperada, estiman que en el sur del país la precipitación aumentará y en el norte disminuirá. En lo que sí hay gran certeza es en el incremento de intensidad de los eventos extremos de lluvia. Es por ello que se debe poner atención particular a las precipitaciones de tormenta y sus efectos, así como en las medidas que desarrollen sistemas de alerta temprana y protección civil. Los sectores agrícola, energético, industrial, comunicaciones y transportes, y salud, así como las zonas urbanas y rurales presentan la mayor vulnerabilidad.

### 2.3.3.6 Huracanes

Ante el cambio climático, los huracanes se verán modificados en su ocurrencia e intensidad. Según los modelos climáticos, para la región de México se espera un aumento en su intensidad. Este tipo de fenómenos causa daños severos en las regiones

costeras año con año, por lo que las medidas de prevención y sistemas de alerta temprana toman gran relevancia. Los huracanes afectan los mismos sectores que las lluvias extremas, con la adición del sector pesquero.

## 2.3.4 INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y OPCIONES GENERALES DE ADAPTACIÓN

Uno de los principales indicadores recomendado para diversos proyectos, similares al abordado en esta publicación, es el Índice de Vulnerabilidad Ambiental<sup>10</sup>. El cuadro 3 enlista de manera resumida las variables que lo componen.

Cuadro 3. Variables del índice de vulnerabilidad ambiental.

Índice de vulnerabilidad ambiental (PNUMA)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad del viento/huracanes.</li> <li>• Sequías/déficit de lluvia.</li> <li>• Lluvias extremas.</li> <li>• Periodo de calor.</li> <li>• Periodo de frío.</li> <li>• Temperatura del mar.</li> <li>• Volcanes.</li> <li>• Sismos.</li> <li>• Tsunamis.</li> <li>• Deslaves.</li> <li>• Superficie total.</li> <li>• Dispersión: línea de costa/superficie.</li> <li>• Aislamiento/condición de isla.</li> <li>• Relieve.</li> <li>• Proporción de territorio de planicie costera.</li> <li>• Fronteras compartidas.</li> <li>• Desequilibrio en ecosistemas con pesca.</li> <li>• Apertura ambiental/bienes importados.</li> <li>• Especies migratorias.</li> <li>• Endemismo/especies endémicas por superficie.</li> <li>• Especies introducidas.</li> <li>• Especies en peligro.</li> <li>• Especies extintas.</li> <li>• Superficie con vegetación natural.</li> <li>• Porcentaje de cambio de vegetación natural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmentación de hábitat.</li> <li>• Porcentaje de área degradada.</li> <li>• Áreas terrestres protegidas.</li> <li>• Áreas marinas protegidas.</li> <li>• Producción pecuaria.</li> <li>• Fertilizantes.</li> <li>• Pesticidas.</li> <li>• Número de campos con organismos genéticamente modificados.</li> <li>• Captura pesquera.</li> <li>• Esfuerzo pesquero.</li> <li>• Explotación/recarga de agua.</li> <li>• Emisión de dióxido de azufre.</li> <li>• Producción de residuos (tóxicos y municipales).</li> <li>• Disposición y tratamiento de residuos.</li> <li>• Consumo eléctrico industrial.</li> <li>• Derrames de petróleo y tóxicos.</li> <li>• Producción minera.</li> <li>• Población con agua potable y drenaje/ agua tratada.</li> <li>• Número de vehículos/área.</li> <li>• Densidad de población.</li> <li>• Crecimiento de la población.</li> <li>• Turistas/área.</li> <li>• Densidad de asentamientos costeros.</li> <li>• Tratados ambientales.</li> <li>• Conflictos.</li> </ul>

10 EVI (Environmental Vulnerability Index), ONU.

Las distintas medidas de adaptación y su relación con ciertos indicadores pueden verse en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Indicadores para estimar la sensibilidad y capacidad de adaptación ante desastres por sector.**

	Sector	Indicador/dato	Relación funcional	Aproximación de
Sensibilidad	Asentamientos e infraestructura	Población en riesgo por incremento en el nivel del mar.	A mayor población por incremento en el nivel del mar, mayor sensibilidad.	Población que sería afectada por muerte o por tener que ser desplazada si aumenta el nivel del mar.
		Población sin acceso a agua potable de calidad.	A mayor porcentaje de población sin acceso a agua potable y de calidad, mayor sensibilidad.	Población sin acceso a agua potable de calidad ante la variabilidad o cambio climático.
		Población sin acceso a servicios de drenaje y alcantarillado.	A mayor porcentaje de población sin acceso a servicios sanitarios de drenaje y alcantarillado, mayor sensibilidad.	Población sin acceso a servicios sanitarios de drenaje y alcantarillado.
	Seguridad alimentaria	Producción de cereal por superficie de tierra agrícola.	A mayor producción de cereales por superficie de tierra agrícola, menor sensibilidad.	Grado de modernización en la agricultura; acceso de los productores a los insumos.
		Índice de riesgo nutricional modificado por la ingesta de proteína animal.	A mayor índice de riesgo nutricional modificado menor sensibilidad.	Calidad nutrimental de la población.
	Salud	Tasa global de fecundidad.	A mayor tasa global de fecundidad, mayor sensibilidad.	Condiciones de salud de la población, incluyendo la exposición a riesgos de enfermedades y el acceso a servicios de salud.
		Esperanza de vida al nacimiento.	A mayor esperanza de vida, menor sensibilidad.	
	Ecosistema	Irrigación.	A mayor porcentaje de irrigación, mayor sensibilidad.	Grado de intrusión del ser humano en el paisaje natural y fragmentación del suelo.
		Fertilizante utilizado por superficie de área cultivada.	A mayor intensidad de fertilizantes utilizados por superficie de área, mayor sensibilidad.	Grado de presión al ecosistema por contaminación de nitrógeno y fósforo.

**Cuadro 4. Indicadores para estimar la sensibilidad y capacidad de adaptación ante desastres por sector (continuación).**

	Sector	Indicador/dato	Relación funcional	Aproximación de
Ecosistema	Recursos de agua	Grado de presión. Precipitación.	A mayor grado de presión, mayor sensibilidad..	Relación entre el volumen de agua concesionada y la disponibilidad natural de agua.
Capacidad de adaptarse y hacer frente a un desastre.	Capacidad económica.	Producto Interno Bruto, (PIB) per cápita.	A mayor PIB per cápita mayor capacidad de adaptación y capacidad de enfrentarse al cambio climático.	Contribución potencial del total de la población.
		Índice modificado de desarrollo humano, IMDH.	A mayor IMDH, mayor capacidad de adaptación.	Nivel de desarrollo social y humano de la población.
	Recursos humanos y cívicos.	Razón de dependencia.	A mayor razón de dependencia, menor capacidad de adaptación.	Población dependiente de la población económicamente activa.
		Promedio entre el alfabetismo y el nivel de escolaridad.	A mayor promedio entre el alfabetismo y nivel de escolaridad, mayor capacidad de adaptación y enfrentamiento al cambio climático.	Capital humano y capacidad de adaptación de la fuerza de trabajo.
	Capacidad ambiental.	Porcentaje de suelo no utilizado.	A mayor porcentaje de suelo utilizado, menor capacidad de adaptación.	Fragmentación del paisaje y facilidad de migración del ecosistema.
		Emisiones de SO <sub>2</sub> /superficie de área.	A mayor proporción de emisiones, menor capacidad de adaptación.	Calidad del aire y otras presiones sobre el ecosistema.
		Densidad poblacional.	A mayor densidad poblacional, menor capacidad de adaptación.	Presión y estrés de la población sobre el ecosistema.

La vulnerabilidad y el riesgo son difíciles de definir por la amplia gama de variables que intervienen en su determinación; lo mismo sucede con los índices o indicadores que pueden utilizarse para medir el grado de vulnerabilidad de la zona del Golfo de México. Existen dos propuestas de índice que podrían relacionarse perfectamente con el área de estudio. El primero es el Índice de Vulnerabilidad Costera, específicamente construido con variables físicas de la costa y para el cual se tienen datos de las entidades costeras de Estados Unidos. El segundo es el Índice de Vulnerabilidad

Social, que aunque en cierta medida está aún restringido al uso académico, ya puede ser utilizado y revisado.

Los ecosistemas costeros tienen dos referentes: aquellos esfuerzos realizados en países vecinos del Golfo de México (como el caso de la Vulnerabilidad Costera) y los más genéricos, asociados con los atributos de los ecosistemas o paisajes, como el fenómeno de la fragmentación. Un esfuerzo que sin duda se debe considerar es el que Estados Unidos ha realizado para sus costas y océanos (cuadro 7), tal y como se aprecia en el reporte *State of the Nation's Ecosystems*, publicado por el Centro Heinz<sup>11</sup>, y que aborda las condiciones de la tierra, las aguas y los recursos naturales del país del norte.

La vulnerabilidad como concepto en relación con el cambio climático está en discusión, particularmente por las implicaciones no sólo de su definición, sino sobre todo por la capacidad de medirla social, económica y ecológicamente<sup>12</sup>, por lo que cualquier esfuerzo para identificar, medir o estimar la vulnerabilidad es un paso indispensable para desarrollar acciones de adaptación.

Sin embargo, cualquier medida o acción realizada, ya sea formal (entendida como impulsada por una acción gubernamental, sea proyecto o política pública) o informal (desarrollada por cualquier otro segmento de la sociedad, como academia, organismo no gubernamental o las propias comunidades), dirigida a disminuir la vulnerabilidad puede considerarse en sí misma exitosa, puesto que contribuye al proceso de adaptación.

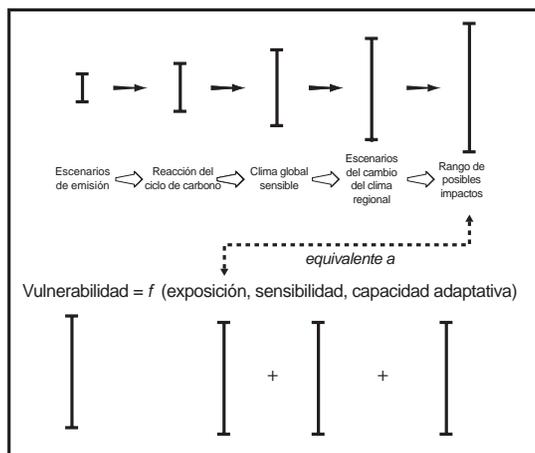
La figura 3 ilustra parte de la complejidad asociada con la incertidumbre y la vulnerabilidad, y es útil para entender que las decisiones bajo incertidumbre requieren evaluar las opciones y los costos de hacer o no inversiones. La incertidumbre proviene de dos principales fuentes: las emisiones futuras de GEI asociadas con el esquema de desarrollo socioeconómico mundial, nacional y regional, y la proveniente de los modelos de circulación general de la atmósfera (GCM por sus siglas en inglés). A esto debe agregarse la distorsión creada al reducir la escala de los resultados de los GCM para aplicarlos en el contexto regional (para mayores detalles ver las secciones 6.1 y 6.2).

---

11. The Heinz Center for Science, Economics and Environment, 2007.

12. O'Brien *et al.*, 2004.

Figura 3. Rango de incertidumbre asociado con el impacto de cambio climático (parte superior) y con elementos de vulnerabilidad y capacidad de adaptación.



Fuente: O'Brien et al., 2004.

El cuadro 5 presenta algunos indicadores de la capacidad adaptativa en América Latina.

Cuadro 5. Indicadores de la capacidad adaptativa en América Latina.

Región	Impactos regionales probables del cambio climático	Vulnerabilidad y capacidad de adaptación
América Latina	<p>La pérdida y disminución de glaciares tendrán efectos negativos en los escurrimientos y el abastecimiento de agua en áreas donde el deshielo es un importante recurso de agua.</p> <p>El aumento en frecuencia de inundaciones y sequías puede conducir a la disminución de la calidad del agua en algunas áreas.</p> <p>El incremento en la intensidad de ciclones tropicales modificará el riesgo en ecosistemas, vida y propiedad por lluvias extremas, inundaciones, tormentas y vientos.</p> <p>El aumento del nivel del mar tendrá efectos negativos en asentamientos humanos costeros, actividades productivas, infraestructura y humedales.</p>	<p>Algunos indicadores sociales han mejorado en la década de 1990, incluyendo el alfabetismo en adultos, la esperanza de vida y el acceso al agua potable. Sin embargo, otros factores como mortalidad infantil elevada, baja matriculación en escuelas secundarias y gran desigualdad de ingresos contribuyen para limitar la capacidad adaptativa.</p> <p>Los sectores de interés particular son agricultura, pesquerías, manejo de recursos hídricos, infraestructura y salud.</p>

Fuente: World Bank, 2003.

El tiempo es un factor que debe tomarse en cuenta. Las acciones de adaptación, se hayan hecho ex profeso o no, son muy recientes y a veces no existen elementos suficientes como para estimar su duración o éxito, por lo cual es válido preguntar: ¿algo que se hizo hace cinco o diez años y sobrevivió, se puede considerar exitoso a la luz de los procesos ecológicos y biológicos? Y más todavía, ¿con respecto al propio cambio climático?

Por otra parte, hay pocos estudios disponibles para calificar acciones, proyectos o políticas exitosas (o simplemente valuadas), que permitan discutir el concepto y sistematizar algunos casos. Pocos estudios utilizan formas de evaluar que puedan ser comparables, sobre todo por las variables sociales y económicas.

En el ámbito institucional podría afirmarse incluso que el haber dado un paso nacional, donde se reconocen, proponen o desarrollan acciones para adaptarse al cambio climático, sean formales o informales es, en sí mismo, algo positivo, al igual que las acciones que aumentan las posibilidades de adaptarse, disminuyendo los riesgos y mejorando las condiciones en todos sentidos. Cualquier acción de restauración, abordada como una intervención para reparar las propiedades de un sistema ecológico y productivo, podría considerarse, sin duda, un caso excepcional de éxito.

Al respecto, hay un concepto emergente, conocido como *climate-safe* o “a prueba del clima”, que permite calificar o evaluar los sistemas o propuestas (sea infraestructura, políticas, o sistemas productivos), así como identificar elementos vulnerables y áreas de atención. Todo aquello que sea tolerante a las variaciones climáticas (que evite que un fenómeno natural extremo se convierta en desastre) sería un caso de éxito, al igual que toda aquella acción que evite el deterioro, conserve o restaure un ecosistema; lo mismo ocurre con aquello que impida la fragmentación de los sistemas (corredores biológicos, áreas de migración o movimiento de los hábitats).

Algunas medidas necesarias para disminuir la vulnerabilidad tienen que ver con lo siguiente: contar con tecnología de punta que permita prever riesgos climáticos (alerta temprana); promover cambios institucionales y legales que robustezcan el sistema fiscal para crear incentivos; apoyar a las organizaciones civiles, y lograr la

participación pública en la toma de decisiones. Por otra parte, la planeación territorial (urbana, sectorial, ordenamientos ecológicos del territorio, ordenamientos comunitarios) y transferencia de tecnología son instrumentos que contribuyen a los procesos de adaptación.

Muchas otras agencias insisten en que los Objetivos del Milenio y los temas particularmente asociados con la pobreza obligan a que en las acciones de adaptación se contemplen las metas de desarrollo y, sobre todo, no se renuncie a alcanzarlas; es decir, a considerar las aspiraciones legítimas de los países en desarrollo. En ese contexto, ver las acciones de adaptación relacionadas con los humedales, y calificarlas de exitosas es un ejercicio complicado, delicado y peligroso, puesto que la propuesta y el enfoque de las agencias multinacionales es más ambicioso. Por un lado, lo relacionan con la capacidad de prevenir y enfrentar los riesgos de los desastres naturales y, por el otro, con el propio desarrollo y la reducción de la pobreza. En este contexto, buscar acciones relacionadas con los humedales, en donde además se contemple el propio desarrollo de su población, sobre todo reducir la pobreza, es muy difícil. Así, disminuir la vulnerabilidad vinculada con la pobreza a través de la adaptación se vuelve el objetivo principal.

En el cuadro 6 se muestran las áreas de vulnerabilidad identificadas por algunos países desarrollados y en el cuadro 7 se reseñan las principales áreas en las que dichos países han identificado acciones de adaptación. Puede verse que la importancia económica de ciertos sectores varía entre uno y otro país (por ejemplo, el turismo), y aunque sus acciones de adaptación siguen siendo indicativas en la mayoría de los casos, debe ser un referente de las propuestas de México. Resalta que no se reportan medidas para los ecosistemas marinos. Las medidas genéricas que los países desarrollados han promovido en temas costeros requieren revisarse, en cuanto a la forma en que unas y otras se complementan. Sin embargo, es posible concluir que si hay algo que puede unificar la atención en las costas de todas estas naciones es la vulnerabilidad a inundaciones derivadas de las variaciones de los ciclos hidrológicos y el aumento del nivel del mar.

Cuadro 6. Áreas de vulnerabilidad en diferentes países.

Área de vulnerabilidad													
Hungría	Eslovenia	Dinamarca	Islandia	Reino unido	Nueva zelandia	Noruega	Estonia	Suecia	Suiza	Lituania	Finlandia	Eslovaquia	Japón
Salud humana		Salud humana	Salud humana	Salud humana	Salud humana	Salud Humana	Salud humana	Salud humana	Salud humana	Salud humana	Salud humana		Salud humana
Agua	Agua	Agua		Agua			Agua	Agua	Ciclo Hidrológico y manejo de recursos	Agua	Agua	Agua	Agua
Hidrología													
Agrohidrología													
Biodiversidad y Habitat		Biodiversidad y ecosistemas		Biodiversidad Y ecosistemas	Biodiversidad y ecosistemas	Biodiversidad y ecosistemas		Biodiversidad y ecosistemas	Ecosistemas (incluye bosques)	Biodiversidad y ecosistemas			Biodiversidad y ecosistemas
Agricultura Y recursos Forestales	Agricultura Y producción de alimentos	Agricultura		Agricultura y seguridad Alimentaria	Agricultura	Agricultura y seguridad alimentaria	Agricultura y seguridad alimentaria	Agricultura y seguridad alimentaria	Agricultura	Agricultura y seguridad alimentaria	Agricultura Y producción de alimentos	Producción agrícola	Agricultura y seguridad alimentaria
	Bosques y Biodiversidad	Bosques	Bosques	Bosques	Bosques	Bosques	Bosques	Bosques		Bosques	Bosques	Ecosistemas forestales	Bosques
		Sequía			Sequía								Sequía
		Sector marino											
				Infraestructura y economía	Infraestructura y economía	Infraestructura y Economía		Infraestructura y planeación física	Infraestructura	Infraestructura y economía			Infraestructura y economía
		Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas costeras		Zonas Costeras			Zonas Costeras
			Pesquerías		Pesquerías	Pesquerías y acuicultura		Pesquerías					Pesquerías
			Seguros					Seguros					
								Turismo					Turismo y recreación
								Hidroeléctricas					Industria
													Energía

Cuadro 7. Áreas de vulnerabilidad y medidas de adaptación.

Área de vulnerabilidad		Medidas de Adaptación			
Recursos hídricos e hidrología	Adaptación: estrategia nacional de cambio climático; estrategia nacional de sequías.	Adaptación: manejo de recursos hídricos, uso eficiente del agua.	Adaptación: la planeación local y regional debe tomar en cuenta el aumento de riesgo de inundaciones.	Adaptación: manejo integral de cuencas; implementación de estrategias de protección contra inundaciones.	Adaptación: introducción de nueva tecnología (captación de agua pluvial); construcción de sistemas divididos de abastecimiento de agua; gestión de la demanda de agua (impuestos al agua, tarifas y multas); educación y conciencia pública; monitoreo sistemático de calidad del agua.
Biodiversidad y hábitat	Adaptación: estrategia nacional de cambio climático; estrategia nacional de sequías.	Adaptación: protección y manejo de sitios con interés científico especial; apoyo a esquemas agroambientales al evaluar cuantitativamente los efectos a gran escala del calentamiento global.	Adaptación: hacer frente a imperativos ecológicos a través de prácticas forestales (limitar deforestación, reforestar y garantizar la sustentabilidad), mantener la vitalidad de los bosques (combatir plagas y parásitos, reparar daños); conservación de recursos genéticos.	Adaptación: aumentar investigación, protección ambiental y agricultura ecológica.	
Sequías	Adaptación: aumentar irrigación y mejorar las eficiencias.				
Zonas costeras	Adaptación: medidas de protección por inundaciones, planificación del uso del suelo, manejo de la zona costera, monitoreo constante del nivel del mar.	Adaptación: inclusión del aumento del nivel del mar en el diseño de puertos.	Adaptación: medidas de prevención de inundaciones, sistemas de alerta temprana mejorados, predicción precisa del estado del tiempo.	Adaptación: medidas preventivas de inundación por monitoreo continuo del nivel del mar y planificación del uso del suelo en la zona costera.	
Pesquerías	Adaptación: cultivar nuevas especies con ventajas económicas.				

En síntesis, el manejo de riesgos es un enfoque y una opción para incluir en las medidas de adaptación y evitar medidas inciertas que pueden provocar males mayores, como una adaptación deficiente. Asimismo, es recomendable que las medidas para reducir la vulnerabilidad estén integradas a la planeación nacional, estatal y municipal, y se reflejen en proyectos y políticas.

## 2.4 Capacidad de adaptación: el camino para reducir la vulnerabilidad

Cuauhtémoc León *et al.*

### 2.4.1 EL PROCESO DE ADAPTACIÓN

La vulnerabilidad puede reducirse por medio de la instrumentación de medidas de adaptación. Al respecto, la *Estrategia Nacional de Cambio Climático* de México<sup>1</sup> establece:

- La vulnerabilidad es la probabilidad de que una comunidad expuesta a una amenaza natural pueda sufrir daños humanos y materiales según el grado de fragilidad de sus elementos: infraestructura, vivienda, actividades productivas, organización, sistemas de alerta y desarrollo político-institucional.
- La magnitud de esos daños también está relacionada con el grado de vulnerabilidad.
- La condición anterior no está determinada por la posible ocurrencia de fenómenos peligrosos, sino por la forma en que las sociedades se desarrollan, y se preparan o no para enfrentar el riesgo, o para recuperarse de los desastres.

En el documento también se afirma que la adaptación al cambio climático es la capacidad de los sistemas humanos y naturales para ajustarse, espontánea u ordenadamente, a los impactos climáticos adversos.

---

1 CICC, 2007.

Empero, es necesario saber qué se entiende por adaptación; para ello es posible retomar algunas de las definiciones de “adaptación”<sup>2</sup>, la cual se puede concebir como ajuste en los sistemas naturales o humanos, en respuesta a estímulos climáticos previstos o a sus efectos, que mitiga los daños o explota oportunidades benéficas.

Pueden distinguirse diversos tipos de adaptación: anticipadora y reactiva, privada y pública, autónoma y planificada<sup>3</sup>:

- Adaptación anticipadora: adaptación que se produce antes de que se observen impactos del cambio climático. También se denomina adaptación pro-activa.
- Adaptación reactiva: adaptación que se produce después de haberse observado los impactos del cambio climático.
- Adaptación autónoma: adaptación que no constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales, y cambios en el mercado o el bienestar en los sistemas humanos. También se denomina adaptación espontánea.
- Adaptación planificada: adaptación que resulta de una decisión política deliberada, basada en la comprensión de que las condiciones han cambiado o están por cambiar y de que se requieren medidas para restaurar, mantener o lograr un estado deseado.
- Adaptación privada: adaptación iniciada y ejecutada por personas, familias o empresas privadas. La adaptación privada suele responder a un interés fundado de quienes la realizan.
- Adaptación pública: adaptación iniciada y ejecutada por cualquier nivel de gobierno. La adaptación pública suele orientarse a necesidades colectivas.

La adaptación va de la mano con la manera de encarar los riesgos y la vulnerabilidad detectada. En el cuadro 1 se tiene una relación al respecto.

---

2 Quizá la referencia más apropiada para entender la discusión sobre las implicaciones de los términos sea *Adaptation to Climate Change: Key Terms* de Ellina Levina y Dennis Tirpak, OECD, mayo de 2006, que se menciona en la sección 2.3 de este libro, “Vulnerabilidad y adaptación: definiciones, realidades e indicadores”.

3 Ministerio de Medio Ambiente de España, 2006.

Cuadro 1. Función de riesgo<sup>4</sup>.

Riesgo = función de	Amenaza o peligro	Vulnerabilidad
Probabilidad combinada entre amenaza y peligro.	Probabilidad de que ocurra un evento en espacio y tiempo determinados, con suficiente intensidad como para producir daños.	Probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños en la economía, la vida humana y el ambiente.
Su materialización resulta en desastre.	Cambio climático.	Pérdida de suelos, mal manejo del agua, roza-tumba-quema y pérdida de humedales, entre otros.

Ante las tendencias presentes del deterioro ambiental se han impulsado muchos proyectos y programas, y ciertamente políticas nacionales e internacionales que promueven la restauración, el uso sustentable y la conservación de los recursos naturales. De entre ellos también se pueden distinguir esfuerzos combinados para enfrentar de mejor manera los efectos asociados con el cambio climático. Particularmente es de gran utilidad considerar que cada ecosistema y cultura, así como las condicionantes económicas e institucionales de cada país, determinan la forma de impulsar acciones de adaptación.

Como se abordó en la sección 2.1 “Adaptación: un debate reciente de países selectos”, distintas naciones han llevado a cabo medidas de adaptación que pueden considerarse exitosas<sup>5</sup>.

4 Magaña-Rueda y Neri-Vidaurri, *Op cit*.

5 Actualmente se está impulsando una nueva generación de actividades a escala internacional sobre la adaptación al cambio climático dentro del contexto de las Comunicaciones Nacionales de los países no incluidos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Con el objetivo de facilitar estas actividades, han acordado que se requiere un marco común, por lo que se han identificado herramientas y métodos de investigación en colaboración con el Órgano Subsidiario de Asesoría sobre Ciencia y Tecnología de la CMNUCC (SBSTA) y el Panel de Asesoría Científico y Tecnológico (STAP) del Fondo Mundial para el Medioambiente (GEF). En su presente formato, el marco es una primera versión del borrador para ser revisado y debatido. Al tiempo que los debates se llevan a cabo, la identificación y el desarrollo de métodos e instrumentos de investigación se desarrollarán simultáneamente. Por ello no existen aún suficientes casos o referencias uniformes de estudios y propuestas. De aquí que la primera conclusión es que la heterogeneidad de condiciones es aceptada internacionalmente, y se expresa asimismo en la diversidad de aportaciones y soluciones de cada país.

Es posible enlistar algunos principios rectores del proceso de adaptación que deberán contemplarse en el desarrollo de cualquier proyecto:

**Principio 1**<sup>6</sup>. La adaptación sólo podrá realizarse a través de actores clave, de tal manera que se generen procesos endógenos<sup>7</sup> institucionalizados que, a su vez, permitan incrementar las capacidades locales y regionales para responder a los retos y amenazas asociadas con el clima. Se puede visualizar un proceso continuo en tres etapas: identificación de impactos, generación de capacidad, e implementación y apropiación de la adaptación<sup>8</sup>. La evaluación y ajuste de las medidas forman parte del proceso cíclico, a través de esquemas de monitoreo de indicadores. La capacidad<sup>9</sup> se define como la habilidad de realizar funciones, resolver problemas, y proponer y alcanzar objetivos.

**Principio 2**. La creación de capacidades pasa por el reconocimiento de los siguientes elementos:

- Instrumentos actuales (programas, leyes o reglamentos, así como instrumentos de política; por ejemplo, el ordenamiento territorial, ecológico o urbano).
- Espacios institucionales (institutos de investigación, instituciones públicas, programas de protección civil).
- Conocimiento local (usos, costumbres, cohesión comunitaria, capacidad, entendimiento del clima y sus fenómenos, entre otros).

Todos ellos se ponen bajo un marco social común por acuerdo mutuo para iniciar medidas de adaptación con base en el desarrollo de capacidades (ver punto ocho del cuadro 2).

---

6 Naciones Unidas y el propio GEF han desarrollado propuestas sobre cómo proceder en el planteamiento de la adaptación en el ámbito nacional. Estos principios deberán mantenerse como lineamientos de todas las acciones promovidas en este Proyecto. Ver [unfccc.int/files/meetings/workshops/other\\_meetings/application/vnd.ms-powerpoint/bd\\_apf.ppt](http://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/vnd.ms-powerpoint/bd_apf.ppt).

7 Procesos endógenos: que se originan en virtud de causas internas; que nacen del interior.

8 GEF Support for Adaptation to Climate Change, 2006.

9 *What is capacity? It is defined simply as the ability to perform functions, solve problems, and set and achieve objectives* (¿Qué es la capacidad? Se define simplemente como la habilidad de realizar funciones, resolver problemas, y fijar y lograr objetivos) <http://www.undp.org/dpa/publications/CapforDevelopment.pdf>.

**Cuadro 2. Ejemplos de principios rectores para la creación de capacidades (tomados del marco del Programa Capacity 2015, PNUD)<sup>10</sup>.**

Principios básicos para el desarrollo de capacidades	Ejemplos de niveles de referencia
<p><b>1. No apresurarse.</b> El desarrollo de capacidades es un proceso a largo plazo. No responde a presiones de entrega, reparaciones rápidas o búsqueda de resultados a corto plazo. El compromiso con la capacidad de adaptación precisa un horizonte confiable y a largo plazo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en el compromiso cívico y la influencia “de abajo hacia arriba” sobre la agenda política.</li> <li>• Satisfacción de clientes con servicios o resultados a través del tiempo (“estar vagamente en lo correcto es más útil que estar precisamente equivocado”).</li> <li>• Existencia de opciones de políticas estratégicas a largo plazo para el desarrollo de capacidades.</li> </ul>
<p><b>2. Respetar el sistema de valores y fomentar la autoestima.</b> La imposición de valores foráneos puede socavar la confianza. El desarrollo de capacidades requiere respeto. La autoestima es la raíz de la capacidad y el apoderamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo comprometido y diálogo respetuoso sobre los derechos humanos (grupos minoritarios).</li> <li>• Avance de las mujeres (matriculación escolar, derechos de tenencia, mujeres líderes).</li> <li>• “Reglas del juego” claras y salvaguardas que establezcan socios domésticos y procesos legítimos de políticas como los conductores de las elecciones de políticas.</li> <li>• Acceso al conocimiento global (conectividad, acceso a Internet).</li> </ul>
<p><b>3. Buscar local y globalmente, reinventar localmente.</b> No hay planos. El desarrollo de capacidad significa aprender. El aprendizaje es un proceso voluntario que requiere compromiso e interés genuino. La simple transferencia de conocimiento ya no es relevante. El conocimiento necesita ser adquirido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección de agentes domésticos en los insumos considerados relevantes.</li> <li>• Existencia de discusión y opciones de políticas con los interactores relevantes.</li> <li>• Planeación iterativa e implementación con monitoreo regular para permitir ajustes.</li> <li>• Calidad del diálogo entre actores domésticos y externos.</li> </ul>
<p><b>4. Retar conceptos fijos y desigualdades de poder.</b> El desarrollo de capacidades no es neutral al poder y es difícil retar intereses creados. El diálogo franco y el paso a una cultura colectiva de transparencia es esencial para promover una dinámica positiva para superarlo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparencia en los procesos y ministraciones presupuestales.</li> <li>• Acceso a la información, procesos participativos de políticas y toma de decisiones.</li> <li>• Existencia de formas de monitoreo y vigilantes sociales independientes, o de mayor objetividad, que puedan cuestionar a las autoridades.</li> <li>• Efectividad en la vigilancia del congreso; acceso a funciones recurso (ombudsman).</li> </ul>

<sup>10</sup> UNDP, 2007.

**Cuadro 2. Ejemplos de principios rectores para la creación de capacidades (tomados del marco del Programa Capacity 2015, PNUD) (continuación).**

Principios básicos para el desarrollo de capacidades	Ejemplos de niveles de referencia
<p><b>5. Pensar y actuar en términos de resultados sustentables de capacidad.</b> La capacidad está en el núcleo del desarrollo. Cualquier acción debe promover este fin. Los líderes responsables pueden inspirar a sus instituciones y sociedades para trabajar juntos hacia el desarrollo de capacidades sustentables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos y resultados accionables en estrategias nacionales y locales de desarrollo, planes de trabajo y su implementación.</li> <li>• Integración de indicadores de desarrollo de capacidades en monitoreo y evaluación de todas las instituciones.</li> <li>• Existencia de campeones influyentes y francos sobre la apropiación y el desarrollo de capacidades.</li> <li>• Planeación iterativa, decisiones y creación de niveles de referencia.</li> </ul>
<p><b>6. Integrar insumos externos a los procesos, sistemas y prioridades nacionales.</b> Los insumos externos deben corresponder con la demanda real, y ser flexibles para responder eficazmente a las necesidades y posibilidades nacionales. Cuando no sean lo suficientemente fuertes deben reformarse y reforzarse, no ser ignorados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en apoyo presupuestario y acuerdos de apoyo.</li> <li>• Enfoque en resultados colectivos y reducción en atribución a individuos.</li> <li>• Establecimiento claro de los recursos disponibles como un paso estándar en cualquier diagnóstico.</li> </ul>
<p><b>7. Construir sobre capacidades existentes en vez de crear nuevas.</b> Esto implica el uso de la experiencia nacional como primera opción, rescatar y fortalecer las instituciones nacionales, y proteger el capital social y cultural.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño relativo y calidad del sector consultor doméstico.</li> <li>• Colaboración con universidades e instituciones de investigación nacionales en lugar del análisis y experiencia del exterior.</li> <li>• Financiamiento a través de instituciones domésticas legítimas.</li> <li>• Efectividad en los mecanismos de diálogo con autoridades.</li> </ul>
<p><b>8. Mantener el compromiso bajo circunstancias difíciles.</b> Entre más débil sea la capacidad es mayor la necesidad. Que la capacidad sea débil no es un argumento para abandonarla o para conducir agendas externas. Las poblaciones no deben ser rehenes de gobernantes irresponsables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de esfuerzos que permitan la recuperación a largo plazo (autoorganización comunitaria, programas educativos para las poblaciones desplazadas).</li> <li>• Mecanismos nacionales de coordinación y responsabilidad colectiva hacia la ayuda y los socios del exterior.</li> <li>• Funcionamiento del proceso democrático, transparencia y naturaleza participativa del diálogo sobre políticas, acceso a la justicia, nivel de corrupción, etcétera.</li> </ul>

**Cuadro 2. Ejemplos de principios rectores para la creación de capacidades (tomados del marco del Programa Capacity 2015, PNUD) (continuación).**

Principios básicos para el desarrollo de capacidades	Ejemplos de niveles de referencia
<p><b>9. Rendir cuentas a los últimos beneficiarios.</b> Incluso donde los gobiernos nacionales no están respondiendo a las necesidades de su gente, los socios externos deben rendir cuentas a los beneficiarios y contribuir con la apropiación por parte de las autoridades nacionales. Los enfoques sensatos en situaciones concretas deben poder discutirse libremente y negociarse con los distintos interactores nacionales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso ciudadano a la información sobre las ministraciones presupuestales de los servicios locales (escuelas, clínicas).</li> <li>• Mecanismos para registrar la voz de los ciudadanos y sus percepciones.</li> </ul>

## 2.4.2 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Cada medida de adaptación debe ser vista como un proyecto, pero sobre todo como un propósito que requiere ser acotado y desarrollado de manera conjunta con los habitantes involucrados. Deben intervenir las distintas expresiones institucionales y sectoriales, mismas que se integrarán en función de sus intereses y capacidades, y de los impactos que pueden experimentar como consecuencia de las variaciones del clima.

Todo proyecto y sitio de estudio es diferente, no sólo por las condicionantes geográficas, sino también por las tendencias del deterioro ambiental, aspectos geopolíticos y condiciones sociodemográficas; pero sobre todo por las fuerzas o amenazas asociadas con el cambio climático. Así, deberán observarse algunos principios, bajo cinco categorías:

1. Las condiciones institucionales de origen requieren ser probadas y explicitadas, con el propósito de incidir y potenciar el impacto e institucionalización de la adaptación. No se debe confundir entre la institución sede, que impulsa el proyecto, con el resultado final: la creación de programas regionales (federales, estatales y municipales).

2. Las actividades necesarias para que las medidas se desarrollen habrán de enfrentar barreras de todo tipo, que a su vez se convertirán en contratos o acciones puntuales, algunas sociales, otras ecológicas o normativas.
3. Los socios institucionales son aquellos espacios gubernamentales o gremiales, de cualquier tipo, que son receptivos y toman el liderazgo para impulsar alguna de las funciones clave del proyecto.
4. Las metas tienen el propósito principal de lograr que otras instancias nacionales o internacionales inviertan capital social, financiero y político para enfrentar los retos del cambio climático.
5. Los indicadores deberán mostrar que en cada etapa se logra la institucionalización del proyecto, de tal forma que si desapareciese este estímulo, los procesos de adaptación continuarían.

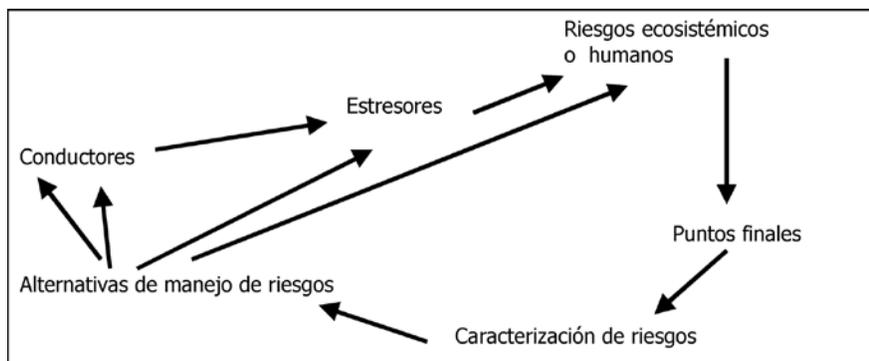
Las medidas de adaptación implican al menos dos niveles de organización, gasto o inversión. Por un lado, los asociados con iniciar o garantizar que se dan los primeros pasos, y que por tanto hay una institución (el Instituto Nacional de Ecología, por ejemplo) donde los operadores reciben un salario y con cuyas capacidades (profesionales y administrativas) se contratan o invierten recursos (honorarios, transporte, viáticos, rentas, equipo, entre otros) para realizar las actividades. A esto se le podría denominar el nivel de instrumentación (institucionalización y operación). Aquí se encuentran el centro de operaciones y las garantías de la estrategia política y administrativa, para monitorear y evaluar las acciones del propio proyecto. Son los gestores.

El otro nivel de operación y gasto lo comprenden propiamente todos los elementos que se requieren para promover y consolidar los procesos de adaptación; es decir, el desarrollo y la ejecución de las medidas de adaptación. Aquí están los distintos tipos de contratos y convenios, donde los consultores, académicos, organismos no gubernamentales, iniciativa privada y los distintos órdenes de gobierno interactúan, al igual que las comunidades, y los grupos de productores o gremios.

Las medidas requieren ser desarrolladas y acotadas de manera conjunta con los que finalmente se apropiarán de las mismas o se verían afectados en caso de no implementarlas. Su utilidad depende de que haya un usuario o beneficiario (quien experimenta las consecuencias positivas o negativas del clima y de las medidas), pues se convertirá en quien demande la continuidad de la misma y en su principal promotor.

De acuerdo con los impactos genéricos<sup>11</sup>, hasta ahora modelados por y para México, se sabe que se puede esperar más variabilidad climática para los próximos veinte años. Este punto es de suma importancia, pues indica que la información de base hasta ahora generada es suficiente para comenzar a implementar las medidas de adaptación, en vez de esperar a contar con más o mejores datos. El diagnóstico general del Golfo de México, tanto biofísico como socioeconómico, y los diagnósticos particulares asociados con los sitios piloto que se abordan en este libro, no son del todo optimistas, con excepción de algunas zonas bien conservadas. Es necesario, por tanto, explicitar las causas y fuerzas motoras del deterioro ambiental observado, considerando las diferencias regionales, y promover medidas apropiadas para incidir en ellas (figura 1).

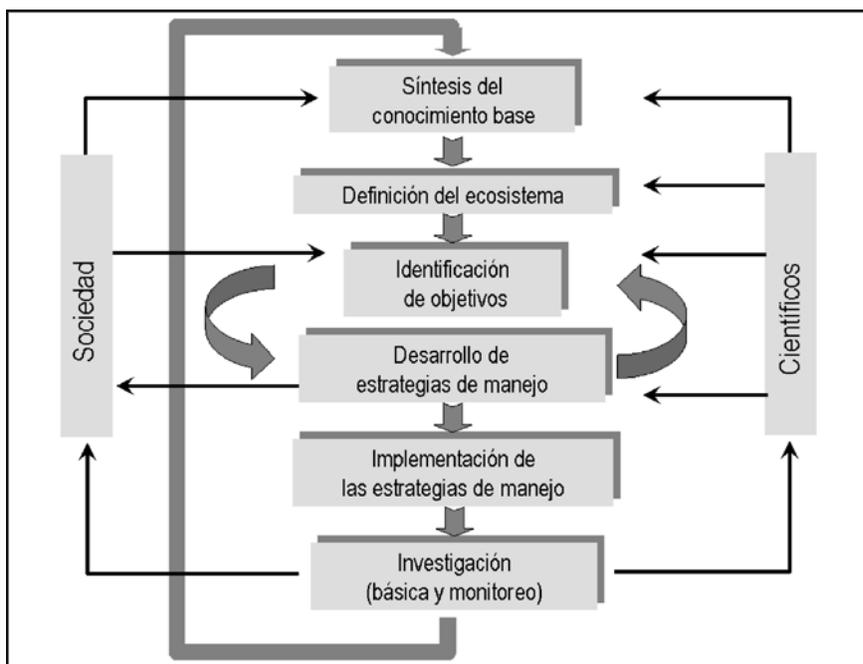
Figura 1. Fuerzas de interacción.



Asimismo, es necesario considerar el conjunto de los elementos conceptuales, ligados a lo que se ha denominado manejo adaptativo de los recursos naturales, a la aproximación del manejo de ecosistemas (o cuencas) y, por supuesto, al manejo integrado de los mismos (costas y cuencas, o zonas urbanas y rurales, por ejemplo). Es fundamental incluir la perspectiva del largo plazo y particularmente los escenarios relacionados con el cambio climático (figura 2).

11. CICC, 2006, CICC, 2007.

Figura 2. Los procesos del manejo adaptativo de ecosistemas.



Fuente: traducido de Stanford y Pool, 1996<sup>12</sup>.

Ante las tendencias del deterioro analizadas, se debe enfatizar que el arribo de la región del Golfo de México al año 2030 no es prometedor, por lo que cualquier medida de adaptación a impulsar debe enfrentar las tendencias y fuerzas presentes que erosionan las posibilidades del desarrollo sustentable y comprometen las propias del futuro ante escenarios de cambio climático. Sin embargo, también se presentan oportunidades (por ejemplo, en las zonas con poco deterioro) para implementar medidas con alta probabilidad de éxito. Por ello se proponen tres postulados que podrían enmarcar a las medidas de adaptación:

12 Tomado de Maass, 2004.

**Postulado 1.** Las tendencias de pérdida de cobertura vegetal (cambios de uso de suelo) y deterioro social deben detenerse y revertirse para evitar llegar al año 2030 en peores condiciones que las actuales, independientemente de los efectos o impactos del cambio climático. Las actuales condiciones son de alta vulnerabilidad.

**Postulado 2.** Procesos, esfuerzos sociales o tendencias positivas que se estén experimentando o realizando en términos de conservación, restauración, reconversión, o bien respuestas institucionales (programas y proyectos como los de protección civil) deben ser estimulados. Las medidas de adaptación deben ser promovidas a partir de ellos (acorde con el Programa Capacity 2015, PNUD).

**Postulado 3.** Los humedales están siendo afectados de manera directa e indirecta en el presente. Se podría pensar que en el futuro pueden ser afectados de manera directa e indirecta por las actividades humanas y el cambio climático; por ello deben considerarse las actividades tanto en la cuenca como en los alrededores.

Además de estos postulados, es necesario tomar en cuenta ciertos elementos mínimos:

- a) Consultorías tipo investigación o documentación (se incluyen aquellas que realizan diagnósticos o proponen mecanismos y atributos de políticas públicas).
- b) Consultorías tipo monitoreo o modelación (realizadas primordialmente por instituciones académicas).
- c) Consultorías que contienen acuerdos institucionales, donde se transfieren recursos para impulsar programas nuevos o robustecer aquellos de interés, como los de alerta temprana.
- d) Inversión en compras de equipo para investigación, monitoreo o comunicación.
- e) Acciones de comunicación y estudios de percepción social.
- f) Acciones de capacitación y entrenamiento.
- g) Talleres de planeación participativa y evaluación de acciones.

Debe recalcar que en todo proceso de adaptación, la participación activa y continua de los actores clave es fundamental.

El desarrollo de las medidas de adaptación va a enfrentarse a una serie de condiciones locales donde el operador del proyecto tendrá que considerarlas como

condicionantes para su óptima realización. Dentro de la literatura se han mencionado estas condicionantes como parte de la vulnerabilidad o de la sensibilidad social de la población (el territorio con su paisaje y sus dinámicas socioeconómicas).

Estos elementos deben ser considerados durante el proceso de identificación y selección de las medidas de adaptación, ya que tendrán una importante influencia al limitarlas o darles mayores ventajas. Por lo tanto, pueden ser vistos como los condicionantes de la factibilidad o facilidad de la aplicación, e incluso del éxito o fracaso de dichas medidas.

En otras palabras, además de evaluar los impactos presentes y futuros del clima, se debe realizar un diagnóstico consensuado (los actores locales deberán sancionar y estar de acuerdo, o bien ajustar el diagnóstico) de la vulnerabilidad del sitio en su conjunto y en cada uno de los municipios que lo componen. De esta manera se podrá evaluar conjuntamente con la sociedad si la medida propuesta es la más adecuada a las necesidades de cada sitio y si resulta viable su aplicación, además de prever arreglos o acuerdos para su implementación.

## 2.5 Manejo de riesgo: prevención y adaptabilidad

Boris Graizbord *et al.*  
Cuauhtémoc León *et al.*  
Mauricio Cervantes Ábrego

### 2.5.1 PREVENCIÓN: LA FORMA DE DESLIGAR LA RELACIÓN ENTRE RIESGO Y DESASTRE

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) marca la diferencia entre peligro natural y desastre natural, y aborda la importancia de acciones preventivas<sup>1</sup>:

Los peligros naturales son fenómenos físicos que ocurren naturalmente por eventos de origen atmosférico, geológico o hidrológico con impacto global, regional, nacional o local: terremotos, erupciones volcánicas, desprendimientos de tierra, tsunamis, inundaciones y sequías, entre otros.

Los desastres naturales son consecuencia de riesgos naturales y representan un serio colapso en la sustentabilidad, además de la interrupción del progreso económico y social del área afectada.

Pero los desastres naturales no son enteramente “naturales”, el ser humano tiene que ver con ello: inundaciones severas exacerbadas por la deforestación; la concentración masiva de población en zonas de alto riesgo, o en ciudades y colonias donde las casas y las infraestructuras no están construidas con estándares de calidad, o edificios con planeación deficiente, son elementos muy susceptibles ante un terremoto, aunque sea de baja escala.

---

1 UNESCO, 2007.

El impacto de los riesgos naturales para el ser humano puede reducirse a través de un mejor entendimiento de los procesos geodinámicos de tales peligros; la difusión y divulgación de conocimiento científico; la adopción de adecuadas políticas públicas; el incremento de programas para crear conciencia sobre el tema, y campañas de información al respecto.

La aplicación de medidas de prevención y preparación, al igual que restricciones en el uso del suelo, construcciones seguras, y una gestión juiciosa del medio ambiente tendrían el propósito de disminuir los efectos devastadores de la inevitable ocurrencia de eventos naturales, así como los costos de rehabilitación y reconstrucción.

De hecho, los desastres naturales se han incrementado en términos de frecuencia, complejidad, alcance y capacidad destructiva. Durante las pasadas dos décadas, los terremotos, tornados, tsunamis, inundaciones, desprendimientos de tierra, erupciones e incendios han provocado la muerte de millones de personas, afectado la vida de al menos mil millones de seres humanos y representado enormes daños económicos.

Existe una relación básica entre desarrollo y la propensión al desastre. Sin duda, los desastres están vinculados con la pobreza.

Los pobres y los países en desarrollo sufren los más grandes daños en pérdidas de vidas, y en términos sociales y económicos debido a su falta de recursos, infraestructura y sistemas de protección, preparación y prevención.

El riesgo ante los desastres naturales se incrementa como resultado del aumento de la población, la urbanización, la alteración del medio ambiente, viviendas y edificios mal construidos, un inadecuado mantenimiento de la infraestructura y la exacerbación de la pobreza en numerosas comunidades.

En la medida en que crezca la población, se expanda la infraestructura pública y privada, y continúe la tendencia hacia una urbanización e industrialización descontroladas, los riesgos de tragedias mayores serán resultado de los peligros naturales, los cuales se incrementarán en los siguientes años. Los desastres serán particularmente severos y trágicos, y seguirán afectando a los países pobres.

Por ello, es necesario integrar propuestas de planeación y políticas de desarrollo que tengan como meta la reducción de desastres, con beneficios generales para el desarrollo socioeconómico. Debe existir una estructura de análisis de costo-beneficio que apoye acciones orientadas a la prevención de desastres.

Hoy día existe más conocimiento científico y tecnológico que nunca antes para anticiparse al potencial de efectos de los desastres antes de que ocurra. De todos los temas de medio ambiente, los riesgos naturales presentan las situaciones más manejables: los riesgos se identifican enseguida; las medidas de mitigación efectiva están disponibles, y

los beneficios en la disminución de la vulnerabilidad pueden superar en gran medida a los costos.

Si bien la predicción de terremotos todavía no es posible, existe una considerable habilidad para hacer pronósticos más precisos y brindar advertencias sobre inminentes eventos de riesgo. Los avisos sobre tormentas violentas y erupciones, horas y días antes han salvado muchas vidas y prevenido pérdidas significativas en las propiedades.

Soluciones científicas y técnicas a complejos problemas de desastres deben enraizar en la realidad social en el sentido completo del término.

Después del tsunami que devastó las costas del Océano Índico el 26 de diciembre de 2004, la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres (Kobé, Hyogo, Japón, 18-22 de enero de 2005) aprobó tres documentos relativos a la atenuación de los riesgos de desastres naturales, entre los que figuraba un plan de acción decenal para el periodo 2005-2015. Los cuatro mil participantes —representantes de 168 Estados, 78 organismos de la ONU y otras organizaciones, 161 organizaciones no gubernamentales y otros tantos medios informativos— adoptaron la Declaración de Hyogo, que recomienda fomentar “una cultura de prevención de desastres [...] a todos los niveles” y señala los vínculos entre la reducción de los desastres, el desarrollo sostenible y la mitigación de la pobreza. Esta Conferencia decidió también crear un sistema de alerta mundial contra los riesgos naturales. La UNESCO participó activamente en este evento, preparando con diversas organizaciones algunas sesiones temáticas. En colaboración con la Universidad de Kyoto, la organización ha publicado un informe titulado *Prevención de desastres y seguridad humana: la educación al servicio del desarrollo sostenible – Estudios de casos y mejores prácticas*. Este documento se centra en las buenas prácticas en materia de prevención observadas en 41 países. Asimismo, en cooperación con la Alianza Mundial para la Reducción de Desastres, la UNESCO ha publicado un CD-ROM sobre proyectos de prevención<sup>2</sup>.

---

2 UNESCO, 2005.

## Sesenta por ciento de la población mundial vive en zonas costeras



La conmoción provocada por el tsunami de diciembre de 2004, que ocasionó la muerte y el desplazamiento de miles de personas en las costas de Asia y África Oriental, está todavía en las mentes de todos. El Director General de la UNESCO, Koichiro Matsuura, dijo a este respecto: “En pocas horas se han perdido casi 300 000 vidas humanas. En las zonas más afectadas –algunas de las cuales figuran entre las más pobres de toda la región– el tsunami no solamente ha sembrado la muerte, sino que ha reducido a la nada los esfuerzos realizados en pro del desarrollo por varias comunidades, arruinando sus perspectivas” \*. Aunque en la región del Pacífico existe un sistema de alerta contra los tsunamis desde 1968, no ocurre lo mismo en otras partes del mundo, pese a que 60% de la población del planeta, es decir 3 600 millones de seres humanos viven en zonas costeras. Para evitar nuevos estragos a las poblaciones costeras de la región del Océano Índico, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO ha creado un Grupo Intergubernamental de Coordinación, encargado de organizar el Sistema de Alerta contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Océano Índico (IOTWS)<sup>3</sup>.

\* Discurso pronunciado en la sesión de los Coloquios del Siglo XXI dedicada a los tsunamis, que tuvo lugar el 10 de mayo de 2005.

3 Ídem 2.

Una estrategia enfocada a disminuir la vulnerabilidad del sector agua frente al cambio climático podría tener como eje rector la conservación del ciclo hidrológico y los ecosistemas naturales que lo hacen posible, así como al aprovechamiento sustentable del recurso hídrico<sup>4</sup>. Las medidas implementadas en reforestación y conservación de suelos servirían, a su vez, de prevención de avenidas por la mayor capacidad de retención de agua en el suelo. Algunos de los elementos que pueden ayudar en la definición de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en el país son los siguientes:

*Fortalecimiento de la estructura institucional.* Resulta fundamental crear y fortalecer una nueva institución especializada en la planeación de la prevención y la organización de respuestas ante el riesgo, cuyo objetivo central sea que las acciones, hoy encaminadas a la mitigación de los daños, se transformen en acciones preventivas. Esta institución debe contar con servicio civil de carrera, cuyo personal esté constituido por profesionales especializados en temas que atañen a la vulnerabilidad hidrometeorológica del país. Dicha institución podría encargarse de establecer vínculos con dependencias oficiales, no sólo ante la prevención de un desastre, sino también en la planificación e implementación de estrategias de adaptación (enfocadas en la prevención) a corto, mediano y largo plazos.

Una institución con esta responsabilidad transectorial para coordinar permanentemente acciones de adaptación ante las eventualidades necesita tener el nivel jerárquico más alto en la administración pública, directamente vinculado con el jefe del Ejecutivo Federal, puesto que se trata de un asunto de seguridad nacional. Debería ubicarse como parte del gabinete presidencial ampliado, para garantizar que las decisiones tomadas se efectúen con eficiencia y prontitud. En este rubro es necesario, además, incrementar los alcances del sector ambiental a partir de su transversalidad en los diferentes órdenes de gobierno.

*Ajuste del marco jurídico y regulatorio.* Es imperante desarrollar un sistema de planeación que incluya la prevención, la comunicación, la participación social y el análisis de riesgos, con la finalidad de disminuir los impactos negativos por condiciones extremas del clima y aprovechar los positivos. Para lograrlo se necesitan

---

4 Carabias y Landa, 2005.

lineamientos claros con base en reglamentos y leyes que contemplen los posibles efectos, y promuevan políticas públicas eficientes, cuyo cumplimiento sea verificable. De respetarse y cumplirse, mecanismos como los ordenamientos territoriales o las normas oficiales de protección de especies pueden representar los primeros pasos hacia la adaptación.

*Generación de información y conocimiento aplicable.* Es fundamental que los conceptos utilizados en el ámbito de los desastres se definan de una manera consensuada. Es indispensable la integración institucional con el sector académico en espacios de reflexión que permitan discutir y analizar los conceptos, teorías y métodos asociados con el tema, al tiempo de traducir el conocimiento a elementos prácticos de toma de decisiones. En este rubro también juega un papel estratégico la elaboración de pronósticos para la prevención.

*Fortalecimiento de la participación social a través de una estrategia de comunicación.* Los problemas inherentes a la comunicación y a la educación en el riesgo son un verdadero reto y todavía queda mucho por realizar en esta área. El proceso de análisis de riesgos debe ser abierto a una mayor participación y escrutinio de la sociedad afectada. La sociedad civil tiene que ser incorporada a la previsión del riesgo. Para esto se requiere incrementar la capacidad y habilidad del público para entender la información sobre el riesgo y aumentar la habilidad de los tomadores de decisiones para entender cómo el público percibe el riesgo. Además, la participación de todos los actores es necesaria en la aceptación de los resultados e implementación de acciones para reducir el riesgo. Es importante que todos los grupos sociales estén representados en el análisis y la evaluación de los riesgos, que se dé atención especial a los grupos más vulnerables, y se identifiquen y jerarquicen los riesgos.

Algunos de los aspectos clave por considerar en la prevención de desastres son la educación y sensibilización de la sociedad, así como la formación de recursos humanos especializados y el acceso a la información.

Por otro lado, se puede afirmar que el manejo de riesgos es la preocupación central de las acciones de adaptación. Al respecto, Burton y Van Aalst (2004) comentan que "No es exagerado decir que la comunidad internacional está en un dilema por la falta de comprensión acerca, precisamente, de las acciones por tomar y la ausencia de

consensos sobre cómo llevar a cabo de la mejor manera las medidas de adaptación... En muchos casos, sin embargo, el mensaje clave es simplemente que los riesgos y las incertidumbres van en aumento. Lo que importa, por tanto, es desarrollar y adoptar propuestas preventivas hechas con sumo cuidado; no es aconsejable apresurarse en una serie de acciones que puedan ser de poco valor o que incluso tengan un efecto contrario al que se busca y que incrementen la vulnerabilidad”<sup>5</sup>.

## 2.5.2 SITUACIÓN EN AMÉRICA LATINA

América Latina tiene una de las más grandes disparidades en la distribución del ingreso en el mundo. Desde el punto de vista social y medioambiental, la región es claramente vulnerable a los efectos de los desastres naturales. El uso de suelo inapropiado para agricultura y asentamientos humanos causa serios daños durante la ocurrencia de eventos extremos de clima extraordinario, como los huracanes<sup>6</sup>. Para Mata y Nobre (2006), la adaptación en América Latina debería ser llevada a cabo por las personas y las comunidades, apoyadas por los gobiernos. Las intervenciones de gobierno son necesarias en muchos países de Latinoamérica, dado que muchas comunidades y sectores de la economía no tienen los recursos financieros y técnicos necesarios para llevar a cabo actividades que faciliten una adecuada adaptación. El tipo de intervenciones dependerá de las circunstancias nacionales, pero deberá incluir, necesariamente los siguientes puntos:

- Integración de estrategias apropiadas de reducción del riesgo con otras iniciativas de política sectorial.
- Planeación del desarrollo sustentable.
- Manejo y prevención de desastres.
- Manejo integrado de zonas costeras y cuencas hidrológicas.
- Planeación del sector salud.
- Planeación del uso de suelo.
- Zonificaciones.

---

<sup>5</sup> Burton y Van Aalst, 2004.

<sup>6</sup> McCarthy, 2001.

- Códigos de construcción.
- Regulaciones.
- Legislaciones.
- Programas educativos de salud.
- Vigilancia y monitoreo de salud.
- Manejo de desechos sólidos y líquidos.
- Uso del conocimiento tradicional y mecanismos de producción.
- Soporte a partir de fuentes externas, en la forma de fondos, tecnología, cooperación y acopio de recursos, así como a través de mecanismos bilaterales o multilaterales, o nuevas áreas que llegarán a ser importantes.

Estos autores también argumentan que la mayor parte de los proyectos de adaptación llevados a cabo en América Latina están relacionados con su capacidad de construcción y enfoque de vulnerabilidad. En este sentido, a partir de adaptaciones autónomas de sistemas naturales, las medidas concretas de adaptación son escasas, a pesar de que los países han planteado diversas opciones de adaptación y estrategias en sus comunicaciones nacionales.

## 2.5.3 MANEJO DE RIESGO EN MÉXICO

En la publicación *Linking Climate Change Adaptation and Disaster Risk Management for Sustainable Poverty Reduction Mexico Country Study*<sup>7</sup>, financiada por la Unión Europea, se analiza el estado actual de las políticas y prácticas sobre manejo de riesgos, y se establecen recomendaciones para ligarlo a la adaptación al cambio climático. México ha desarrollado un sistema nacional de manejo de riesgos y desastres que comprende a las siguientes instituciones y mecanismos:

- El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) se fundó en 1986, después del terremoto de 1985, y provee la estructura central para coordinar las actividades de respuesta durante desastres. También se encarga de la rehabilitación y reconstrucción en los ámbitos estatal y federal después del desastre. Depende de la Secretaría de Gobernación y necesita la comunicación entre diversas instituciones, como el Sistema Meteorológico Nacional, la Comisión Nacional del Agua y la SEMARNAT, entre otras.

---

<sup>7</sup> Few et al., 2006.

- El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) se estableció en 1990 para complementar el sistema de protección civil, con el fin de promover la investigación, capacitación de recursos humanos y mejoramiento de la tecnología para prevenir y responder a desastres. Es la principal institución que intenta disminuir la brecha entre los avances en investigación científica y las agencias gubernamentales, al igual que diseminar la información generada. La junta directiva está encabezada por el secretario de Gobernación y cuenta con representantes de diversas secretarías del gobierno federal. Se ha construido una herramienta para el diagnóstico del riesgo y generado la metodología para conformar un atlas de riesgo tanto para estados como municipios.
- El Fondo Nacional de Desastres (FONDEN) fue establecido en 1996 para la reconstrucción o rehabilitación post-desastre de infraestructura pública (escuelas, hospitales, caminos y puentes, entre otros) y zonas con alto valor ambiental, así como para la compensación a productores de bajos ingresos. Al emitirse una declaratoria de desastre por parte del gobierno federal, el fondo es utilizado para disminuir el desvío de recursos, originalmente presupuestados para programas de desarrollo, hacia la reconstrucción. El fondo está financiado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) fue aprobado en 2004 y busca limitar la vulnerabilidad del país a los desastres naturales por medio de la prevención. El mecanismo se financia con los recursos no utilizados para el FONDEN durante el año fiscal y beneficia medidas de identificación de riesgo, conciencia social, infraestructura preventiva, desarrollo de capacidades y participación comunitaria.

Sin embargo, las adjudicaciones presupuestales del FONDEN a menudo son inferiores al gasto requerido, por lo que se está trabajando en mecanismos de seguros contra desastres para garantizar los recursos. El Banco Mundial ofrece líneas de crédito para ayudar a países como México a financiar el manejo de riesgos de desastres naturales en colaboración con otras instituciones.

El cuadro 1 sintetiza algunas de las principales limitantes del sistema nacional de gestión de riesgos y las recomendaciones para superarlas, manteniendo la reducción de la pobreza como tema central de la discusión.

**Cuadro 1. Limitantes del sistema nacional de gestión de riesgos.**

Limitantes	Recomendaciones	Actividades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La provisión de datos para la predicción del clima es inadecuada.</li> <li>• Es necesario reducir la escala de la información existente sobre cambio climático y riesgo, para usarla en la definición de políticas.</li> <li>• La consideración de las perspectivas sociales en el análisis de riesgo es limitada.</li> </ul>	<p>Invertir en avances técnicos para la identificación y evaluación del riesgo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invertir en modelos específicos y sus productos de aplicación.</li> <li>• Mejorar las redes meteorológicas y la validación de campo (emitir una posición oficial sobre cambio climático).</li> <li>• Mejorar la calibración y resolución de los modelos del clima.</li> <li>• Utilizar foros para la integración e intercambio de datos (comunicaciones nacionales, centros existentes).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los canales de comunicación entre la comunidad científica y los tomadores de decisiones son débiles.</li> <li>• El compromiso y el entendimiento de la población sobre las implicaciones del cambio climático es limitado.</li> </ul>	<p>Crear puentes para mejorar la comunicación entre científicos, tomadores de decisiones, ONG y comunidades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar a las instituciones que en su mandato promuevan mayor conciencia sobre el cambio climático (invertir en SEMARNAT, SEP, SEGOB, SEDESOL).</li> <li>• Reforzar el papel de la CICC y de los contactos regionales.</li> <li>• Recopilar conocimientos y experiencia utilizando los centros y foros existentes.</li> <li>• Incentivar el desarrollo de respuestas de adaptación (ciencia aplicada) en la comunidad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe fragmentación institucional.</li> <li>• La coordinación intersectorial es limitada, especialmente en el ámbito estatal.</li> <li>• La cooperación con agencias donantes y socios regionales se realiza a cuentagotas.</li> </ul>	<p>Proveer un marco coordinador para facilitar la supervisión y la apropiación nacional del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforzar el papel de la CICC para generar una cultura pública de manejo de riesgo y adaptación, así como coordinar su financiamiento.</li> <li>• Crear un instrumento intersectorial para integrar las estructuras existentes de riesgo y desastres (CENAPRED, Protección Civil) con las secretarías (medio ambiente, agricultura, energía y hacienda, entre otras).</li> <li>• Crear incentivos para cumplir con los compromisos internacionales.</li> </ul>

**Cuadro 1. Limitantes del sistema nacional de gestión de riesgos (continuación).**

Limitantes	Recomendaciones	Actividades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La coordinación, propuesta y formalización de políticas públicas es limitada.</li> </ul>	<p>Desarrollar estructuras que faciliten la continuidad de las políticas públicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invertir en estructuras de implementación con responsabilidades claras, y un enfoque en ciencia aplicada para fungir como puntos de contacto.</li> <li>• Crear compromisos con comunidades locales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es urgente hacer frente al incremento de riesgo por sequías y huracanes, como consecuencia del cambio climático.</li> <li>• El país presenta pobreza y alta vulnerabilidad.</li> </ul>	<p>Promover la reducción de riesgos y la adaptación como parte del quehacer común.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atender la pobreza y vulnerabilidad subyacentes.</li> <li>• Invertir en una agenda de desarrollo "a prueba del clima" y crear mayor conciencia sobre la reducción de riesgos y prevención de desastres en los proyectos.</li> <li>• Apoyar proyectos que protejan los bienes vitales y que inviertan en capacidades locales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad en el manejo del impacto de desastres relacionados con el clima (riesgo multisectorial).</li> <li>• Incertidumbre en el impacto futuro.</li> </ul>	<p>Promover flexibilidad de enfoque cuando sea posible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitir que los planes de riesgo y la provisión de información se actualicen regularmente (atlas de riesgos, lineamientos de protección civil, reglamentación ambiental y de construcción en zonas de riesgo).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los horizontes de financiamiento son a corto plazo, con gastos inadecuados en prevención.</li> </ul>	<p>Priorizar el financiamiento de la prevención, aumentar las alianzas regionales y coordinar las herramientas financieras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar el FONDEN y FOPREDEN para incrementar el gasto en prevención.</li> <li>• Reducir la variabilidad en los Fondos de Desastre al incorporar mecanismos de transferencia de riesgo y alianzas con donantes.</li> <li>• Incrementar la colaboración entre agricultores, asociaciones de productores y el sector privado.</li> <li>• Invertir en desarrollo institucional de capacidades, proyectos de colaboración y redes (para facilitar el acceso al financiamiento internacional).</li> </ul>

Fuente: Few *et al.*, 2006.

## 2.5.4 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN HUMEDALES COSTEROS

Ante los desafíos que plantea el cambio climático, es preciso anticipar algunos de los probables impactos que puede suscitar en los humedales costeros<sup>8</sup>.

- Aumento del nivel del mar.
- Cambios diferenciados en la precipitación y la temperatura.
- Migración de ecosistemas.
- Cambios en la salinidad de los cuerpos de agua.
- Mayor penetración de las cuñas salinas.
- Disminución de los aportes fluviales.
- Cambios en la composición de la flora y fauna.

A estos cambios hay que añadir los que generan los procesos de urbanización, industrialización y de conversión hacia una economía de servicios en las zonas costeras. Los cambios en la disponibilidad de recursos hídricos ocasionarán una competencia entre las demandas de los ecosistemas y las demandas de las poblaciones humanas.

La gestión del riesgo de estos posibles impactos es crucial para evitar pérdidas humanas, daños materiales y destrucción de ecosistemas. La continuidad en el desarrollo de la región costera del Golfo de México estará íntimamente ligada con la planeación, desarrollo, implementación y seguimiento de medidas preventivas, así como con el grado de apropiación de las mismas por parte de la población.

---

8 Ver las secciones 2.2 "México y su visión estratégica de adaptación al cambio climático" y 2.6 "Análisis costo-beneficio de la adaptación al cambio climático", para ampliar información sobre zonas costeras.

## 2.6 Análisis costo-beneficio de la adaptación al cambio climático

Cuauhtémoc León *et al.*  
Mauricio Cervantes Ábrego

### 2.6.1 INTRODUCCIÓN

Las respuestas de los sistemas humanos ante el cambio climático pueden ser de dos tipos:

1. Reactiva, o de respuesta automática ante los impactos.
2. Preventiva, o de respuesta planificada, en la que se identifican y estudian los impactos y sus riesgos, y se traduce el conocimiento para la formulación de políticas.

Las estrategias y políticas *preventivas* de adaptación, sobre todo aquellas diseñadas para el largo plazo y no las estrategias *reactivas* de corto plazo, son las que tendrán mayores posibilidades de paliar los efectos más dañinos sobre los sectores y las regiones más vulnerables. Los cambios previsibles en las condiciones climáticas también plantean el reto de desarrollar capacidades de adaptación para aprovechar los efectos positivos del cambio climático y las mejoras en las condiciones productivas de ciertas regiones del país.

Las acciones que se pueden emprender como respuestas preventivas de adaptación ante el cambio climático evitarán costos de reparaciones y ajustes posteriores, y tendrán otros importantes beneficios colaterales; por ejemplo, la conservación y restauración de los ecosistemas, y el establecimiento de corredores biológicos. Ade-

más de constituir medidas de adaptación, los proyectos que surjan de ellas permitirían atender simultáneamente problemas ambientales planteados en las agendas de combate a la desertificación, protección de la biodiversidad y desarrollo social, entre otros. La implementación de tecnología de tratamiento y reutilización del agua, así como de sistemas alternativos de saneamiento en zonas urbanas, disminuiría la vulnerabilidad de la población ante la escasez del vital líquido y permitiría frenar la sobreexplotación de acuíferos. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) señala que la prevención tiene un costo seis veces menor al de la respuesta a una emergencia; es decir, *la inacción en el presente implica multiplicar los costos pagaderos en el futuro*<sup>1</sup>.

En el mundo existen valiosas experiencias que pueden ser consideradas en la formulación de estrategias mexicanas de adaptación al cambio climático, tal y como se abordó en la sección 2.1 “Adaptación: un debate reciente de países selectos”.

Para naciones como México, una de las restricciones para adoptar medidas de adaptación ante el cambio climático es su costo. Ante ello, es necesario asegurar que la implementación de medidas aporte beneficios en el corto plazo y a bajo precio, o que incluso genere ahorros económicos. Como las medidas para el mediano y largo plazos implican costes mayores, es indispensable crear mecanismos financieros internacionales para permitir a los países en desarrollo realizar los estudios preliminares y desarrollar las capacidades técnicas e institucionales necesarias. Un ejemplo importante, tanto por su costo como por su efecto, es el diseño y la construcción de infraestructura más apropiada y menos vulnerable. Este esfuerzo financiero debe acompañarse con mecanismos de transferencia de tecnología desde los países industrializados hacia los de menores ingresos.

No debe dejarse de lado que los costos de adaptación precisan cubrir la planeación, preparación, facilitación e implementación de medidas, incluyendo inversiones de transición<sup>2</sup>.

---

1 Se espera que los cambios más drásticos empiecen a darse a partir de la segunda mitad del presente siglo.

2 Levina y Tirpak, 2006.

## 2.6.2 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE DESASTRES RELACIONADOS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los fenómenos climáticos pueden reflejarse en verdaderos desastres, con cuantiosas pérdidas económicas, físicas y ambientales, capaces de retrasar considerablemente los esfuerzos por mejorar las condiciones de vida de los habitantes de países en desarrollo. Entre otras cosas, las pérdidas son el resultado de la derivación de recursos originalmente destinados al desarrollo hacia la rehabilitación y reconstrucción de infraestructura, planta productiva y equipamiento, o del endeudamiento externo contraído por el desastre. Además, deben recordarse las consecuencias fiscales asociadas tanto con la necesidad de aumento de impuestos para enfrentar la emergencia como con la disminución de recaudación tributaria por la interrupción de actividades económicas o productivas. Los desastres también repercuten en el sector externo, ligados tanto con exportaciones reducidas por pérdidas en producción exportable como con la importación de equipo y materiales destinados a la reconstrucción y mitigación. Por último, puede haber efectos sobre los niveles de precios, con un posible impacto inflacionario debido a la escasez de bienes y la especulación.

Durante 2005, el Munich Re Group<sup>3</sup> registró 650 catástrofes naturales en el mundo vinculadas con graves pérdidas de vidas e infraestructura, así como con altos costos financieros. Ese mismo año, los huracanes *Stan* y *Wilma* representaron pérdidas totales por más de 21 mil millones de dólares y más de 10 500 millones de dólares en seguros.

Un dato ilustrativo es el de seguros por desastres, los cuales han sobrepasado todos los registros en los últimos años. En 2004, el valor de los siniestros asegurados representó una cifra récord: 48 mil millones de dólares, básicamente por la ocurrencia de cuatro huracanes que impactaron a los Estados Unidos de América. En 2005 se superó esa cifra, con 83 mil millones de dólares, una tercera parte de las pérdidas económicas mundiales de ese año; de los cuales, 73 mil millones se debieron a hu-

---

<sup>3</sup> Munich Re Group, fundada en 1880, es una de las más importantes aseguradoras del orbe y la segunda en importancia en Alemania.

racanes<sup>4</sup>. Sólo por el huracán *Katrina* se contabilizaron pérdidas por 45 mil millones de dólares<sup>5</sup>.

El caso mexicano es de particular interés, ya que su situación geográfica, la conformación de sus sistemas urbanos, su estructura productiva y carencias en infraestructura y equipo, hacen al país especialmente vulnerable al impacto de diversos fenómenos.

Existen diversas estimaciones de los impactos económicos resultantes del cambio climático, los cuales, en el caso de América del norte, oscilan alrededor del 2.5 al 3.5% del producto interno bruto (PIB), como señalan Tol y otros (2003), y en el ámbito internacional, Smith y Hitz (2003). Sus modelos suponen un incremento en la temperatura de 1.5 a 2 °C; sin embargo, se tienen estimaciones con una visión más catastrófica, donde se estiman impactos superiores al 25% del producto interno bruto. Además, cabe destacar que, de acuerdo con las estimaciones de tales autores, el coste de adaptación representa entre el 7 y 24% de estos impactos económicos.

Así, la región colindante con el Golfo de México se caracteriza por ser vulnerable, con impactos previsible, relativamente elevados, ante el cambio climático. Entre los fenómenos de mayor efecto se encuentran el aumento en el nivel medio del mar, el incremento en la intensidad de ciclones y periodos de sequía más prolongados. Dichos autores también clasifican esta región con una capacidad media baja a la adaptación.

Existen dos variables correlacionadas ampliamente con la vulnerabilidad ante impactos climáticos: la dependencia económica de las comunidades sobre el sector primario de la economía y el nivel de pobreza como indicador de la adaptabilidad, ya que las regiones con mayor ingreso pueden dedicar mayores recursos a infraestructura preventiva y adaptativa ante los fenómenos naturales.

---

4 Datos obtenidos del XVIII Seminario Internacional de Seguros y Fianzas. Comisión Nacional de Seguros y Fianzas. México, septiembre de 2006, ponencia *Huracanes de 2004 y 2005 y su impacto en el sector asegurador mexicano*.

5 Ponencia *Huracanes de 2004 y 2005 y su Impacto en el Sector Asegurador Mexicano*, presentada en el XVIII Seminario Internacional de Seguros y Fianzas. Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, 2006.

Otro elemento a considerar, demostrado por los estudios de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), es que las zonas costeras suelen ser más sensibles a las variaciones climáticas. Su fragilidad radica en que son áreas bajas de fácil inundación y tienen mayor sensibilidad al aumento de temperatura, por encontrarse en climas cálidos.

Smith y Hitz (2003) hacen una caracterización de los posibles impactos por sector ante el incremento de la temperatura, la cual puede apreciarse en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Caracterización de impactos sectoriales en relación con el incremento de la temperatura.**

Sector	Comportamiento de las tendencias de los impactos		
	Más que proporcional	Parabólico	Desconocido
Agricultura		X	
Costas	X		
Agua			X
Salud	X		
Ecosistema terrestre		X	
Forestal		X	
Ecosistema marino	X		
Biodiversidad	X		
Energía			X
Agregado			X

Víctor Magaña y Carlos Gay señalan los efectos primarios en la economía ante el cambio climático en un estudio de vulnerabilidad realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Nacional de Ecología (INE)<sup>6</sup>:

- Reducción significativa de la superficie cultivada y la productividad de la agricultura de temporal, principalmente la dedicada al maíz.

<sup>6</sup> Magaña y Gay, 2001.

- Mayor incidencia de algunas enfermedades, como fiebre amarilla, dengue y malaria o paludismo, además de las enfermedades gastrointestinales, sobre todo a través de la contaminación del agua.
- Más de 15 mil kilómetros cuadrados de zonas costeras se podrían ver amenazadas por la elevación del nivel del mar, afectando por igual a los ecosistemas, ganadería y agricultura. Destacan zonas como las desembocaduras del río Bravo, en Tamaulipas; el delta del Grijalva-Usumacinta, en Tabasco, y las lagunas costeras, en Veracruz, donde el mar podría introducirse más de cuarenta kilómetros tierra adentro. Los estados de la República Mexicana que podrían verse más afectados son Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo.
- Escasez de agua y efectos indirectos en la industria, agricultura, generación eléctrica y consumo humano.
- Desertificación y erosión de suelos.
- Cambios en ecosistemas, ya que el 50% de la vegetación cambiaría de características, con un calentamiento de 3 a 4 °C.

Como ya se mencionó, la región costera del Golfo de México es especialmente sensible y vulnerable ante fenómenos meteorológicos en cuanto a su estructura urbana, ya que cuenta con importantes ciudades. En el cuadro 2 se consideraron 15 de las principales ciudades en seis subsistemas de urbes, lo cual hace un agregado de casi cuatro millones de habitantes, ello implica esfuerzos importantes en equipamiento e infraestructura de adaptación o reducción de los impactos ambientales.

Durante 2005 se presentaron tres fenómenos meteorológicos de suma importancia en las costas del Golfo de México: los huracanes *Stan*, *Wilma* y *Emily*. Los impactos de dichos fenómenos revelan la vulnerabilidad y sensibilidad de la región. También muestran que el principal factor de cambio climático en la zona se reflejará en el incremento en intensidad, y probablemente frecuencia, de lluvias y huracanes, además de las inundaciones resultantes.

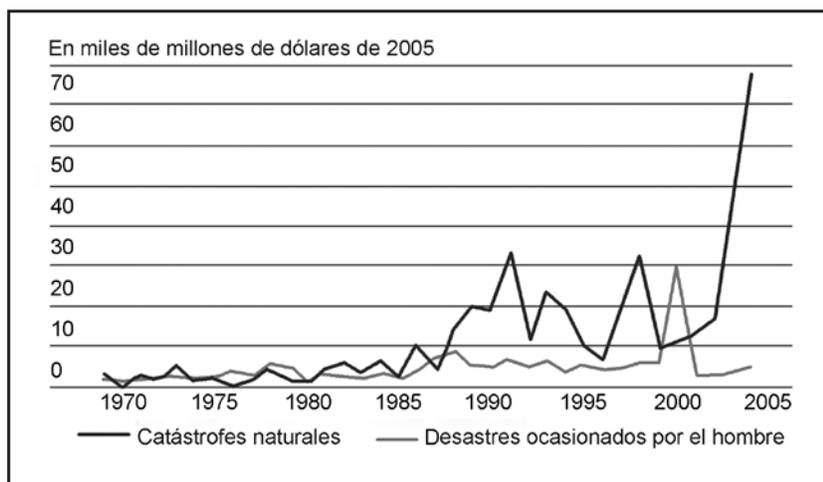
El sistema asegurador mexicano menciona que las tendencias de las catástrofes naturales de los últimos 35 años continúa en ascenso, como puede verse en la figura 1, lo que ha incrementado el precio de reaseguramiento por catástrofe en un 125% en México.

Cuadro 2. Subsistemas urbanos de la región Golfo de México.

Entidad	Subsistema urbano	Ciudad	Población (miles)
Tamaulipas	Tampico	Tampico	309
		Conurbados (Altamira, Miramar, Pánuco)	155
Veracruz	Veracruz	Veracruz	562
		Coatzacoalcos	228
		Minatitlán-Cosoloacaque	170
Tabasco	Paraíso-Frontera-Villahermosa	Paraíso-Frontera-Villahermosa	395
Campeche	Campeche	Campeche	204
		Ciudad del Carmen	132
Yucatán	Mérida	Mérida	635
		Progreso	50
Quintana Roo	Cancún	Cancún	880
<b>Población urbana total</b>			<b>3 720</b>

Fuente: León et al., 2007.

Figura 1. Incremento de precios de seguros por catástrofes naturales.



Fuente: SIGMA SWISS RE, 2006.

El cuadro 3 registra los impactos económicos contabilizados por el CENAPRED–CEPAL–SEGOB en México por los huracanes en 2005<sup>7</sup>, se observa cómo el conjunto de los impactos es superior a los 2 200 millones de dólares.

**Cuadro 3. México, 2005. Impacto económico de los huracanes Stan, Wilma y Emily en millones de dólares.**

Huracán	Entidad	Daños directos	Daños indirectos	Total
<i>Stan</i>	Veracruz	193.7	47.7	241.4
<i>Wilma</i>	Yucatán	28.1	20.9	49.0
<i>Emily</i>	Tamaulipas	1 491.5	38.7	1 530.2
<i>Emily</i>	PEMEX		427.0	427.0
	<b>Total</b>	<b>1 713.3</b>	<b>534.3</b>	<b>2 247.6</b>

En términos esquemáticos, los efectos de un fenómeno natural o antropogénico se han clasificado en: a) aquellos que alteran los acervos (daños directos); b) los que perjudican los flujos de producción de bienes y servicios (daños indirectos).

Fuente: CENAPRED-SEGOB-CEPAL. *Características e impacto socioeconómico de los huracanes Stan y Wilma* en la república mexicana en el 2005.

Si esta cifra se compara con el PIB registrado en 2004 para estas tres entidades, se tiene que los impactos económicos registrados en 2005 por los eventos meteorológicos seleccionados representan el 3.8% de ese indicador (cuadro 4).

**Cuadro 4. PIB de 2004 por entidad en millones de dólares.**

Entidad	PIB
Tamaulipas	22 136.4
Veracruz	27 658.1
Yucatán	9 380.8
<b>Total</b>	<b>59 175.2</b>

Fuente: INEGI, Banco de Información Económica (BIE).

<sup>7</sup> CENAPRED-SEGOB-CEPAL, 2005.

Debe señalarse que, de acuerdo con lo previsto por especialistas en cambio climático y aseguradoras internacionales, en el futuro se espera una intensidad mayor de los fenómenos meteorológicos registrados en la región. En consecuencia, su impacto podría alcanzar cifras equivalentes a un 5% del PIB generado en esas entidades. También se deben resaltar las dificultades en la contabilización de tales impactos al no reflejar la magnitud total de un huracán. En efecto, a menudo los impactos indirectos por actividad productiva perdida (pensemos en daños a infraestructura turística o de extracción petrolera) son notoriamente superiores a los daños directos y más difíciles de estimar.

Las cifras registradas ante el huracán *Stan* en Veracruz pueden mostrar algunas fallas en la contabilidad de los impactos, omisiones y daños diferenciados entre los diversos sectores productivos y sociales considerados (cuadro 5).

**Cuadro 5. Huracán *Stan*. Impacto económico en Veracruz en 2005, en millones de dólares.**

Sector impactado	Daño directo	Daño indirecto	Total
<b>Infraestructura social</b>			
Vivienda	5.4	7.1	12.5
Educación	0.3	0.0	0.4
Salud	4.1	2.7	6.8
Infraestructura hidráulica	26.5	0.0	26.5
<i>Subtotal</i>	36.2	9.9	46.1
<b>Infraestructura económica</b>			
Sector eléctrico	14.3	0.7	15.0
Comunicaciones y transportes	80.3	21.6	101.9
Comercio e industria	0.3	0.4	0.7
Medio ambiente	11.4	6.7	18.1
<i>Subtotal</i>	106.4	29.4	135.8
<b>Sectores productivos</b>			
Sector agropecuario	51.1	0.0	51.1
Atención a la emergencia	0.0	8.5	8.5
<b>Total</b>	<b>193.8</b>	<b>47.8</b>	<b>241.5</b>

En términos esquemáticos, los efectos de un fenómeno natural o antropogénico se han clasificado en: a) aquellos que alteran los acervos (daños directos); b) los que perjudican los flujos de producción de bienes y servicios (daños indirectos).

Fuente: CENAPRED-SEGOB-CEPAL, 2005.

De lo anterior se puede destacar que los sectores más vulnerables en términos de volumen financiero de daños son el de comunicaciones y transportes, con el 42.2% del total de los daños; el agropecuario, con el 21.2%, y la infraestructura hidráulica con el 11.0%. Estos tres sectores en conjunto registraron casi el 75% de los impactos financieros en daños por el huracán *Stan*. Los otros dos rubros de importancia son la infraestructura en vivienda y el sector eléctrico.

### **2.6.3 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE ADAPTACIÓN**

Existen diversas medidas que tienen por objeto prevenir y mitigar el impacto de los fenómenos naturales. Algunas se refieren a la construcción de infraestructura como embalses de agua, canales de desvío de cursos, defensas fluviales, muros de contención, instalaciones estratégicas y líneas vitales. Las líneas vitales son sistemas que difieren de las estructuras generalmente estudiadas en ingeniería sísmica y pueden incluir los servicios de agua, alcantarillado, energía eléctrica, comunicaciones, gas natural, combustibles líquidos y sistemas de transporte. Estos sistemas tienen las siguientes características:

- La sociedad depende del funcionamiento de estos sistemas tanto durante su operación normal como en situaciones de recuperación y respuesta frente a emergencias.
- El funcionamiento de los sistemas depende de la interacción de sus componentes.
- El sistema cubre un área extensa y requiere información sobre las amenazas de muchos lugares.

Otras medidas tienen que ver con planeación: elaboración de ordenamientos territoriales y de uso de suelo que reduzcan la vulnerabilidad y los riesgos, planificación basada en mapas de vulnerabilidad, sistemas de información y alerta temprana. Otras más, como la reforestación y la protección de zonas de amortiguamiento, se enfocan en la conservación de las defensas naturales.

Existen algunas estimaciones del costo de adaptación al cambio climático en el ámbito mundial. El *Informe Stern* estima costos de entre 15 y 150 mil millones de

dólares al año o del 0.05 al 0.5% del PIB en países de la OCDE para la adaptación de infraestructura. Ello supone una inversión agregada de entre el 1 y el 10% para disminuir daños futuros<sup>8</sup>. El Banco Mundial estima que para los países en desarrollo, los costos serían de entre 10 y 40 mil millones de dólares al año, de los cuales un tercio está asociado con las finanzas públicas, y habría un extra de entre el 10 y el 20% adicional por los costos de reconstrucción. Por otro lado, el Secretariado de la CMNUCC ha estimado para el 2030 los siguientes costos adicionales de inversión para la adaptación: 14 mil millones de dólares para agricultura, silvicultura y pesca; 11 mil millones para nueva infraestructura de suministro de agua; 5 mil millones para el tratamiento de casos por aumento de enfermedades como diarrea, malnutrición y dengue; 11 mil millones para rompeolas y diques; y entre 8 y 130 mil millones para adaptar la infraestructura vulnerable al cambio climático.

Las dos estimaciones más utilizadas son las del *Informe Stern*<sup>9</sup> y del *Informe OXFAM (Oxford Committee for Famine Relief)*<sup>10</sup>; ambos llegan a una cifra entre los 48 y 50 mil millones de dólares en inversión para la adaptación, lo que representa el 1% del valor agregado generado mundialmente en un año. El informe OXFAM establece un parámetro de costo de adaptación con base en los costos e inversiones efectuadas en sus proyectos comunitarios en diferentes países, llegando a un estimado de veinte dólares por habitante. Para llegar a este estimado hicieron una extrapolación directa de la población beneficiada por cada proyecto, que se registra en el cuadro 6.

Con la información registrada en el cuadro 6 se realizó una estimación del costo de prevención y mitigación del impacto del cambio climático para Veracruz, asumiendo un costo proporcional por población atendida o dimensión geográfica de proyecto OXFAM de referencia (cuadro 7).

---

8 *Stern Review on the economics of climate change*, 2004.

9 Ídem 8.

10 Informe OXFAM 104, 2007, "Adaptarse al cambio climático. Qué necesitan los países pobres y quién debería pagarlo". OXFAM Internacional es una confederación de 13 organizaciones que trabajan en conjunto con más de tres mil organizaciones locales en más de cien países, para encontrar soluciones definitivas a la pobreza, el sufrimiento y la injusticia.

**Cuadro 6. Costo e impacto estimado por proyecto comunitario OXFAM.**

País	Riesgo	Proyecto	Impacto	Costo
Vietnam	Exposición costera	Plantar 22 mil hectáreas de mangle.	100 km de protección costera	5 millones de dólares
India	Inundaciones	Elevar cimientos.		70 dólares por casa
		Desarrollar estrategias como almacenamiento de alimentos y captación de agua de lluvia.	7 500 hogares	2.5 millones de dólares
Nicaragua	Pérdida de actividad agrícola	Plantación de árboles y gestión de agua.	2 000 familias	250 mil dólares
Samoa	Sanitario	Reforzar vínculos entre el sistema de salud y el sistema meteorológico.		620 mil dólares
Bangladesh	Falta de agua potable	Dotar de agua potable a comunidades costeras para combatir intrusión salina.		1.5 millones de dólares
Malawi	Fenómenos meteorológicos	Sistema de alerta temprana y monitoreo de clima.		5.4 millones de dólares
Haití	Falta de agua potable	Construir depósitos de agua comunitarios para garantizar reservas de agua.		830 mil dólares

Fuente: OXFAM, 2007.

**Cuadro 7. Costo de prevención y mitigación del impacto al cambio climático, (en millones de dólares).**

Nota	Proyecto	Impacto	Costo
	Plantar mangle (60 mil hectáreas)	200 km de los 684 km de costa de Veracruz	15.0
1	Reforzar cimientos en vivienda	10 000 viviendas	1.0
2	Desarrollar estrategias como almacenamiento de alimentos y captación de agua		6.0
3	Plantación de árboles y gestión de agua	100 000 hectáreas	20.0
4	Reforzar vínculos entre el sistema de salud y el sistema meteorológico		16.0
5	Dotar de agua potable a comunidades costeras para combatir intrusión salina		2.0
6	Sistema de alerta temprana y monitoreo de clima		6.0
7	Construir depósitos de agua comunitarios para garantizar reservas de agua		3.0
8	Construir diques y bordos		150.0
9	Planes de desarrollo urbano regional		10.0
10	Diseñar estrategias de contingencia y redes de información de emergencia y desastre		5.0
11	Rediseñar y fortalecer infraestructura <sup>11</sup>		200.0
		<b>Total</b>	<b>434.0</b>

Notas:

1. Se consideraron dos mil viviendas que fueron las reportadas con daños por el huracán *Stan* en Veracruz; además de 700 viviendas para reubicar, las cuales no se contabilizan en este rubro, ya que ello tendría que hacerse de cualquier forma por presentar un alto riesgo.
2. OXFAM incluyó 7 500 hogares, con una población aproximada de cincuenta mil habitantes; durante *Stan* se evacuaron 120 mil personas en Veracruz.
3. Un costo de entre 178 y 271 dólares por hectárea, para facilitar el cálculo; se estimó un costo promedio de doscientos dólares por hectárea, según Michael Keyes y Javier Anduaga<sup>12</sup>.

11. El gobernador de Veracruz, Fidel Herrera, aseguró que para conservar y modernizar la infraestructura carretera de la entidad se necesitan, por lo menos, 12 mil 250 millones de pesos; además, las inversiones en puertos y las del FARAC (Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas), entre otros, suman alrededor de 12 mil millones de pesos.

12. Keyes y Anduaga, 1997.

4. Samoa tiene una población treinta veces menor que Veracruz y un territorio 25 veces menor. Se consideró el mismo factor, ya que este proyecto únicamente se llevaría a cabo en algunas comunidades específicas.
6. Malawi presenta un territorio 60% mayor que el de Veracruz y con el doble de población; sin embargo, consideramos un sistema similar.
7. Veracruz presenta una superficie tres veces mayor que Haití.
8. Consideramos cien kilómetros de diques, a un costo promedio de 1.5 millones de dólares por kilómetro.<sup>13</sup>
9. El gobierno de Guanajuato en <http://www.guanajuato.gob.mx/sdsh/reglas/urbano.php> señala que entre 2000 y 2004 se elaboraron 55 planes de ordenamiento territorial, con un costo en promedio de 250 mil pesos y un presupuesto aproximado de 86 millones de pesos; es decir, más de ocho millones de dólares.
10. La SEGOB, en el presupuesto 2004, considera dos rubros similares a estos objetivos, uno por ocho millones y otro por 32 millones de pesos ([http://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2004/temas/tomos/04/r04\\_pir.pdf](http://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2004/temas/tomos/04/r04_pir.pdf)).
11. La SCT, en su presupuesto 2004, señala en el rubro de modernización portuaria en Veracruz un costo de casi cuarenta millones de pesos y para una autopista de dos carriles un presupuesto aproximado de cuatro millones de dólares por kilómetro. ([http://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2004/temas/tomos/09/r09\\_pir.pdf](http://www.apartados.hacienda.gob.mx/presupuesto/temas/ppef/2004/temas/tomos/09/r09_pir.pdf)).

De tal forma se contemplan tres posibilidades de estimación de costos de prevención y reducción del impacto del cambio climático en Veracruz, las tres con amplias limitaciones de acuerdo con la información disponible (cuadro 8).

**Cuadro 8. Costos estimados del impacto, prevención y reducción de los efectos del cambio climático (2005).**

	Impacto		Prevención	
	PIB %	Millones de dólares	PIB %	Millones de dólares
Stern	5.0%	1 382.9	1.0%	276.6
OXFAM	5.0%	1 382.9	0.5%	137.8
Estimada	5.0%	1 382.9	1.6%	450.0

13 Tol *et al.*, 2003, consideran un costo de construcción de diques promedio en México de 1.5 millones de dólares por kilómetro, mientras que Olivo *et al.*, 2001, registran costos de 0.7 a 1.4 millones de dólares por kilómetro en las costas de Venezuela.

Del cuadro 8 se pueden señalar dos puntos fundamentales:

- Si bien es muy posible la subestimación en costos de prevención y paliación de daños por el reducido número de variables consideradas en la estimación y la escasa información estadística de costos disponible, algo similar sucede en la medición de impactos económicos considerados, ya que éstos pueden ser difusos en el tiempo e incluso extra-regionales.
- Así que si se comparan los más de 2 200 millones de dólares en daños por los eventos extremos del año 2005 con los 450 millones de dólares necesarios para implementar medidas de adaptación, la ventaja económica de éstas se torna evidente.
- Por otra parte, aunque los datos absolutos puedan presentar un margen de error considerable, la proporcionalidad entre ellos puede ilustrar claramente algunas conclusiones.

Se puede concluir que en un marco de potencial cambio climático en el mediano plazo, la formulación de estrategias y políticas anticipatorias de adaptación para reducir la vulnerabilidad de regiones, sectores productivos, localidades y ambientes naturales, constituye una exigencia actual hacia el desarrollo sustentable.

Fortalecer sistemas de adaptación y prevención al cambio climático no sólo representa costos menores en relación con la respuesta de situaciones de emergencia (de cuatro a diez veces menos), sino también genera bases de preparación social y económica para hacer frente a situaciones riesgosas que comprometen las metas sociales y económicas en el corto y largo plazos.

Los procesos preventivos y de reducción del impacto representan una exigencia hacia las políticas de equidad y sensibilidad social, pues protegen fundamentalmente a los sectores sociales más vulnerables. En efecto, reducen la vulnerabilidad de los medios de vida y protegen la vida misma de diversas comunidades, además de abrir posibles vías de desarrollo alternativo para el aprovechamiento y la generación de recursos. Aparte de preservar los ecosistemas y la infraestructura económica existente, estas medidas representan posibilidades de generación y conservación de la riqueza económica acumulada por generaciones, lo cual es la base del desarrollo productivo actual y futuro.

La disyuntiva ofrece, por un lado, impactos sociales y económicos futuros cada vez más severos; el incremento del riesgo y la vulnerabilidad de la sociedad en su

conjunto, y el riesgo de perder la infraestructura social y económica existente. Esto ocasionaría que el sistema social y económico de la región se resquebrajara continuamente, hasta el grado de hacer insostenible su continuidad. Por el otro lado, las medidas de adaptación representan la posibilidad de aprovechar las oportunidades que se presenten con el cambio climático, además de crear una cohesión social para anticipar sus posibles efectos, conservar los recursos naturales y disminuir la vulnerabilidad de la zona.

# Capítulo 3. Marco operativo de los modelos de adaptación

Norma Munguía Aldaraca

Leticia Gómez Mendoza

(Daniel Ocaña Nava, Carolina Neri Vidaurri)

Pedro Hipólito Rodríguez Herrero

(Rafael Palma Grayeb, Víctor Manuel Mondragón,  
Gilberto Chazaro García, Uriel Bando)

Javier Bello Pineda

(Leonardo Ortiz Lozano, Eduardo Ramírez Chávez,  
Reyna Aquino Juárez, Selene Castillo Domínguez)



## 3.1 Contexto legal e institucional para facilitar la adaptación

Norma Munguía Aldaraca

Diversas instituciones mexicanas en los distintos órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal) están relacionadas con el manejo y la administración de los humedales costeros del Golfo de México, así como con la adopción e instrumentación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC). Asimismo, existe un marco jurídico federal vigente con regulaciones específicas para humedales y el cambio climático.

Desde el punto de vista jurídico, los humedales están regulados como competencia exclusiva de la Federación. El fenómeno del cambio climático ha sido abordado mayormente desde la perspectiva federal, aunque hoy en día se comienza a descentralizar hacia los estados. Además, hay historias de éxito en algunos municipios del país por el desarrollo e instrumentación de proyectos de reducción de emisiones de GEI, dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

En la legislación mexicana, las autoridades federales son las competentes de manera directa y exclusiva en materia de humedales costeros y de cambio climático. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (La Constitución) no define los humedales como tales; sin embargo, de la lectura con respecto a las aguas nacionales que pertenecen a la Federación, se infiere que la competencia es federal. La regulación de los humedales está dispersa en varios ordenamientos, entre los que se encuentran La Constitución, la Ley de Aguas Nacionales<sup>1</sup> (LAN), la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General

---

1 Que otorga definiciones y principios de derecho que son de difícil aplicación.

de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), la NOM-022-SEMARNAT-2003<sup>2</sup> y en las competencias de la Comisión Nacional del Agua<sup>3</sup> (CONAGUA), entre otros.

En muchas ocasiones, aunque no exclusivamente, la protección de los humedales costeros se lleva a cabo a través de figuras como las áreas naturales protegidas.

Por lo que respecta al cambio climático, la SEMARNAT es la secretaría que tiene la competencia directa en el tema, tal como lo establece la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), en su artículo 32 Bis, fracción XVI: "Conducir las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono". Sin embargo, la creación de la Comisión Intersecretarial del Cambio Climático (CICC) ha sido fundamental y determinante para tomar las decisiones más importantes; entre éstas, la recientemente publicada *Estrategia Nacional de Cambio Climático*<sup>4</sup> y el *Programa Especial de Cambio Climático*, que se publicará a finales de 2008.

En el cuadro 1 se tienen las instituciones competentes y potencialmente competentes en los temas mencionados.

**Cuadro 1. Instituciones competentes y potencialmente competentes relacionadas con medio ambiente, humedales y cambio climático.**

Instituciones federales	Funciones y atribuciones
Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)	<p>Creada el 25 de abril de 2005 en calidad de órgano responsable de formular políticas públicas y estrategias transversales de mitigación y adaptación al cambio climático<sup>5</sup>.</p> <p>Cuenta con diversos foros que sesionan al amparo de ésta y que contribuyen de manera directa en sus productos y decisiones. Tal es el caso del Consejo Consultivo de Cambio Climático, cuya función principal es ser el órgano permanente de consulta de la CICC y cuya membresía es multisectorial, integrada por expertos académicos, de la sociedad civil y empresarial, con el objetivo de contar con la visión no gubernamental del tema<sup>6</sup>.</p> <p>Los grandes ausentes en la CICC: las secretarías de Gobernación, Marina, Salud y Turismo, que por sus atribuciones y facultades tienen incidencia en la toma de decisiones que afectan de manera directa los humedales, las políticas relacionadas con el cambio climático y la adaptación a sus efectos.</p>

2 Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, Diario Oficial de la Federación, 10 de abril de 2003.  
3 Le corresponde la delimitación e inventario de los humedales, la promoción de reserva de cuerpos de agua, la emisión de las normas oficiales mexicanas y tomar medidas de preservación y restauración.  
4 CICC, 2007.

**Cuadro 1. Instituciones competentes y potencialmente competentes relacionadas con medio ambiente, humedales y cambio climático (continuación).**

Instituciones federales	Funciones y atribuciones
<p>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</p>	<p>Encabeza el sector ambiental.</p> <p>Entre sus objetivos se encuentran:</p> <p>Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales.</p> <p>Formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, ecología, saneamiento ambiental, agua, regulación ambiental del desarrollo urbano, y de la actividad pesquera, con la participación correspondiente de otras dependencias y entidades.</p> <p>Establecer, con la participación de otras dependencias, y de autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente, ecosistemas naturales, y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática.</p> <p>Vigilar y estimular, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas relacionados con recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, y pesca, y demás materias competencia de la Secretaría, así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes.</p> <p>Proponer al Ejecutivo Federal el establecimiento de áreas naturales protegidas, y promover para su administración y vigilancia, la participación de autoridades federales o locales, al igual que de universidades, centros de investigación y particulares.</p> <p>Promover el ordenamiento ecológico del territorio nacional, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, y con la participación de los particulares.</p> <p>Evaluar la calidad del ambiente, y establecer y promover el sistema de información ambiental, que incluirá los sistemas de monitoreo atmosférico, con la cooperación de las autoridades federales, estatales y municipales<sup>7</sup>.</p>

5 Ídem 4. Ver sección 2.2 "México y su visión estratégica de adaptación al cambio climático".

6 Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, octubre de 2006, CICC, 2006.

**Cuadro 1. Instituciones competentes y potencialmente competentes relacionadas con medio ambiente, humedales y cambio climático (continuación).**

Instituciones federales	Funciones y atribuciones
Secretaría de Gobernación (SEGOB) <sup>8</sup>	<p>Tiene como responsabilidad primordial asegurar el orden, la paz y la seguridad para todos los mexicanos.</p> <p>Es cabeza de sector en materia de protección civil, especialmente en caso de eventos relacionados con un desastre natural.</p> <p>Coordina las acciones de todas las instituciones públicas, y canaliza la ayuda humanitaria a poblaciones afectadas. El secretario, de manera conjunta con el presidente de la república, decide si la situación puede ser considerada como emergencia o desastre dentro del Consejo Nacional de Protección Civil<sup>9</sup>.</p> <p>Dentro de la SEGOB se encuentra el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), formado por la Coordinación General de Protección Civil (CGPC), cuya función es fungir como oficina central para la coordinación del SINAPROC.</p>

7 LOAPF, artículo 32 bis.

8 LOAPF, artículo 27.

9 Ver la Ley general de Protección Civil y el Reglamento Interno de la Secretaría de Gobernación, donde se delimitan las funciones, atribuciones y responsabilidades de quienes detentan funciones de protección civil. El Consejo Nacional de Protección Civil es un órgano consultivo que planea y coordina las acciones de protección civil dentro del gobierno federal, así como con los distintos sectores de la sociedad civil, entidades federativas e incluso con otros países. El Consejo Nacional de Protección Civil también es el responsable de fijar los planes nacionales de Protección Civil y promover el estudio, investigación y capacitación en esta materia. Lo integran el presidente de la república como presidente del Consejo; el secretario de Gobernación como secretario ejecutivo del Consejo; el coordinador general de Protección Civil como secretario técnico; los titulares de la SRE, SEDENA, SEMAR, SHCP, SEDESOL, SEMARNAT, SAGARPA, SENER, SCT, Función Pública, SEP y Secretaría de Salud, así como los gobernadores de los estados y el jefe de gobierno del Distrito Federal.

**Cuadro 1. Instituciones competentes y potencialmente competentes relacionadas con medio ambiente, humedales y cambio climático (continuación).**

Instituciones federales	Funciones y atribuciones
<p>Secretaría de Gobernación (SEGOB)</p>	<p>La CGPC promueve la implementación del SINAPROC y la elaboración de programas en los ámbitos federal, estatal y municipal; la coordinación de respuestas en caso de emergencia; el desarrollo de conocimiento, información y comunicación acerca de desastres y riesgos, y la promoción de una cultura de protección civil. Tiene el derecho de declarar situaciones de emergencia y desastre, y canalizar recursos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) para ayudar a regiones y población afectadas. La CGPC puede delegar funciones especiales a sus tres Direcciones Generales: el FONDEN, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y la Dirección General de Protección Civil (DGPC)<sup>10</sup>.</p> <p>El CENAPRED es un centro de investigación científica y tecnológica que tiene como objetivo prevenir, alertar y fomentar la cultura de autoprotección, para reducir el riesgo de la población ante fenómenos naturales y antropogénicos, a través de la investigación, monitoreo, capacitación y difusión de directrices técnicas para la formulación de políticas públicas.</p> <p>La DGPC contribuye a la prevención y mitigación de desastres, brindando orientación, asesoría y apoyo a las instancias integrantes del SINAPROC. Es el brazo operativo de la Coordinación General, a cargo del diseño, formulación y evaluación de políticas y programas de prevención y protección<sup>11</sup>.</p>
<p>Secretaría de Marina (SEMAR)</p>	<p>Entre sus facultades y atribuciones tiene:</p> <p>Intervenir, en el ámbito de su responsabilidad, en la protección y conservación del medio ambiente marino sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a otras dependencias.</p> <p>Inspeccionar, patrullar y llevar a cabo labores de reconocimiento y vigilancia para preservar las áreas naturales protegidas, en coordinación con las autoridades competentes y de conformidad con las disposiciones aplicables.</p>

10 Tercera evaluación externa del Fondo para Desastres Naturales (FONDEN), realizada por el Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-México), adscrito al Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México (COLMEX), encargado por la Secretaría de Gobernación, marzo de 2007.

11 Reglamento Interno de la SEGOB.

**Cuadro 1. Instituciones competentes y potencialmente competentes relacionadas con medio ambiente, humedales y cambio climático (continuación).**

Instituciones federales	Funciones y atribuciones
Secretaría de Marina (SEMAR)	Participar en y llevar a cabo las acciones que le corresponden dentro del marco del sistema nacional de protección civil para la prevención, auxilio, recuperación y apoyo a la población en situaciones de desastre <sup>12</sup> .
Secretaría de Salud (SS)	<p>La Secretaría de Salud debe:</p> <p>Conducir la política nacional en materia de asistencia social, servicios médicos y salubridad general.</p> <p>Planear, normar y controlar los servicios de atención médica, salud pública, asistencia social y regulación sanitaria que correspondan al Sistema Nacional de Salud.</p> <p>Dirigir la política sanitaria general de la república, incluidos puertos, costas y fronteras, con excepción del ámbito agropecuario, salvo cuando se trate de preservar la salud humana.</p> <p>La participación de esta secretaría es importante específicamente en las situaciones que se presentan después de un evento como inundaciones, huracanes, sequías y demás eventos hidrometeorológicos extremos, que se constituyen entre las amenazas del cambio climático<sup>13</sup>.</p>
Secretaría de Turismo <sup>14</sup> (SECTUR)	<p>Se encarga de formular y conducir la política de desarrollo de la actividad turística nacional, así como de promover las zonas de desarrollo turístico nacional y formular en forma conjunta con la SEMARNAT la declaratoria respectiva.</p> <p>Tiene incidencia directa en zonas donde hay humedales y puede potencialmente dañarlos o ponerlos en riesgo.</p> <p>Según las estimaciones del CONAPO, las zonas costeras serán las de mayor crecimiento urbano, específicamente en turismo, en los próximos veinte años.</p>

México tiene capacidad instalada para comenzar a utilizar la información disponible, iniciar las acciones de adaptación y reducción del riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos y no esperar a contar con un “mejor” sistema, con

12 LOAPF, artículo 27.

13 LOAPF, artículo 39.

14 LOAPF, artículo 42.

“mejor” y más “adecuada” información, entre otras “más”, y seguir retrasando las acciones. La capacidad instalada se observa en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Capacidad instalada.**

Rubro al que pertenece	Institución
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAGUA.</li> <li>• IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua).</li> <li>• SINAPROC (Sistema Nacional de Protección Civil).</li> </ul>
Biodiversidad y servicios ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONABIO.</li> <li>• CONAFOR.</li> <li>• INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias).</li> <li>• Instituto Nacional de Ecología (INE).</li> </ul>
Agricultura y ganadería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SAGARPA y su Red Nacional de Estaciones Agroclimáticas.</li> </ul>
Zona costera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema Nacional Portuario.</li> </ul>
Asentamientos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SINAPROC.</li> </ul>
Generación y uso de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SENER.</li> <li>• CONAE.</li> <li>• FIDE.</li> </ul>

Por otro lado, el país cuenta con diferentes políticas y programas encaminados a desarrollar actividades de adaptación al cambio climático, directa o indirectamente. A continuación abordamos los objetivos y las estrategias de algunos de los programas federales vigentes, así como las principales conclusiones a partir del análisis de la legislación estatal y municipal.

### **3.1.1 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (PND) 2007-2012**

Desde el PND del 2001 al 2006 se reconoce al cambio climático como problema ambiental. El actual PND (2007-2012) aborda explícitamente atender el cambio climático mediante dos estrategias principales: la mitigación y la adaptación, a través de los siguientes objetivos:

*Objetivo 10. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), instrumentando proyectos como aprovechamiento de metano en rellenos sanitarios;*

construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en granjas agropecuarias, minas de carbón e instalaciones petroleras; generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables (energía eólica, biomasa, hidráulica, y solar).

Este objetivo menciona incentivos fiscales, pero no maneja información presupuestal en su texto.

*Objetivo 11. Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático, desarrollando capacidades preventivas y de respuesta ante los impactos adversos previsibles, incluyendo la generación de información y conocimiento sobre la vulnerabilidad de distintas regiones y sectores del país, así como de los impactos potenciales, el desarrollo de estrategias específicas y el trabajo coordinado de las distintas instancias del gobierno y la sociedad.*

En este objetivo no se mencionan incentivos fiscales ni cuestiones presupuestales.

Los programas sectoriales del PND, para cumplir sus objetivos, están relacionados con las siguientes materias: agua y bosques, campo y desarrollo rural, ciencia y tecnología, democracia y participación ciudadana, desarrollo regional, desarrollo social, desarrollo urbano, educación, energía, infraestructura, medio ambiente y recursos naturales, protección civil, prevención y atención a desastres, seguridad nacional, turismo y vivienda.

### **3.1.2 ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO 2007**

La ENACC fue elaborada con el propósito de colaborar en un proceso nacional, amplio e incluyente, con tres finalidades:

- Identificar oportunidades de reducción de emisiones y desarrollar proyectos de mitigación.
- Reconocer la vulnerabilidad de los respectivos sectores y áreas de competencia, e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación.

- Proponer líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para un programa especial de cambio climático inscrito en el Plan Nacional de Desarrollo (2007-2012).

La ENACC no hace amplia referencia a los costos que se requieren para instrumentar los programas y acciones necesarios para la adaptación al cambio climático. Se limita a mencionar que las estrategias de adaptación son de carácter reactivo o preventivo, y que México debe optar por las segundas. Para tales efectos señala que se deberá recurrir a los fondos fiscales y crear mecanismos financieros internacionales (cooperación internacional).

Con la finalidad de reducir costos, se propone también usar la información en materia de cambio climático y prevención de desastres, pues es abundante. Aunque sería conveniente incrementarla y mejorarla, la información existente es suficiente para dar los pasos iniciales y enfrentar el cambio climático. La ENACC señala que existe información subutilizada.

### **3.1.3 PROGRAMA SECTORIAL SEMARNAT (2007-2012)**

Reconoce al cambio climático como un tema de seguridad nacional. Varios de sus objetivos atienden directamente los impactos relacionados con el fenómeno: instrumentar la Estrategia Nacional de Cambio Climático; reconocer la vulnerabilidad de diferentes sectores sociales frente al cambio climático; iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de adaptación, y prevenir los riesgos derivados de fenómenos hidrometeorológicos y atender sus efectos.

Otros objetivos señalan que se deben conservar los ecosistemas y su biodiversidad; valorar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales, los servicios ambientales y la biodiversidad; restaurar y reforestar las tierras forestales degradadas y deforestadas; incrementar el acceso y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento; promover el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos; y mejorar la productividad del agua en el sector agrícola. Todos ellos encaminan hacia la adaptación al cambio climático.

Las principales estrategias enmarcadas en el Programa se enfocan en:

- Posicionar la actual capacidad de respuesta ante los efectos de la variabilidad climática como plataforma para el desarrollo de capacidades de adaptación.
- Proponer líneas de acción, políticas y estrategias que sirvan de base para la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático.
- Promover la reubicación de asentamientos humanos localizados en zonas de riesgo.
- Promover el desarrollo de herramientas de análisis climático que sirvan de base para diseñar medidas de adaptación.
- Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.
- Normar y promover la recarga de acuíferos.
- Desarrollar los incentivos e instrumentos económicos que propicien la preservación de ecosistemas.
- Restaurar ecosistemas y suelos.
- Conservar *in situ* los ecosistemas y su biodiversidad.
- Incrementar la superficie de ANP; establecer programas contra incendios forestales en las ANP.
- Propiciar la preservación de los ecosistemas del país, procurando mantener en los cauces los volúmenes que se requieren.
- Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas en coordinación con usuarios y autoridades.

### **3.1.4 PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (2007-2012)**

Entre sus objetivos tiene evaluar los efectos del cambio climático en el ciclo hidrológico, prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos, y atender sus efectos. Las estrategias de adaptación que se señala son:

- Promover y apoyar la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica en materia de medidas de adaptación ante el cambio climático.
- Promover la reubicación de asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo.

- Implantar las acciones de restauración y preservación en las partes altas de las cuencas, a fin de reducir escurrimientos y posibles afectaciones.
- Apoyar a los gobiernos estatales en la instalación de sistemas de alerta ante fenómenos hidrometeorológicos.
- Mantener, conservar y ampliar la infraestructura hidráulica para la protección de centros de población y áreas productivas.
- Promover programas de ordenamiento ecológico territorial en regiones que se encuentren en riesgo por eventos hidrometeorológicos.
- Formular planes de prevención que permitan enfrentar en mejores condiciones los periodos de sequía y apoyar su implementación.
- Fomentar en la población una cultura de prevención y atención de emergencias que incluya información sobre las causas y efectos del cambio climático.

### **3.1.5 PROGRAMA DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE 2002-2003**

Está integrado por SENER-SEMARNAT. Fue aprobado en 2002 y está fundamentado en el PND 2001-2006 y en el Programa Sectorial de Energía 2001-2006. Se vincula con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la SEMARNAT para el mismo periodo.

Contiene políticas interesantes, principalmente encaminadas a mitigar el cambio climático y llevar a cabo acciones en materia de agua y suelo, con énfasis en el manejo de residuos peligrosos y la protección a la biodiversidad.

Considera la gestión ambiental, la eficiencia energética y las energías renovables como temas particulares; al cambio climático y la lluvia ácida los considera como temas transversales. Plantea un diagnóstico (en dónde estamos), objetivos (hacia dónde vamos), y programas y proyectos (cómo vamos a lograrlo).

Los objetivos son:

- Minimizar el impacto ambiental del sector.
- Modificar el patrón de consumo de combustibles.

- Mejorar la calidad de los combustibles.
- Aumentar la generación de electricidad con energías renovables.
- Ahorrar y usar de manera eficiente la energía.
- Ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica.
- Impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico.
- Reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Las políticas que propone se encuentran en el rubro “Cómo vamos a lograrlo”, dentro de las que destacan:

- Cumplir con la normatividad ambiental.
- Reducir descargas contaminantes.
- Incorporar tecnologías más limpias en las operaciones del sector.
- Identificar patrones de consumo y calidad de combustibles, energías renovables y ahorro de energía.
- Ampliar la cobertura, investigación y desarrollo para mitigar la emisión de gases efecto invernadero.
- Propiciar el uso de combustibles más limpios.
- Abastecer combustibles limpios con estándares internacionales de calidad.
- Impulsar la creación de un fondo para promover las energías renovables.
- Desarrollar programas para aprovechar las energías renovables.
- Impulsar programas y actividades para el ahorro de energía.
- Desarrollar un programa de electrificación rural.
- Promover la cooperación entre la iniciativa privada y el gobierno para la electrificación de comunidades marginadas.
- Fomentar la aplicación y el desarrollo de investigación ambiental.
- Impulsar la investigación aplicada en energías renovables.
- Impulsar la participación en mercados de emisiones de gases efecto invernadero.
- Mantener una presencia activa en las negociaciones.

### **3.1.6 POLÍTICA AMBIENTAL NACIONAL PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE OCÉANOS Y COSTAS**

Pese a su gran relevancia para la conservación de los humedales, esta política es aún insuficiente y requiere mayores esfuerzos en su definición:

- No es explícita sobre cambio climático.

- Retoma los ordenamientos ecológicos regionales, locales y marinos.
- No define estrategias para la gestión de riesgos.
- No tiene propuestas nuevas ni planteamientos específicos de instrumentos de política para aterrizar sus propuestas.

### **3.1.7 PROGRAMA SECTORIAL SEDESOL (2007-2012)**

Para disminuir la presión relacionada con el cambio de uso de suelo, que exacerba los impactos esperados del cambio climático, la política en este sector se encamina a:

- Disminuir las disparidades regionales a través del ordenamiento territorial e infraestructura social, que permita la integración de las regiones marginadas a los procesos de desarrollo y detone las potencialidades productivas.
- Frenar la expansión desordenada de las ciudades; dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano, y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.
- Lograr que los municipios prioritarios lleven a cabo acciones de gestión integral de riesgos de desastre.

### **3.1.8 PROGRAMA SECTORIAL SAGARPA (2007-2012)**

Señala que las áreas destinadas a las actividades agrícolas y pecuarias juegan un papel relevante en la lucha contra los efectos del cambio climático, pues permiten el desarrollo de capacidades físicas de adaptación ante el fenómeno, al preservar zonas de amortiguamiento de eventos climatológicos extremos y al aprovechar la capacidad de fijación de carbono.

Incluye explícitamente la atención y prevención ante el cambio climático, y acciones de adaptación a sus impactos:

- Revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar agua, suelo y biodiversidad.
- Promover el ordenamiento ecológico del territorio, y de los mares y costas.
- Desarrollar variedades mejoradas de cultivos.
- Mantener, mejorar e incrementar la riqueza de especies vegetales y animales.
- Poner en marcha el uso eficiente, la conservación y el almacenamiento de agua.

También menciona que a fin de contrarrestar el deterioro de agua y suelos en el país, deben adoptarse prácticas de conservación, rehabilitación y mejoramiento de suelos; así, como fomentar el uso sustentable y racional del agua.

### **3.1.9 PROGRAMA SECTORIAL SCT (2007-2012)**

El programa sectorial señala que un objetivo de la política de cambio climático es la mitigación de las emisiones de los gases de efecto invernadero y considera implementar medidas para la reducción de emisiones de GEI provenientes de los vehículos del autotransporte y el transporte ferroviario.

También enmarca contar con políticas que permitan desarrollar capacidades de respuesta ante los impactos previsibles del cambio climático y la prevención de accidentes en el sistema de autotransporte y ferroviario, así como de su infraestructura.

### **3.1.10 PROGRAMA SECTORIAL SECTUR (2007-2012)**

Señala que se deben promover acciones de adaptación y mitigación ante los efectos del cambio climático en los destinos turísticos, principalmente en las costas. También destaca que se debe aprovechar de manera sustentable el potencial de los recursos culturales y naturales, y su capacidad para transformarse en oferta turística productiva, creando servicios y destinos competitivos, dando opciones de desarrollo y bienestar para los individuos de las comunidades receptoras urbanas, rurales y costeras, así como para las empresas sociales y privadas.

### **3.1.11 PROGRAMA SECTORIAL SENER (2007-2012)**

Tiene como objetivos mitigar el incremento en las emisiones de GEI, así como llevar a cabo acciones para la adaptación del sector energético al cambio climático y participar, coordinadamente con el resto de los integrantes de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, en la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático. Las principales líneas de acción que señala el Programa son:

- Identificar y analizar las repercusiones del cambio climático sobre la exploración, producción y distribución de energía.
- Elaborar estudios sobre el potencial para la producción y el aprovechamiento de energías renovables en las diversas regiones del país.
- Documentar y analizar los potenciales impactos del cambio en el clima, así como sus efectos en el desarrollo social y económico del país, relacionados con la producción, generación y consumo de energía.
- Desarrollar mecanismos de cooperación entre los diversos sectores que deberán participar o que son afectados por el incremento de los efectos del cambio climático.
- Diseñar y desarrollar capacidades de adaptación al cambio climático dentro del sector energético.

### **3.1.12 PROGRAMA SECTORIAL SSA (2007-2012)**

La política relacionada con la prevención de los impactos del cambio climático de esta secretaría se enfoca en fortalecer e integrar las acciones de promoción de la salud y prevención y control de enfermedades, y establecer acciones para la prevención y atención del dengue, paludismo y rabia.

### **3.1.13 FONDO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES (FOPREDEN)**

Este fondo tiene su origen en la transición del sistema de protección civil que se pretendió en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, para que dejara de ser reactivo y se volviera preventivo<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> El 15 de agosto de 2006 se publicó el acuerdo que establece las reglas del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales, que modifica las reglas de operación originales.

De las disposiciones de la Ley General de Protección Civil<sup>16</sup> se desprende que el Ejecutivo Federal deberá incluir en el Presupuesto de Egresos de la Federación una previsión para el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales, cuya coordinación estará a cargo de la Secretaría de Gobernación.

Este Fondo tiene como objetivo y principal propósito proporcionar recursos a dependencias y entidades federales y federativas, que se destinen a la realización de acciones y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo de los fenómenos naturales sobre la vida y los bienes de la población, los servicios públicos y el medio ambiente. Así es como se creó el acuerdo que establece las reglas del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN). Su existencia no sustituye la responsabilidad de los tres órdenes de gobierno para que en sus presupuestos prevean los recursos necesarios para tal fin.

Las nuevas reglas de 2006 mejoran su procedimiento, amplían el número de proyectos con posibilidad de ser presentados y permiten la existencia de proyectos en cartera para el uso de los recursos en caso de cancelación o desistimiento de un proyecto autorizado.

Entre las líneas de acción que identifica se encuentran:

- a) Mejorar la eficacia preventiva y operativa del SINAPROC.
- b) Mejorar el conocimiento científico de amenazas y riesgos.
- c) Promover la reducción de la vulnerabilidad física.
- d) Fomentar la corresponsabilidad, coordinación y comunicación de los tres ámbitos de gobierno, sector social, privado y la población en general.
- e) Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para reducir los riesgos.
- f) Implantar una política y cultura de la autoprotección.

Sujetos de la cobertura:

- a) Dependencias o entidades federales.
- b) Entidades federativas.

---

<sup>16</sup> Artículo 3, fracción V, y artículo 4, fracción II.

## Procedimiento para solicitar los fondos

El Fondo para la Prevención de Desastres Naturales no tiene la finalidad de atender emergencias, por lo que el proceso tiene plazos distintos al Fondo de Desastres Naturales.

La solicitud de fondos deberá realizarse entre los meses de enero y marzo del año calendario, y cada dependencia o entidad federativa lo presentará ante la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

Si se trata de entidades federativas, deben adjuntar el atlas de riesgos local o municipal, si lo hubiera. También necesitan presentar la justificación de las acciones a apoyar, que deben caer dentro de los supuestos mencionados con anterioridad sobre las acciones preventivas a realizar: estudios, investigaciones o proyectos de mejoramiento del conocimiento científico, de diagnóstico o de elaboración de bases de datos; sistemas de alerta; obras para la reducción de vulnerabilidad; acciones de reubicación de población y fortalecimiento de centros de prevención; desarrollo de tecnologías para la capacitación y divulgación, así como la realización de talleres comunitarios, entre otros.

La solicitud deberá acompañarse de un soporte técnico que señale los alcances del proyecto y acciones a realizar. Los datos que debe contener son, entre otros: resumen ejecutivo del proyecto, antecedentes, alcances, objetivos y metas, descripción del fenómeno para el cual se prevé la acción preventiva (historia, recurrencia, impactos), beneficio esperado, programa detallado de trabajo, programa presupuestal desglosado, mapas, estadísticas, diagramas y planos.

Para las entidades federativas se establece, además, que manifiesten por escrito en su solicitud que aportarán una coparticipación del 30% de la totalidad del costo del proyecto y que el Gobierno Federal aporta el 70% restante. Tratándose de dependencias o entidades federales, éstas deben contar con la suficiencia presupuestal necesaria para aportar el 50% del costo del proyecto, y manifestar por escrito, en su solicitud, que aportarán dicha coparticipación.

En ambos casos, los solicitantes deberán comprometerse a prever los montos necesarios para asegurar y mantener las obras, proyectos de inversión, bienes y demás infraestructura. Sin embargo, no señala la manera en que se formaliza dicho compromiso. Aparentemente podría ser mediante la manifestación, por escrito, dentro de la solicitud, pero no se aclara.

Las solicitudes las avala técnicamente el Comité Técnico Científico, integrado por personal del CENAPRED y de Protección Civil, y las resuelve el Consejo de Evaluación, integrado por personal del CENAPRED, Protección Civil, SEDESOL, SEMARNAT, CONAGUA, SHCP y SEGOB, a más tardar el último día de mayo del año corriente.

El FOPREDEN es una buena opción para apoyar de manera inmediata las iniciativas estatales y municipales bien fundamentadas de adaptación al cambio climático y lo más importante es que se trata de acciones preventivas.

### 3.1.14 ENTIDADES FEDERATIVAS

Como ya se ha mencionado, la regulación de los humedales es federal, por lo que no existen leyes estatales en materia de humedales. En general, las entidades federativas mexicanas tienen legislación ambiental que pretende responder a sus necesidades y realidades, aunque en ocasiones han sido copiadas de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Se llevó a cabo una revisión detallada de las legislaciones de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz. Se analizaron tanto las legislaciones ambientales como las no ambientales, ya que en estas últimas es donde podrían eventualmente encontrarse competencias para la construcción de políticas y la elaboración y aplicación de una estrategia nacional de adaptación al cambio climático.

En el DVD interactivo que acompaña este libro se puede encontrar el análisis puntual y detallado de la legislación de los cinco estados mencionados, así como el fundamento de lo que se menciona a continuación:

1. Las legislaciones ambientales estatales no son homogéneas. A pesar de que la LGEEPA es clara en cuanto a las facultades estatales<sup>17</sup> no todas las entidades de la república se han dado a la tarea de regular todas sus competencias, facultades y obligaciones.
2. Si bien los estados no tienen competencia directa en humedales, sí son, en buena medida, junto con los municipios, los principales responsables de su cuidado o deterioro.
3. Todos los programas locales que se hacen en el ámbito estatal son secundarios a los programas federales.
4. Los estados y municipios tienen disposiciones de medio ambiente y agua que podrían aplicarse a los humedales; sin embargo, deberían ser más específicas, claras y bien delimitadas para que puedan tener una intervención más efectiva.
5. Algunas de estas disposiciones son las que previenen y controlan la contaminación del agua, establecen la zonificación ambiental y de asentamientos humanos, así como la delimitación de áreas naturales protegidas estatales y municipales.

---

<sup>17</sup> LGEEPA, artículo 7.

6. Otro problema que enfrentan los programas locales es el financiamiento<sup>18</sup>.
7. Hay estados en donde las universidades tienen un papel importante y una plantilla de científicos que podría colaborar de manera local.
8. En lo que respecta a la atención a los efectos relacionados con el cambio climático, específicamente desastres naturales, el SINAPROC es el sistema de políticas públicas encargado de la protección civil y la prevención de desastres. Su principal objetivo es proteger la vida de los mexicanos. Consiste en un “conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos sociales y privados, y con las autoridades de los estados y municipios, a fin de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la protección de los ciudadanos contra los peligros y riesgos que se presentan en la eventualidad de un desastre”<sup>19</sup>.
9. Todas las entidades federativas forman parte del SINAPROC, cuya composición está dada por la Unidad y los Consejos Estatales de Protección Civil. El primer organismo representa el cuerpo operativo y normativo, y el segundo es consultivo (con participación del sector privado, público, social y académico). Hay 32 sistemas, uno por cada entidad federativa.

### 3.1.15 AUTORIDADES MUNICIPALES

Subsiste la carencia de competencia de los municipios en materia de humedales y, al igual que sucede con los estados, no todos los municipios cuentan con normatividad ambiental desarrollada. Algunos de los municipios sí cuentan con normatividad ambiental que, aunque no sea extensa, podría servir como parte del andamiaje jurídico que dé solución a algunos problemas locales.

---

18 Levina et al., 2007.

19 Cfr. *Evaluación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN)*, en el ejercicio 2004, elaborado por el Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano, Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-México), encargado por la Secretaría de Gobernación, marzo de 2005, p. 24. Los componentes del SINAPROC son la Secretaría de Gobernación, la Coordinación General de Protección Civil, el FONDEN, el CENAPRED, el Sistema Estatal de Protección Civil y el Sistema Municipal de Protección Civil.

Es imperativo mencionar que el nivel de desarrollo legislativo entre los municipios es heterogéneo, haciéndose aún más evidente entre los municipios de estados diferentes y, para el caso específico que se aborda en este libro, de los sitios piloto. Esta situación se reflejó en la imposibilidad de tener acceso a sus legislaciones locales, en algunos casos probablemente inexistentes.

En el DVD interactivo que acompaña este libro se puede encontrar el análisis puntual y detallado de la legislación de los municipios mencionados, así como el fundamento de lo que se menciona a continuación:

- Existe un Sistema Municipal de Protección Civil que está compuesto por la Unidad y el Consejo Municipal de Protección Civil. La primera representa el cuerpo operativo y el segundo, el consultivo. Tiene participación del sector privado, público, social y académico. Actualmente, según la Coordinadora General de Protección Civil, sólo 80% de los 2 446 municipios del país tiene su propia Unidad de Protección Civil<sup>20</sup>.
- Según la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 115, los municipios tienen competencia directa y exclusiva en materia de uso de suelo, mediante la cual tienen el poder absoluto para decidir sobre el territorio de su municipio.
- La falta de obligaciones o repercusiones relacionadas con el uso de suelo conlleva a que los municipios hagan cambios sin demasiados trámites, ni requiriendo información relevante y fundamental para determinarlo.
- En la práctica, los municipios tienen un papel fundamental en la administración de los recursos naturales, aunque, como ya se ha mencionado, en materia de humedales es nula. Es notorio que si se les diera algún tipo de competencia, la situación de los humedales podría mejorar significativamente.
- Los municipios tienen competencia para utilizar y desarrollar una herramienta muy poco explotada: el ordenamiento ecológico territorial local<sup>21</sup>. El uso de esta reglamentación de manera conjunta con los planes de desarrollo urbano, servirían para “blindar” jurídicamente el uso de suelo en sus municipios, y hacer que todos los niveles de autoridad se acogieran a ellos.

---

20 Ídem 19.

21 LGEEPA, artículo 20, bis 4.

### 3.1.16 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se debe pensar en la posibilidad de plantear reformas al marco jurídico, reconociendo que el cambio climático es un asunto de plazos cortos y largos, y que en varios campos de política pública no podrá ser resuelto exclusivamente con decisiones nacionales.

Falta precisar en el marco legal y los reglamentos correspondientes el sentido de adaptación y mitigación; no bastan los diagnósticos científicos, es preciso concretar el conocimiento en instrumentos jurídicos, programáticos y presupuestales<sup>22</sup>.

La normatividad existente sólo se limita a la protección de los humedales que, aunque importante, no es suficiente, porque de cualquier manera se siguen perdiendo. La afectación en los humedales costeros del Golfo de México se da por una combinación de factores. Los gobiernos municipales han tolerado y fomentado el crecimiento de la población hacia zonas riesgosas. Se ha visto que hacen caso omiso de la situación de riesgo y de los daños que ésta ha sufrido en recientes épocas. La adopción de patrones de crecimiento urbano adecuado es uno de los factores clave para que la población se adapte al cambio climático.

El papel de las políticas federales debe ser el de proveer el marco regulatorio y las guías generales para su aplicación. Los estados y municipios deben comprometerse para lograr la conservación de los humedales e implementar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático. La coordinación de actividades entre distintos actores es fundamental: el sector agua como recurso, el turismo, la extracción de petróleo y el sector comunicaciones y transportes, entre otros.

Los municipios tienen en sus manos una herramienta esencial: el uso de suelo. A través de éste pueden aterrizar acciones reales y contundentes de cooperación en materia de protección de humedales costeros.

Debe hacerse una división clara de las responsabilidades en la prevención de desastres y dar mayor protagonismo a los estados y municipios. Es necesario usar el suelo de manera inteligente, planear adecuadamente y con calidad la construcción, y adoptar medidas de prevención de desastres. Los municipios y estados no han asumido sus facultades y responsabilidades en relación con la planeación urbana. Existe

---

22 Velázquez, 2005.

la normatividad y aptitud para ello, comenzando por su facultad para desarrollar ordenamientos ecológicos locales.

Cabe destacar que existen casos en los que los municipios desean hacer uso de su facultad de elaboración de un ordenamiento ecológico local y el gobierno estatal pretende hacerla nula. Esto se realiza de dos maneras: solicitando a dichos municipios que celebren convenios en los cuales ceden ese derecho al gobierno estatal e inclusive realizando los ordenamientos con las facultades municipales en uso de suelo.

De acuerdo con el Programa Nacional de Protección Civil (PNPC) 2001-2006<sup>23</sup>, el principal desafío del SINAPROC es conformar un sistema de protección civil preventivo, que pueda integrar los niveles federal, estatal y municipal, así como la población y los sectores sociales y privados. El supuesto básico radica en que los desastres pueden prevenirse a través de la participación de toda la sociedad. El SINAPROC podría transitar hacia un carácter preventivo y no sólo reactivo, como ha sido hasta ahora. Para lograr esto, de acuerdo con la SEGOB, el PNPC deberá tener también una racionalidad y orientación preventiva<sup>24</sup>. Finalmente, PEMEX y FONATUR deben acogerse de manera fehaciente a la normatividad ambiental en vigor, además de participar financieramente.

---

23 SEGOB, 2001. El PNPC es el principal instrumento de política pública en materia de prevención de desastres. Comprende una serie de objetivos, medios, estrategias y líneas de acción para regular y coordinar las acciones del SINAPROC. El PNPC está vinculado con un marco normativo que incluye la Ley de Protección Civil de cada estado, varios acuerdos y decretos que enmarcan la participación de las organizaciones nacionales e internacionales de varios tipos y funciones. El PNPC tiene cuatro objetivos generales:

- I. Transformar al SINAPROC en un sistema preventivo, fortaleciendo la participación social y la mitigación de los desastres naturales y antropogénicos.
- II. Articular las políticas y acciones de las secretarías, instituciones y organizaciones que integran el SINAPROC para prevenir y ayudar a las poblaciones afectadas en caso de emergencia.
- III. Desarrollar mecanismos para detectar y pronosticar peligros naturales, y comunicar tal información a las poblaciones y al SINAPROC.
- IV. Generar una cultura de autoprotección y una actitud responsable por parte de las poblaciones expuestas a los fenómenos perturbadores.

24 Supra 20.

En el DVD interactivo que acompaña este libro encontrará los anexos de esta sección:

- a) Listado del marco legal federal, reglamentos, normas oficiales mexicanas (NOM), programas y otra normatividad aplicable.
- b) Listado del marco legal estatal; leyes estatales de Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.
- c) Normatividad municipal para los estados de Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz.
- d) Instituciones relacionadas.

## 3.2 Áreas naturales protegidas y corredores biológicos

Leticia Gómez *et al.*

De acuerdo con el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PNANP) 1995-2000<sup>1</sup>, México figura entre los 12 países considerados como megadiversos por su riqueza biológica, junto con Australia, Brasil, China, Colombia, Ecuador, Estados Unidos, India, Indonesia, Madagascar, Perú y Zaire. Además, ocupa el cuarto lugar mundial con respecto al número de especies de plantas; el segundo, en cuanto a mamíferos, y el primero en relación con la mayor diversidad y número de endemismos en reptiles.

Las zonas costeras mexicanas constituyen una extensa área con grandes posibilidades de aprovechamiento sustentable, derivadas de la riqueza biótica de sus aguas y de sus variados ecosistemas lagunares y costeros, tan complejos como frágiles.

En todas las zonas costeras del país existen diversos ecosistemas, que por razones de diferente índole (relacionadas con nuestras tradiciones académicas e institucionales) se conocen mucho menos que los terrestres.

Entre éstos destacan:

- Los sistemas arrecifales, constituidos por asociaciones simbióticas de diversos organismos, y que representan los ecosistemas más diversos y productivos de las zonas marinas.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

- La vegetación marina del litoral, conformada principalmente por algas que crecen sobre rocas en la franja afectada por los distintos regímenes de mareas.
- Los humedales, que se hallan principalmente en las orillas de las lagunas costeras, las bahías protegidas y desembocaduras de ríos, con aportes de aguas marinas, creando exuberantes ecosistemas, especialmente de mangle rojo de hasta 25 metros de altura.
- El popal, que cubre grandes extensiones pantanosas y aguas poco profundas del sur de Veracruz y Tabasco. Consiste generalmente en una asociación de plantas hidrófilas, frecuentemente acompañadas de tulares.
- El tular y el carrizal, que crecen en ambientes lacustres o en las orillas de los ríos con fondos fangosos y aguas tranquilas; es común encontrarlos en pantanos, y sus tallos se utilizan en la confección artesanal de petates, cestos, juguetes y diversos utensilios.
- La vegetación flotante, constituida por diversas especies que sobrenadan libremente, como la lechuga de agua, mientras que otras se arraigan en el fondo y dejan flotar sus hojas y flores.
- La vegetación sumergida, que se integra con plantas que pueden estar arraigadas o no en el fondo, pero que normalmente se mantienen bajo la superficie.
- El bosque de galería o vegetación riparia, que comprende las agrupaciones de árboles que crecen en los márgenes o bordos de ríos.
- Otros ambientes asociados con zonas inundables incluyen la selva baja, el palmar, el matorral espinoso y las dunas costeras.

En el PNANP se afirma que “En su conjunto, el mosaico de ecosistemas representa la base natural de la economía nacional, y un recurso que los mexicanos necesitan preservar, tanto por su significación económica, actual y futura, como por el valor que representa la naturaleza en sí misma. Su manejo no debe transgredir las reglas que rigen su funcionamiento, por lo cual, se deben definir ciertos umbrales de perturbación, más allá de los cuales se compromete la capacidad de autorregulación de los ecosistemas. El respeto a estos umbrales de perturbación se traduce en criterios de conservación y uso sustentable del territorio y de sus recursos”<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), las áreas naturales protegidas son aquellas “zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley”<sup>3</sup>.

Las áreas naturales protegidas se reconocen como tales mediante decreto presidencial y se sujetan a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según las categorías establecidas en la LGEEPA.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) actualmente administra 164 áreas naturales de carácter federal, que representan más de 23 098 391 hectáreas. Dichas áreas se clasifican en diversas categorías, como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Categoría de áreas naturales protegidas en México.**

Número	Categoría	Superficie en hectáreas
38	Reservas de la Biosfera	11 846 462
68	Parques nacionales	1 505 643
4	Monumentos Naturales	14 093
7	Áreas de Protección de Recursos Naturales	3 467 386
29	Áreas de protección de flora y fauna	6 077 384
17	Santuarios	689
1	Otras categorías	186 734
		Total
164		23 098 391

Fuente: CONANP, 2008a y 2008b.

<sup>3</sup> Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero de 1988.

El Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000 diferencia distintos tipos de área natural protegida, tal y como se muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Definiciones por tipo de área natural protegida.**

Tipo de área natural	Definición
Reserva de la Biosfera	Se constituirán en áreas representativas biogeográficas relevantes, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del hombre y, al menos, una zona no alterada en que habiten especies consideradas endémicas, amenazadas, o en peligro de extinción, y cuya superficie sea mayor a 10 000 hectáreas (...) En tales reservas podrá determinarse la existencia de la superficie o superficies mejor conservadas, o no alteradas, que alojen ecosistemas, o fenómenos naturales de especial importancia, o especies de flora y fauna que requieran protección especial, y que serán conceptuadas como zona o zonas núcleo (...) En las propias reservas podrán determinarse la superficie o superficies que protejan a la zona núcleo del impacto exterior, que serán conceptuadas como zonas de amortiguamiento (...) En las reservas de la biosfera no podrá autorizarse la fundación de nuevos centros de población.
Parque Nacional	Se constituirán conforme a esta Ley y la Ley Forestal, en terrenos forestales, tratándose de representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo o de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna de importancia nacional, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o bien por otras razones de interés general análogas (...) Dichas áreas serán para uso público y en ellas se permite el aprovechamiento de recursos naturales de acuerdo con el programa de manejo.
Monumento Natural	Se establecerán conforme a esta Ley y a la Ley Forestal, en áreas que contengan uno o varios elementos naturales de importancia nacional, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo (...) En los monumentos naturales únicamente podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación.

**Cuadro 2. Definiciones por tipo de área natural protegida (continuación).**

Tipo de área natural	Definición
Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre y Acuática	Se constituirán de conformidad con las disposiciones de esta Ley, de las Leyes Federal de Caza y Federal de Pesca y de las demás aplicables, en los lugares que contienen los hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres y acuáticas (...) En ellas se permite el aprovechamiento de recursos naturales de acuerdo con el programa de manejo.
Parque Marino Nacional	Se establecerán en las zonas marinas que forman parte del territorio nacional, y podrán comprender las playas y la zona federal marítimo terrestre contigua (...) En estas áreas sólo se permitirán actividades relacionadas con la preservación de los ecosistemas acuáticos y sus elementos, las de investigación, recreación y educación ecológicas, así como los aprovechamientos de recursos naturales que hayan sido autorizados, de conformidad con lo que disponen esta Ley, la Ley Federal de Pesca, la Ley Federal del Mar, las demás leyes aplicables y sus reglamentos, así como las normas vigentes del derecho internacional.
Santuario*	Áreas establecidas en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas.

\* Definición del CONANP, 2008a.

Fuente: Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (retomado de INE, 1996).

El concepto de corredor biológico implica una interconexión entre zonas protegidas y áreas con una biodiversidad importante<sup>4</sup>; además, son espacios que permiten el libre flujo de especies animales y vegetales, y que interconectan áreas distintas.

En este libro se abordan ocho sitios piloto, ubicados en distintas áreas naturales protegidas; en el cuadro 3 se muestra un integrado de ello; en el capítulo 5 se abordan sus características.

4 *Diccionario ecológico*, Perú Ecológico, 2008.

**Cuadro 3. Áreas naturales protegidas a las que pertenecen algunos sitios piloto.**

Sitio piloto	Área natural protegida o área prioritaria
1. Río San Fernando-Laguna La Nacha	Forma parte del Área Natural Protegida Laguna Madre y Delta del Río Bravo, bajo la categoría de área de protección de flora y fauna.
2. Río Pánuco-Altamira	Se encuentra dentro del Área Natural Protegida Estatal "La Vega Escondida", cuyo decreto data de 2003.
3. Río Papaloapan-Laguna de Alvarado	Es una región prioritaria terrestre, marina e hidrológica por parte de la CONABIO. Actualmente se encuentra en proceso de ser catalogado como ANP.
4. Río Coatzacoalcos-Laguna El Colorado	El humedal de Coatzacoalcos está catalogado por la CONABIO como región prioritaria terrestre, marina e hidrológica, pero no forma parte de ninguna ANP.
5. Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona	Está en proceso de ser catalogado como ANP*.
6. Los Petenes	La Reserva de la Biosfera Los Petenes fue decretada como Zona de Protección Especial de Flora y Fauna el 4 de junio de 1996 y cambió su estatus a Reserva de la Biosfera el 24 de mayo de 1999.
7. Sistema Lagunar Nichupté (Cancún)	Está considerado como una región prioritaria marítima por la CONABIO y es parte del Área Natural Protegida Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.
8. Sistema Lagunar Boca Paila (Punta Allen)	El sistema lagunar Boca Paila se sitúa en la porción continental de la bahía de Asunción, dentro de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, cuyo decreto como área natural protegida data del 20 de enero de 1986.

\* Mauricio Cervantes, comunicación personal.

Fuente: Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, y CONANP, 2008a y 2008b.

De acuerdo con el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000, “Se ha eliminado una gran proporción de hábitats naturales con un muy discutible y, en todo caso, muy limitado beneficio social. Éste resulta aún más insignificante al contrastarse con los enormes costos ambientales y sociales incurridos”, y señala que “las áreas naturales protegidas constituyen el instrumento toral en la conservación de la biodiversidad y de los bienes y servicios ecológicos. Representan la posibilidad de reconciliar la integridad de los ecosistemas, que no reconocen fronteras político-administrativas, con instituciones y mecanismos de manejo sólidamente fundamentados en nuestra legislación”.

El mismo programa marca una serie de instrumentos y estrategias en pro de la conservación y desarrollo de estas zonas:

1. *Consolidación de sistemas de manejo*, por medio de la definición clara de los criterios y elementos de manejo para las áreas naturales protegidas, así como las necesidades de infraestructura, equipamiento y dotación de personal. Se reconoce la importancia de fortalecer la presencia institucional en las áreas naturales protegidas, y de ganar legitimidad y eficacia a través de actividades y actores visibles y comprometidos. Se incluye la atención a áreas piloto a través de nuevos sistemas de administración, la prioridad que representa la regularización de la tenencia de la tierra y de los derechos de propiedad, y la construcción de una red de estaciones biológicas y ecoturísticas. Se destaca la atención que debe otorgarse a áreas protegidas conflictivas y de alto significado ecológico, así como la creación y el apoyo a iniciativas de reservas hermanas con los países vecinos, donde puedan coordinarse programas de manejo e intercambiarse experiencias y apoyos técnicos. Se contempla también el rescate de especies significativas y carismáticas en áreas naturales protegidas, y el despliegue de nuevas fórmulas de vigilancia, monitoreo y supervisión.
2. *Ampliación del alcance y representatividad del SINAP*<sup>5</sup> a través de la definición de prioridades de conservación y de nuevas categorías, con un énfasis en áreas costeras y marinas. Se establecen mecanismos de prospección sistemática para nuevas áreas naturales protegidas y se propone una agenda de nuevos decretos

---

<sup>5</sup> Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

para el establecimiento de reservas prioritarias. Se incluye también el compromiso de desarrollar el Corredor Biológico Mesoamericano, y de actualizar las declaraciones de las áreas naturales protegidas existentes.

3. *Descentralización, rescate y recategorización de parques nacionales.* Los parques nacionales requieren de un tratamiento especial por las peculiaridades históricas, geográficas y sociales que los distinguen, por su dimensión recreativa y escénica, su compleja problemática jurídica, su avanzado grado de deterioro, y la clara influencia local o urbana que se observa en muchos de ellos. La estrategia referente a los parques nacionales incluye iniciativas de descentralización comprometida y concurrente del manejo y administración hacia estados y municipios, a partir de criterios y mecanismos bien definidos de coordinación, donde la autoridad federal mantiene la normatividad básica y una participación en los sistemas organizativos locales. Se considera también el fortalecimiento y la rehabilitación de un conjunto de parques de gran valor ecológico que se mantendrán bajo administración federal, así como la recategorización (hacia reservas de la biósfera) en los casos en que resulte pertinente. También se plantea regularizar decretos y derogar aquellos parques inexistentes para todo efecto práctico, con el fin de evitar confusiones y el desprestigio de esta categoría de manejo.
4. *Desarrollo de estructuras organizativas internas e instituciones locales.* Es una estrategia que apunta a la creación de nuevos ámbitos institucionales en las áreas naturales protegidas y sus regiones de influencia, a través de instancias de participación y corresponsabilidad en la forma de comités técnicos y fideicomisos locales. En ello, se manifiesta la importancia de los principales actores, y se formula un esquema básico de organización institucional local mediante la participación de la autoridad federal, los gobiernos estatales y municipales, universidades, organismos no gubernamentales, sector privado, organizaciones sociales y de productores, y prestadores de servicios.
5. *Financiamiento.* Se constituye como un requisito de absoluta prioridad, en la medida en que es necesario asumir colectivamente los costos de la conservación en áreas naturales protegidas como una inversión de alta rentabilidad social en el capital ecológico básico del país. Se destaca y propone la ampliación de los presupuestos fiscales; el aprovechamiento eficiente del financiamiento oficial internacional; el

ecoturismo; mecanismos de intercambio económico voluntario, como servidumbres ecológicas; compras de tierras, contratos de conservación, loterías y bonos, entre otros. Se añade la exploración de nuevos mecanismos fiscales en términos de deducibilidad a tierras donadas en favor de la conservación, aportaciones a fideicomisos, contratos de servidumbre ecológica, infraestructura, y beneficios fiscales para los propietarios de tierras incluidas en áreas naturales protegidas.

6. *La participación y corresponsabilidad social* es un común denominador de todo el programa, que se explicita en una estrategia donde juega un papel protagónico la integración del *Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas*; el diseño y la operación de convenios con universidades para investigación, tesis y pasantías; convenios con fundaciones y otras organizaciones no gubernamentales; los acuerdos de coordinación para el manejo conjunto; administración o descentralización con estados o municipios; la incorporación del sector privado al financiamiento de las áreas naturales protegidas; la promoción empresarial en favor de la conservación; la formalización y apoyo administrativo y jurídico a las iniciativas comunitarias, sociales y privadas en áreas naturales protegidas.
7. *Las oportunidades de desarrollo regional* que ofrecen las áreas naturales protegidas quedan definidas a través del ordenamiento ecológico, como instrumento de integración territorial y productiva entre las áreas protegidas y las regiones circundantes, a través de la regulación y la promoción del manejo de la vida silvestre; de la búsqueda de nuevos mercados para productos originados en áreas naturales protegidas; el financiamiento de la banca de desarrollo, y la convergencia con otros programas sectoriales que puedan sumarse y hacer sinergia con los esfuerzos de conservación y desarrollo sustentable.
8. *La coordinación interinstitucional* define propuestas de concurrencia entre diferentes instancias de la administración pública federal, con el objeto de combatir la pobreza para mitigar presiones sociales en contra de la conservación; el apoyo a proyectos de desarrollo agropecuario con un sentido ecológico; la regularización de la tenencia de la tierra; la vigilancia; el manejo del patrimonio arqueológico; y el fomento al ecoturismo, como elemento de financiamiento, valoración y fortalecimiento de intereses orientados al manejo sustentable.

9. *La educación, capacitación y desarrollo de cuadros técnicos* es un propósito de indudable alcance, al permitir un reforzamiento mutuo entre la conservación en áreas naturales protegidas y la formación de especialistas, científicos y técnicos, en donde la participación de universidades e instituciones de investigación juega un papel crucial.

10. *El sistema de información de la biodiversidad en áreas naturales protegidas* es una estrategia para facilitar el manejo y extender el conocimiento sobre las áreas naturales protegidas, y contribuir a la generación de consensos, y a la movilización de recursos y voluntades sociales. Implica nuevas herramientas de cómputo; sistemas de clasificación y comunicación; sistemas de información geográfica, y bases de datos sobre biodiversidad, publicaciones y comunicación social.

El cuadro 4 presenta algunos puntos importantes de los programas de manejo de las ANP donde se encuentran tres sitios piloto.

**Cuadro 4. Programas de manejo.**

Programa de manejo	Componentes de manejo y estrategias
Programa de Manejo del Parque Marino Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Componente de conservación y manejo sustentable de recursos naturales (subcomponentes: inventario y distribución de recursos, flora y fauna, pesca).</li> <li>b) Componente de protección y restauración (subcomponentes de prevención y control de siniestros, como huracanes y el derrame de hidrocarburos, de restauración, de saneamiento ambiental).</li> <li>c) Componente de monitoreo ambiental e investigación científica (subcomponentes de monitoreo, de inspección y vigilancia, de estudios ecológicos básicos e investigación científica).</li> <li>d) Componente de uso público, recreación y educación (subcomponentes turístico y recreativo, así como de educación, difusión e interpretación ambiental).</li> <li>e) Componente de operación (subcomponente de infraestructura y señalización).</li> <li>f) Componente de coordinación, concertación y participación social (subcomponentes de coordinación interinstitucional, y de concertación comunitaria con organismos no gubernamentales y con agrupaciones de prestadores de servicios).</li> <li>g) Componente de marco legal y administrativo (subcomponentes de reglas administrativas de manejo, de financiamiento, de administración y de personal).</li> </ul>

Cuadro 4. Programas de manejo (continuación).

Programa de manejo	Componentes de manejo y estrategias
Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Los Petenes (RBLP).	<p>Se establecen las acciones mediante las cuales se pretenden alcanzar los objetivos de conservación y manejo de los ecosistemas de la RBLP y su biodiversidad, apoyados en la gestión, investigación, difusión e interacción interinstitucional en sus tres niveles de gobierno; integrando, además, los mecanismos y las estrategias necesarios para el adecuado manejo y administración del área. Se desarrollaron seis subprogramas, conformados a su vez por diversos componentes, cada uno de los cuales tiene objetivos, metas, actividades y acciones específicas, derivados del diagnóstico de la situación actual de los ecosistemas, de la biodiversidad y del análisis de la problemática y necesidades existentes en la reserva.</p> <p>Los subprogramas son protección, manejo, restauración, conocimiento, cultura y gestión.</p> <p>En manejo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Manejo y uso sustentable de agroecosistemas y ganadería (conocer la situación de las actividades agropecuarias dentro de la RBLP y su zona de influencia; fomentar esquemas de desarrollo sostenible de la ganadería; fomentar esquemas de desarrollo sostenible de la agricultura).</li> <li>b) Contingencias y mitigación de riesgos (contar, a través del Consejo Asesor, con un programa interinstitucional de atención a contingencias y riesgos ambientales; contar con un manual de manejo de contingencias y mitigación de riesgos, lograr una articulación funcional y exitosa con otros instrumentos de atención a contingencias, como comités estatales y municipales de Protección Civil y CONAFOR, entre otros).</li> </ol>
Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.	<p>Los objetivos son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conservar los ecosistemas naturales de la parte costera central de Quintana Roo, como muestras representativas de la región mesoamericana y del Caribe en la república mexicana.</li> <li>2. Preservar la diversidad genética del área, en particular aquellas especies endémicas, en peligro de extinción y de utilidad potencial para el hombre.</li> <li>3. Contribuir a mantener los procesos ecológicos e hidrológicos que aseguren la productividad pesquera, la conservación de suelos y la regulación climática.</li> <li>4. Proteger y ensalzar los valores escénicos y culturales del área, incluyendo los vestigios arqueológicos, históricos y los usos tradicionales de los recursos.</li> <li>5. Ofrecer opciones de ecodesarrollo para bosques tropicales, zonas inundables y áreas costeras, por medio del aprovechamiento múltiple, integral y sostenido de los recursos naturales, con la participación de la población local</li> <li>6. Proporcionar facilidades para la capacitación de pobladores locales y promover fuentes de ingresos a los habitantes dentro de los programas de la reserva.</li> </ol>

Cuadro 4. Programas de manejo (continuación).

Programa de manejo	Componentes de manejo y estrategias
Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an.	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Promover la investigación, particularmente en las áreas de ecología, socioeconomía y de manejo de los recursos naturales.</li> <li>8. Contar con áreas que puedan servir como "patrón", para poder evaluar los cambios ocasionados por el uso humano de los ecosistemas en la península de Yucatán.</li> <li>9. Ofrecer oportunidades para la recreación controlada en contacto con la naturaleza.</li> <li>10. Facilitar la interpretación y educación ambiental, con énfasis local y regional.</li> </ol> <p>Para el manejo de recursos naturales de uso actual, los objetivos generales que se plantean son crear una red eficiente de unidades de manejo de recursos naturales, aminorar el impacto de las actividades productivas sobre los ecosistemas de la reserva y capacitar a los pobladores locales en el manejo de tecnologías apropiadas de uso de los recursos.</p>

Los planes de manejo incorporan estrategias concretas sobre la forma de aprovechamiento sustentable del suelo por las comunidades locales dentro de las áreas naturales protegidas. Por otro lado, estructuran planes de atención a eventos climáticos extremos que pueden ser entendidos como políticas de adaptación permanentes ante escenarios de cambio climático.

Los programas de manejo toman en cuenta la experiencia local en materia de uso racional de los recursos, lo que garantiza un mayor éxito en los planes de adaptación al cambio climático. Paralelamente, estos programas promueven la generación de capacidades para desarrollar propuestas de manejo sustentable, que pueden ser incorporadas en la reglamentación de los usos del suelo.

Dentro de la creación de capacidades, resalta también que los programas de manejo integran sus estrategias en plazos de tiempo (corto, mediano y largo) y bien pueden ser incorporadas en los sistemas de alerta temprana ante huracanes o cambios en los patrones de lluvia. Es recomendable que dentro de estos programas se integren los escenarios de cambio climático definidos en el proyecto marco de este estudio.

En el ordenamiento de Sian Ka'an destaca el lineamiento de reducir las superficies agropecuarias. Aunque sólo se está visualizando hacia dentro de la reserva, se propone incluir las presiones fuera de la reserva, principalmente en las regiones agrícolas que la limitan.

## 3.3 Ordenamientos ecológicos y territoriales

Leticia Gómez *et al.*

El ordenamiento ecológico es el instrumento de política ambiental que tiene como objeto 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, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos<sup>1</sup>. Ello se vuelve una herramienta imprescindible para la toma de decisiones del estado y del municipio en cuanto a prevenir y revertir los desequilibrios ecológicos, e impulsar acciones que propicien el uso del territorio y sus ecosistemas dentro de un marco sustentable de desarrollo.

A continuación se indican, a manera de ejemplo, las características principales de algunos de los ordenamientos ecológicos de dos estados, cuya área de influencia incide sobre los sitios piloto que se abordan en este libro: Campeche y Quintana Roo.

---

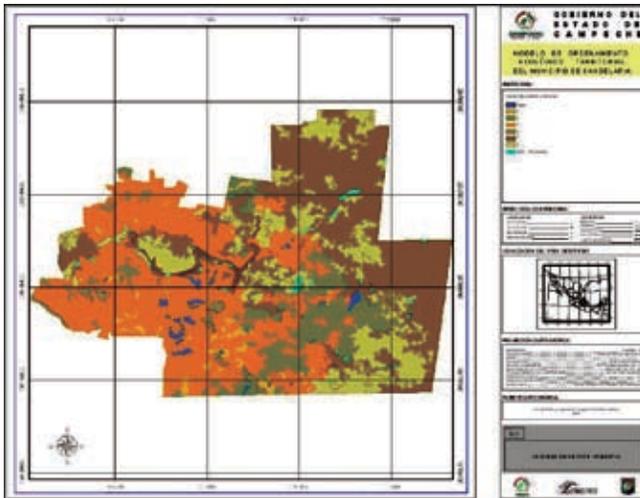
1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Título Primero, artículo 3, fracción XXIII. *Diario Oficial de la Federación*, 28 de enero de 1988.

### 3.3.1 ESTADO DE CAMPECHE

#### 3.3.1.1 Modelo de ordenamiento ecológico del municipio de La Candelaria, Campeche<sup>2</sup>

En el caso concreto del estado de Campeche, existen antecedentes de ordenamiento territorial de toda la entidad, pero es a partir de la firma del Convenio de Colaboración entre la Federación y el estado (19 de octubre de 2004) cuando se formaliza la generación y aplicación de ese instrumento.

Figura 1. Unidades de gestión ambiental en Campeche.



Fuente: Universidad Autónoma de Campeche, 2004.

Para el modelo de ordenamiento ecológico propuesto para el municipio de La Candelaria se establecieron siete unidades de gestión ambiental (UGA) (ver figura 1).

En el cuadro 1 se muestran los lineamientos ecológicos que se determinaron para el modelo de ordenamiento de acuerdo con diversas políticas ambientales.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Campeche, 2004. Proyecto financiado por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Campeche.

Cuadro 1. Políticas ambientales del municipio de La Candelaria, Campeche.

Sitio	Política de aprovechamiento	Política de restauración	Política de protección	Política de conservación
Municipio La Candelaria, Campeche	Promueve la permanencia del uso actual del suelo o permite su cambio en la totalidad de la UGA donde se aplica. Trata de mantener por un periodo indefinido la función y capacidades de carga de los ecosistemas.	Fomenta la aplicación de programas y actividades encaminadas a recuperar o minimizar, con o sin cambios en el uso de suelo, las afectaciones producidas por procesos de degradación en los ecosistemas incluidos dentro de la UGA. Trata de restablecer las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales en la UGA, para posteriormente asignarla a otra política ambiental.	Suscita la permanencia de ecosistemas nativos, que por sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad merezcan ser incluidos en sistemas de áreas naturales protegidas (ANP), en los ámbitos federal, estatal o municipal. La utilización de los recursos naturales está sujeta a la normatividad definida en el programa de manejo del área natural protegida.	Persigue la permanencia de ecosistemas nativos y su utilización, sin que esto último indique cambios masivos en el uso del suelo de la UGA donde se aplique. En esta política se trata de mantener la forma y función de los ecosistemas y, al mismo tiempo, utilizar los recursos existentes en la UGA.

Fuente: elaborado con datos de Universidad Autónoma de Campeche, 2004.

También dentro del modelo se instituyeron los usos de suelo compatibles con la aptitud del territorio, y que se definen en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Usos de suelo compatibles con la aptitud del territorio.**

Uso de suelo	Características
Uso predominante	El uso del suelo es congruente con la aptitud territorial y acorde con la estrategia del ordenamiento ecológico.
Uso compatible	El uso del suelo es congruente con la aptitud territorial y de aceptación social.
Uso condicionado	Aquel uso que tiene alguna incompatibilidad con la aptitud del territorio y debe ser regulado.
Uso restringido	Aquel uso que resulta incompatible con la aptitud del territorio, por lo que no debe ser considerado.

Fuente: elaborado con datos de la Universidad Autónoma de Campeche, 2004.

Además se marcan criterios ecológicos<sup>3</sup>, algunos de los cuales se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Criterios ecológicos propuestos de acuerdo con la tendencia de uso del suelo según el área, municipio de La Candelaria, Campeche.**

Tendencia de uso	Criterios ecológicos
Asentamientos humanos	Deberá evitarse el establecimiento de asentamientos humanos en zonas de conservación y protección.
Conservación de la vegetación	La actividad agrícola debe realizarse preferentemente en sitios con vegetación perturbada.
Conservación de la vegetación	En la preparación del terreno para las actividades agrícolas se deberá usar el método de roza, tumba y limpia.
Conservación de la vegetación	Se prohíbe todo tipo de actividad agrícola en suelo de conservación.
Conservación de la vegetación	No se permite el desarrollo de ganadería extensiva.
Cambio de uso forestal	Deberá obtenerse el cambio de uso de suelo forestal o de selva ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en forma previa a la utilización de tierras consideradas como forestales en el inventario de la Comisión Nacional Forestal.
Uso pecuario	Los suelos con aptitud para pastizales que pretendan ser utilizados deberán estar sujetos al índice de agostadero.

<sup>3</sup> Los criterios ecológicos son una serie de acciones condicionadas para proteger, aprovechar, conservar y restaurar los recursos naturales, y que en su conjunto son aplicados para cada una de las unidades de gestión ambiental.

**Cuadro 3. Criterios ecológicos propuestos de acuerdo con la tendencia de uso del suelo según el área, municipio de La Candelaria, Campeche (continuación).**

Tendencia de uso	Criterios ecológicos
Uso pecuario	Se recomienda que las actividades pecuarias queden restringidas a las áreas actualmente utilizadas para este fin, y su reconversión a proyectos productivos alternativos, como la creación de Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS).
	Las actividades pecuarias sólo podrán realizarse bajo producción intensiva, lo que incluye áreas con ambientes controlados y actividades de engorda estabuladas.

Fuente: Universidad Autónoma de Campeche, 2004.

### 3.3.2 ESTADO DE QUINTANA ROO

El Ordenamiento Territorial de Quintana Roo plantea un modelo de uso y aprovechamiento del territorio basado en dos criterios: el primero se refiere a la estructura de los recursos naturales mismos y el segundo, al grado de conservación y uso que actualmente se da a los recursos naturales en esos espacios<sup>4</sup>.

Se pueden diferenciar varias zonas características en el estado. En cuanto a la porción costera, se encontró una banda de afectaciones intensas como resultado del aprovechamiento turístico de esos espacios. Esta banda se extiende desde la zona aledaña a Cancún hasta la población de Tulum. La zona costera de la región centro y sur de la entidad está en mejores condiciones. La afectación ha sido mucho menor y representa un espacio más adecuado para establecer programas que permitan un manejo racional de los recursos.

Dadas las grandes diferencias regionales y especialmente el estado de conservación de muchas de las superficies, se definió que resulta más adecuado establecer los ordenamientos en los niveles regionales o locales, para garantizar la protección o restauración, en su caso, de áreas más específicas del territorio.

---

4 SEMARNAT-GEOR-UQR, 2004.

En el cuadro 4 se muestran las políticas ambientales en Quintana Roo.

**Cuadro 4. Políticas ambientales del estado de Quintana Roo.**

Sitio	Política de restauración	Política de protección
Estado de Quintana Roo	Su aplicación sólo pretende restablecer la estructura y funcionalidad de los ecosistemas que por sus características resulten de particular importancia para el estado o conservación de la biodiversidad del mismo. Sin embargo, en términos prácticos, solamente es aplicable en espacios reducidos, que preferentemente se encuentren en contacto con otras superficies de mayor extensión, en las cuales los ecosistemas conserven aún sus características de estructura y funcionalidad lo más cercano posible a las condiciones naturales.	La constitución de nuevas áreas naturales protegidas deberá tender de manera cada vez más precisa no sólo a la protección irrestricta de superficies, sino más bien a la protección particular de ecosistemas cuya estructura y funcionalidad se acerquen a las condiciones naturales, y al establecimiento de corredores biológicos estratégicos que permitan mantener conectadas las áreas naturales protegidas que ya existen.

Fuente: SEMARNAT-GEOR-UQR, 2004.

En relación con estrategias que podrían relacionarse con la adaptación al cambio climático, en el cuadro 5 se tienen las referentes a playas, lagunas y manglares, medio ambiente y agua.

**Cuadro 5. Estrategias relacionadas con la adaptación al cambio climático en playas, lagunas y manglares, medio ambiente y agua en Quintana Roo.**

Sector	Líneas de acción
Playas, lagunas y manglares	<p>Concertar con las instancias correspondientes un programa de recuperación de playas para la ciudad de Cancún.</p> <p>Impulsar la aplicación de los planes de conservación, rescate y saneamiento de las lagunas, manglares y playas.</p>

**Cuadro 5. Estrategias relacionadas con la adaptación al cambio climático en playas, lagunas y manglares, medio ambiente y agua en Quintana Roo (continuación).**

Sector	Líneas de acción
Medio ambiente	Establecimiento y manejo de áreas naturales protegidas. Elaboración y aplicación de programas de ordenamiento ecológico territorial. Elaboración, aplicación y seguimiento de programas de manejo. Manejo integrado de los recursos naturales. Recuperación y protección de playas, caracterización ambiental de cenotes y cavernas.
Agua	Mejorar los servicios y alcanzar mayores niveles de cobertura en agua potable y drenaje sanitario, por arriba de las medias nacionales, para contribuir al bienestar y el desarrollo de las comunidades. Implementar un programa integral de saneamiento de aguas residuales para frenar el proceso actual de contaminación de mantos acuíferos, ríos, lagos y mares. Impulsar, mediante un mecanismo de concurso, la realización de un programa integral de saneamiento para la ciudad de Cancún, a fin de proteger el medio ambiente y el sistema lagunar Nichupté.

Fuente: SEMARNAT-GEQR-UQR, 2004.

### 3.3.2.1 Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya (2004)<sup>5</sup>

El Ordenamiento Ecológico Territorial de Costa Maya se decretó y publicó en el año 2000. Para mantener la vigencia y actualidad de sus documentos de planeación y regulación del desarrollo, se contó con la participación de los tres órdenes de gobier-

<sup>5</sup> Gobierno del Estado de Quintana Roo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente y Universidad de Quintana Roo

no, así como de la sociedad civil en su conjunto, los cuales se abocaron a realizar la actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya (POET-CM), 2004.

El proceso de revisión del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial tomó como punto de partida ciertos elementos importantes que sirvieron para establecer el modelo original y definir la imagen objetivo para la región Costa Maya<sup>6</sup>. Entre ellos destacan:

1. Los grandes ecosistemas que conforman la zona sujeta al ordenamiento ecológico, en donde puede verse a la región como un acomodo de franjas paralelas a la costa.
2. El movimiento de las aguas superficiales y subterráneas.
3. Las áreas naturales protegidas (ANP).
4. El riesgo que representan los fenómenos hidrometeorológicos.

Asimismo, se establecieron 77 unidades de gestión ambiental (figura 2).

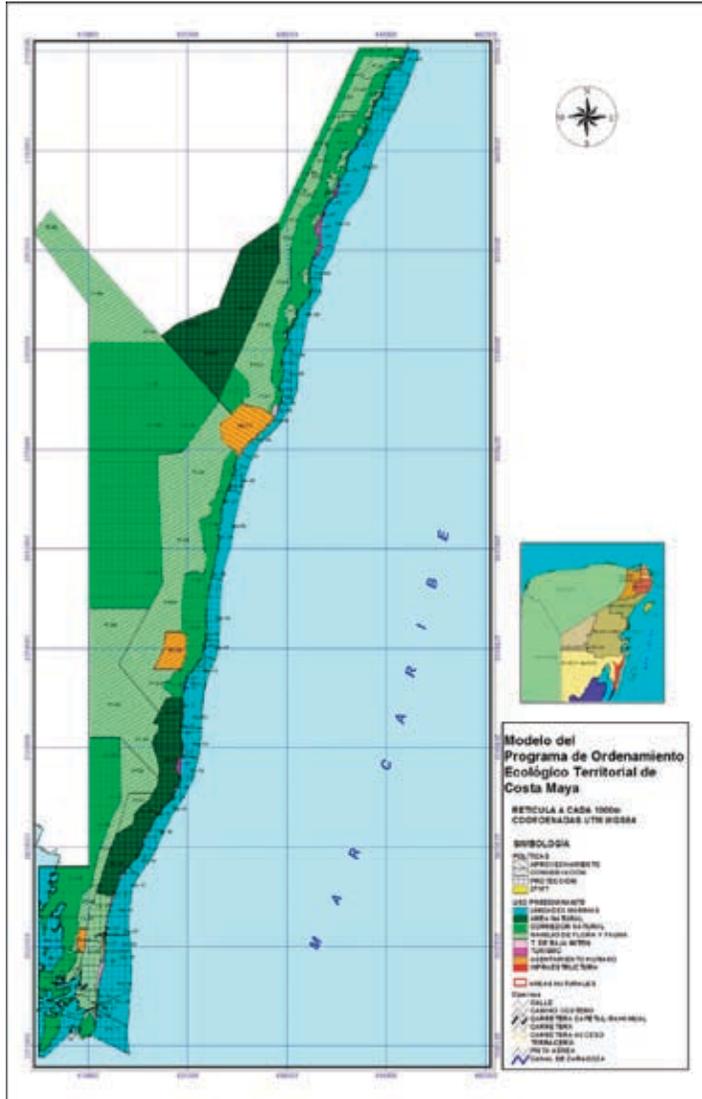
Para determinar el nivel de aprovechamiento de cada unidad territorial en la zona costera, se tomó en cuenta el uso actual, la cercanía con algún sistema lagunar, y el ancho disponible entre la línea de costa y el manglar.

Para el caso de las unidades territoriales ubicadas fuera de la costa, se siguieron principalmente los criterios de delimitación de los ecosistemas con base en la interpretación de la imagen de satélite y posteriormente se hizo una verificación en campo. Así, las áreas que se caracterizan por ser humedales tienen una vegetación de mangle, primordialmente, y permanecen inundados la mayor parte del año. Por las funciones ecológicas que cumplen estos ecosistemas (regulación del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos, estabilización del clima local, refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural, usos tradicionales, entre otros) y por la presencia de especies bajo algún estatus de protección, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas, fueron destinados principalmente a la política de protección.

---

6 SEMARNAT-GEQR-UQR, 2004.

Figura 2. Mapa de unidades de gestión ambiental en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya (2004).



Fuente: SEMARNAT-GEOR-UQR, 2004.

En el proceso de actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial, se continúa con esos principios. Las unidades de gestión fueron evaluadas en relación con los cambios recientes que presentan en su cobertura vegetal, para determinar su grado de afectación y establecer las medidas pertinentes, ya sea para garantizar su protección o bien para que funcionen como unidades de impulso al desarrollo sostenible de la región Costa Maya.

Dentro de los humedales se encuentran varias lagunas que se ubicaron en la política de conservación. Entre los factores considerados destacan su cercanía con la zona costera, su belleza escénica, la conservación que presentan, su importancia ecológica o el potencial de aprovechamiento.

Aun cuando este Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial es terrestre, se debe considerar que la mayor parte de las actividades se desarrollan en la zona costera, y en la laguna y barrera arrecifal. Por lo tanto, se debe tener en cuenta la conexión que existe entre los ecosistemas terrestres y los marinos. En el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial vigente se hizo una caracterización y diagnóstico de los diferentes ecosistemas marinos y se presenta una zonificación de las distintas regiones marinas. También se tienen políticas y criterios para su manejo y aprovechamiento, con el fin de que la propuesta de ordenamiento territorial guarde congruencia con el recurso marino y sus hábitats. Para ello, fue necesario hacer una descripción de áreas marinas, como la que se hizo para la parte terrestre.

En cuanto a los usos del suelo, los fines particulares a que podrán destinarse determinadas zonas o predios dentro del área de ordenamiento y los usos convencionales delineados en el programa de ordenamiento ecológico para la Costa Maya se presentan en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Usos del suelo en la Costa Maya.**

<b>Acuicultura</b>	Técnicas de cultivo para especies acuáticas vegetales y animales; se contempla la producción, crecimiento y comercialización de estas especies en ambientes controlados.
<b>Agrícola</b>	Uso del territorio para realizar actividades de labranza o cultivo de la tierra.
<b>Área natural</b>	Se refiere a las áreas naturales protegidas decretadas, ya sea de jurisdicción federal o estatal, y que en su caso están reguladas por su respectivo programa de manejo.

**Cuadro 6. Usos del suelo en la Costa Maya (continuación).**

<b>Asentamientos humanos</b>	Se refiere a un conglomerado demográfico con el conjunto de sus sistemas de convivencia en un área físicamente localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que la integran. Toma en cuenta el uso del territorio para el establecimiento de centros de población, que estarán regulados por un programa de desarrollo urbano.
<b>Corredor natural</b>	Espacios naturales en buen estado de conservación, que propician la conectividad del sistema, permitiendo la libre dispersión de especies vegetales y el desplazamiento de animales.
<b>Equipamiento</b>	Aprovechamiento del territorio para la construcción y operación de obra, que incluye el conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario utilizado para prestar a la población los servicios urbanos y desarrollar las actividades económicas.
<b>Forestal</b>	Uso del territorio para realizar actividades de aprovechamiento de los recursos forestales, tanto maderables como no maderables, de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
<b>Industria</b>	Conjunto de operaciones materiales no contaminantes ejecutadas para la obtención, transformación, almacenaje o transporte de uno o varios productos. Se refiere al aprovechamiento del suelo para la construcción de instalaciones industriales.
<b>Infraestructura</b>	Conjunto de elementos que se consideran necesarios para la creación y el funcionamiento de los sistemas y redes de organización y distribución de bienes y servicios.
<b>Manejo de flora y fauna</b>	Uso del territorio para aprovechar de forma sostenible la vida silvestre de acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre.
<b>Minería</b>	Aprovechamiento del territorio para realizar actividades de exploración, extracción, procesamiento, transformación y aprovechamiento de materiales pétreos.
<b>Pecuario</b>	Aprovechamiento del territorio para la explotación racional de especies animales orientadas a la producción de carne, leche, huevo, miel, piel, lana y otras de interés zootécnico, con la finalidad de satisfacer necesidades vitales o de desarrollo humano.
<b>Pesca</b>	Aprovechamiento sostenible de especies mediante diferentes artes y técnicas, cuyo medio de vida se encuentra relacionado de manera total, parcial o temporal con el agua.
<b>Turismo</b>	Aprovechamiento del suelo para la construcción de desarrollos turísticos hoteleros, que va de un gradiente de 15 a 35 cuartos por hectárea.
<b>Turismo de bajo impacto</b>	Es aquel desarrollo de baja densidad de construcción orientado a la conservación (menor a diez cuartos por hectárea).
<b>Turismo con restricciones</b>	Permite el aprovechamiento mediante la implementación de facilidades turísticas mínimas construidas con materiales de origen natural y de permanencia no prolongada.
<b>Turismo con altas restricciones</b>	No se permite la construcción de ningún tipo de facilidades; sólo se permite el uso del entorno en su estado natural.

Fuente: SEMARNAT-GEOR-UQR, 2004.

Se definieron criterios para evaluar los usos del suelo (cuadro 7).

**Cuadro 7. Criterios para la asignación de uso de suelo en la Costa Maya.**

<b>Usos predominantes</b>	Los empleos del territorio que reconocen el uso actual en relación con la vocación natural del suelo.
<b>Usos compatibles</b>	Aquellos usos potenciales que pueden llevarse a cabo de forma simultánea con otros y para los cuales existe la aptitud para su desarrollo en un área determinada. Constituyen alternativas de uso diversificado y sustentable.
<b>Usos condicionados</b>	Aquellos usos existentes y de importancia por el beneficio económico que representan para la sociedad. Pueden causar conflictos ambientales con otras actividades desarrolladas en un área determinada, por lo que para su realización es necesario un estudio técnico y científico.
<b>Uso incompatible</b>	Cuando la actividad que se pretende realizar es incongruente con la vocación natural del suelo y los criterios ecológicos aplicables, por lo que su ejecución puede resultar perjudicial para el ecosistema.

Fuente: SEMARNAT-GEQR-UQR, 2004.

### 3.3.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez

Algunos de los objetivos específicos del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez<sup>7</sup> relacionados con la tendencia del uso del suelo son los siguientes:

- Preservar en el Municipio Benito Juárez asociaciones vegetales de selva baja y de halófilas<sup>8</sup> costeras, en función de sus reducidas extensiones, así como humedales costeros y continentales, dada su importancia para la fauna.
- Mantener de forma integral los componentes del medio biótico para que continúen generando beneficios económicos y sociales a la población.
- Propiciar el desarrollo rural mediante el fortalecimiento del Programa de Manejo Forestal del Ejido Leona Vicario y del Proyecto de Desarrollo Rural Sustentable del Ejido Puerto Morelos.

7 Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez, H. Ayuntamiento Benito Juárez 2002-2005, Gobierno del Estado de Quintana Roo, SEMARNAT-GEQR-UQR, 2005.

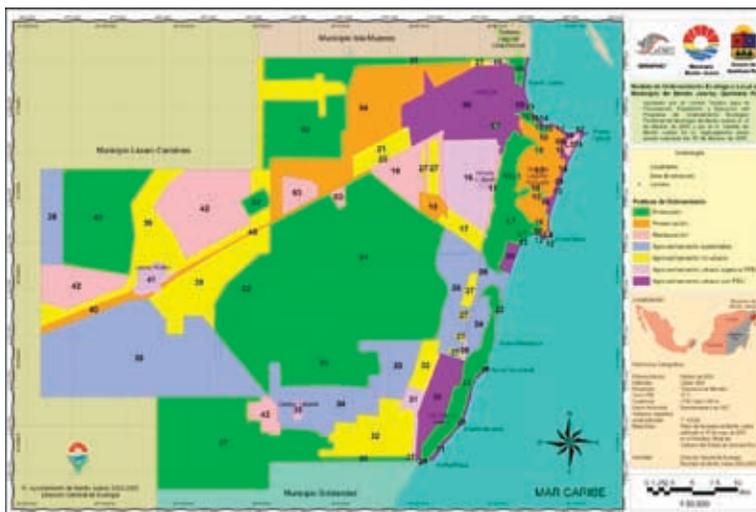
8 Plantas que viven en terrenos donde abundan las sales.

- Impulsar el desarrollo sustentable del corredor Aeropuerto-Puerto Morelos, identificado como la zona más adecuada para la diversificación de la oferta de productos turísticos del destino Cancún.
- Generar las condiciones para detener el avance de los asentamientos irregulares por medio del establecimiento de zonas específicas para el crecimiento urbano y mediante la promoción de otras formas de aprovechar el territorio, suficientemente rentables y menos agresivas para el ambiente.
- Favorecer actividades productivas que realicen un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Propiciar el desarrollo urbano ambientalmente responsable mediante la aplicación de criterios de regulación ecológica en los centros urbanos y en las áreas previstas como reservas urbanas.
- Propiciar la recuperación de las zonas afectadas del municipio Benito Juárez.

Dentro de las políticas de Ordenamiento, el Programa consta de 43 unidades de gestión ambiental terrestres, así como de cuatro unidades de gestión ambiental lagunares propuestas por la SEMARNAT. A cada UGA se le asignaron políticas de protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable. Para una mejor interpretación y representación de los usos del suelo que contiene, esta última fue dividida en cuatro tipos:

1. Aprovechamiento sustentable: aplica para las unidades de gestión ambiental susceptibles de aprovechamiento turístico, ecoturístico o forestal, fuera de los centros de población.
2. Aprovechamiento no urbano: aplica para las unidades de gestión ambiental susceptibles de aprovechamiento suburbano, agropecuario, minero o industrial, fuera de los centros de población.
3. Aprovechamiento urbano sujeto al Programa Parcial de Desarrollo Urbano: aplica a las zonas propuestas como reservas urbanas, y cuyo aprovechamiento está condicionado a la aprobación y expedición de un programa parcial de desarrollo urbano.
4. Aprovechamiento urbano: aplica a las unidades de gestión ambiental que corresponden a los centros de población con programa de desarrollo urbano vigente.

Figura 3. Modelo de ordenamiento ecológico local del municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.



Fuente: SEMARNAT-GEQR-HABJ, 2005.

El programa contiene ciertos criterios de regulación ecológica, “entendidos como aquellos lineamientos obligatorios que se establecen para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental. Estos criterios se asignaron teniendo siempre presente que la prioridad es el aprovechamiento sustentable; es decir, la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos por periodos indefinidos; y que el fin del ordenamiento ecológico es lograr la protección del medio ambiente, y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos”<sup>9</sup>

Los ordenamientos territoriales van de la mano con programas de manejo de las áreas naturales protegidas. La sección 3.2 trata sobre estos espacios de conservación y su manejo.

9 Ídem 7.

### **3.3.3 CONCLUSIONES**

Los procesos de cambio de uso de suelo en los sitios de estudio son complejos. Las tendencias al 2020 apuntan hacia una pérdida de cobertura vegetal natural. Sin embargo, existen dos instrumentos que orientan las políticas de uso de suelo y la autorización de su cambio: los ordenamientos ecológicos territoriales y los planes de manejo que impiden el deterioro de los recursos naturales en terrenos bajo conservación.

Bajo el supuesto de una observancia real de los ordenamientos ecológicos, las autoridades municipales y estatales tienen un plan rector para sus políticas de autorización de zonas de construcción, aprovechamiento y restauración bien acotadas. Sin embargo, el avance en la elaboración de los ordenamientos regionales y locales no ha sido satisfactorio, ahondando así el riesgo del aumento de la frontera agrícola y urbana sobre los humedales costeros.

## 3.4 Los consejos de cuenca como mecanismos de gestión hídrica

Pedro Hipólito Rodríguez *et al.*

Los consejos de cuenca han sido concebidos como las esferas de coordinación y concertación entre las tres instancias de gobierno y los usuarios del agua, para ordenar los aprovechamientos de los recursos hídricos en las cuencas.

Tienen la finalidad, según lo establece la Ley de Aguas Nacionales, de facilitar la conceptualización e implantación de las políticas y los programas hidráulicos; además, promueven la participación de los usuarios en la formulación, seguimiento y actualización de programas hidráulicos de las cuencas nacionales.

Los consejos de cuenca han construido programas hidráulicos regionales, los cuales tienen como objetivo central definir los proyectos prioritarios que contribuyan a satisfacer los requerimientos de agua de los distintos sectores de la sociedad en cantidad y calidad, en tiempo y espacio, además de propiciar el desarrollo económico y social, al igual que la preservación del medio ambiente.

Los programas hidráulicos son el resultado de un proceso de planeación regional. Hasta el año 2007, los programas de los que se disponía fueron elaborados con una visión acotada al horizonte de planeación 2002-2006, basado en una regionalización hidrológica natural de las cuencas, y con la participación de los diversos usuarios involucrados en la explotación y el manejo del agua. Ellos intervinieron directamente en la identificación de la problemática que los afectaba, así como en la propuesta de alternativas de solución, considerando las bases y directrices establecidas en el Programa Nacional Hidráulico para alcanzar los objetivos y las metas en el país.

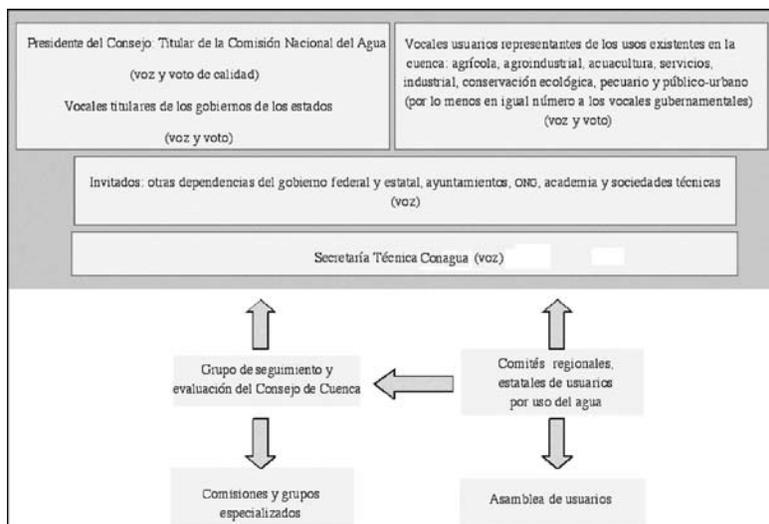
### **3.4.1 FUNCIONES Y OBJETIVOS DE LOS CONSEJOS DE CUENCA**

Las funciones de los consejos de cuenca son:

- Conocer y difundir los lineamientos generales de la política hidráulica nacional y regional, y proponer aquellos que reflejen la realidad del desarrollo hidráulico en el corto, mediano y largo plazos, en el ámbito territorial del Consejo de Cuenca.
- Promover la participación de las autoridades estatales y municipales, así como de los usuarios y grupos interesados en la sociedad, en la formulación, aprobación, seguimiento, actualización y evaluación de la programación hidráulica de la cuenca o cuencas de que se trate en los términos de la ley.
- Promover la integración de comisiones de trabajo de diversa índole, que permitan analizar y, en su caso, plantear soluciones y recomendaciones para la atención de asuntos específicos relacionados con la administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos, el fomento del uso racional del agua y la preservación de su calidad.
- Concertar con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) las prioridades de uso y los demás instrumentos previstos en la programación hidráulica, conforme a lo dispuesto en la ley y su reglamento, así como los mecanismos y procedimientos para enfrentar situaciones extremas de emergencia, escasez, sobreexplotación, contaminación de las aguas o deterioro de los bienes a cargo de la propia Comisión.
- Apoyar las gestiones necesarias para la concurrencia de los recursos técnicos, financieros, materiales y tecnológicos que requieran la ejecución de las acciones previstas en la programación hidráulica.
- Participar en el desarrollo de los estudios financieros que lleve a cabo la CONAGUA, con objeto de determinar los montos de las contribuciones de los usuarios para apoyar la ejecución de los programas que beneficien a los usuarios de la cuenca o cuencas comprendidas en el ámbito territorial del Consejo.
- Participar o intervenir en los demás casos previstos en la Ley y su Reglamento para los consejos de cuenca.

De conformidad con el artículo 13 de la Ley de Aguas Nacionales (LAN, *Diario Oficial de la Federación*, 1º de diciembre de 1992), los consejos de cuenca constituyen las “Instancias de coordinación y concertación entre la CNA<sup>1</sup>, las dependencias y entidades de las instancias federales, estatales y municipales, y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para mejorar la administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos, y la preservación de los recursos de la cuenca”. Con base en el artículo 15 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y de las Reglas de Organización y Funcionamiento de los Consejos de Cuenca, se definió la estructura de los consejos de cuenca, como se observa en la figura 1.

Figura 1. Estructura de los consejos de cuenca.



Fuente: CONAGUA, 2003a, Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

Los consejos de cuenca cuentan con organizaciones auxiliares, bien sea de carácter permanente o temporal, para el estudio, planeación y atención de los asuntos

1 Ahora CONAGUA.

de su competencia, que estarán subordinados jerárquicamente a sus decisiones y acuerdos. Actualmente, cada consejo de cuenca concentra su atención en los asuntos propios de su territorio.

Los grandes objetivos de los consejos de cuenca son:

- I. Lograr el equilibrio entre oferta y demanda de agua en la cuenca para sus diversos usos.
- II. Promover el saneamiento de las cuencas, subcuencas, barrancas, acuíferos y cuerpos receptores de agua para prevenir, detener o corregir su contaminación.
- III. Realizar esfuerzos de conservación, preservación y mejoramiento de los ecosistemas de las cuencas con los que el agua forma sistemas naturales indivisibles.
- IV. Instaurar el uso eficiente y sustentable del agua en todas las fases del ciclo hidrológico.
- V. Impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital y escaso; difundir su valor económico, social y ambiental, y alentar su cuidado y uso sustentable.

### **3.4.2 LAS REGIONES DE GESTIÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO**

De acuerdo con la forma en que se organizan las regiones de administración de la Comisión Nacional del Agua, en el Golfo de México se tiene la presencia de cuatro regiones de gestión:

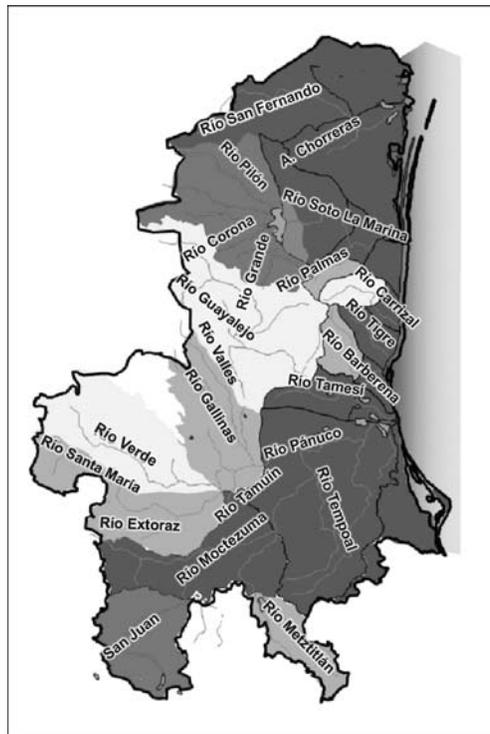
1. Región IX. Golfo Norte.
2. Región X. Golfo Centro.
3. Región XI. Frontera Sur.
4. Región XII. Península de Yucatán.

Para una descripción detallada de las características de cada región, referimos al lector a la sección 4.3. A continuación se presenta la información reunida en torno a la forma de operar de los consejos de cuenca en cada una de las regiones donde

se sitúan los sitios piloto objeto de este estudio. La información ha sido generada a partir de los programas hidráulicos regionales auspiciados por la SEMARNAT y la Comisión Nacional del Agua.

### 3.4.2.1 Región IX. Golfo Norte

Figura 2. Principales ríos de la Región IX. Golfo Norte.



Fuente: Programa Hidráulico de Gran Visión (PHGV) 2001-2020 de la Región IX, Golfo Norte, CONAGUA, 2000.

La Gerencia Golfo Norte instaló en la ciudad de Tampico, Tamaulipas, el Comité Interno de Coordinación de Consejos de Cuenca para la promoción, instalación, consolidación y desarrollo de los consejos de cuenca, comisiones de cuenca, comités técnicos de aguas subterráneas y comités de usuarios. El 26 de mayo de 1999, este Comité realizó su primera reunión, en donde se dieron a conocer los lineamientos y

las estrategias a seguir para la instalación de los consejos de cuenca de los ríos Pánuco y San Fernando-Soto La Marina.

La estrategia para lograr la organización y participación de los usuarios se hizo mediante la creación de comités de usuarios en las subcuencas que conforman la Región: Tamesí, Chicayán, Guayalejo, San Juan, Moctezuma, Tulancingo, Tempoal, Tampaón-Río Verde y Santa María, Metztlán, San Fernando y Soto La Marina. De este modo se crearon 57 comités de usuarios, que quedaron integrados como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Comités de usuarios. Región IX. Golfo Norte.**

Estado	Cuenca	Municipio	Comités conformados
San Luis Potosí	Río Verde	Río Verde	Agrícola, público-urbano.
	Santa María	Santa María del Río	Agrícola, público-urbano.
	Tampaón	Ciudad Valles	Agrícola, público-urbano.
Querétaro	Moctezuma	Colón Peña Miller	Agrícola, público-urbano.
		Jalpa y Tequisquiapan	Agrícola, pecuario e industrial.
	Río San Juan	San Juan del Río	Agrícola, público-urbano, pecuario.
Veracruz	Tamesí-Chicayán	Pánuco	Agrícola, pecuario, industrial, público-urbano.
Hidalgo	Moctezuma	Huejutla de Reyes	Público-urbano, pecuario.
		Zimapan	Agrícola, industrial.
		Molango	Servicios e industrial.
		Pachica	Industrial.
	Metztlán	Atotonilco El Grande	Público-urbano.
		Tulancingo	Agrícola, pecuario, acuícola y servicios.
Guanajuato	Río San Juan	Huichapan	Público-urbano, servicios e industrial.
		San Felipe	Agrícola, público-urbano.
		Xilotepec	Agrícola, industrial y público-urbano.
México	Río San Juan	Toluca, Polotitlán	Agrícola, industrial y público-urbano.
Tamaulipas	Guayalejo	Marte	Agrícola, industrial, público-urbano.
	San Fernando-Soto La Marina	Victoria	Industrial, agrícola, público-urbano y agroindustrial.
		San Fernando	Agrícola, industrial y público urbano.
		Soto La Marina	Agrícola, industrial y público urbano.

Fuente: CONAGUA, 2003a, Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

Después, los representantes de los usuarios de las distintas subcuencas se integraron para cada uso respectivo en seis comités regionales, los cuales se instalaron en las asambleas de usuarios de las cuencas de los ríos Pánuco y San Fernando-Soto La Marina, y se efectuaron reuniones para tal fin en las ciudades de Huichapan, Hidalgo y Ciudad Victoria, Tamaulipas, respectivamente.

Las asambleas se integraron con representantes de los comités regionales de usuarios: agrícolas, pecuarios, agroindustriales, industriales y de energía eléctrica, público-urbanos, de servicio y de acuicultura.

Los comités se conformaron exclusivamente con las organizaciones de usuarios de agua (y no por agrupaciones de productores o de índole agraria o de otro carácter) que existen en las cuencas.

Las asambleas en pleno eligieron a los vocales que participarán ante el Consejo, con base en los representantes de los comités de usuarios existentes. Dado el número de representantes gubernamentales, en los usos agrícolas, público-urbano e industrial se cuenta con dos vocales por cada uno de ellos. Para el resto de los usos se eligió un representante.

Las actividades de la asamblea de usuarios se orientan a:

- Proponer y realizar programas y acciones para atender la problemática hidráulica de la región, conforme los acuerdos del consejo de cuenca.
- Promover y difundir los objetivos, estrategias, programas y acciones del consejo de cuenca.
- Servir de vínculo entre el Consejo y los diversos comités de usuarios de la cuenca.
- Establecer una estrecha comunicación e intercambiar información con el Grupo de Seguimiento y Evaluación, para el eficaz cumplimiento de los acuerdos del Consejo.

Este proceso de instalación y conformación de los comités y asambleas de usuarios culminó con la instalación formal de los consejos de cuenca de los ríos Pánuco y San Fernando-Soto La Marina, en la ciudad de Tampico, Tamaulipas, el 26 de agosto de 1999.

### 3.4.2.2 Región X. Golfo Centro

La Gerencia Regional Golfo Centro creó los consejos de cuenca junto con las comisiones de cuenca, los comités técnicos de aguas subterráneas y comités de usuarios, a través del Comité Interno de Coordinación de Consejos de Cuenca, que se instaló en la ciudad de Jalapa, Veracruz, el 1° de octubre de 1998. Dentro de este Comité Regional de Coordinación participaron los gerentes estatales de Puebla e Hidalgo, y el gerente regional de Golfo Centro, en su carácter de presidente del Comité.

En la primera reunión de este Comité Interno de Coordinación, llevada a cabo el 15 de febrero de 2000, se dieron a conocer los lineamientos y las estrategias a seguir para la instalación de los consejos de cuenca de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Tuxpan-Jamapa. En esta reunión, cada gerencia estatal estableció el compromiso de llevar a cabo las estrategias marcadas por la Gerencia Regional Golfo Centro para llegar a la instalación de los consejos de cuenca en septiembre de 2000.

A partir de esta fecha, la Gerencia Regional y las estatales comenzaron a trabajar con los usuarios, a fin de conformar los comités de usuarios por cuencas. La estrategia fue la creación de comités en 11 subregiones de las cuencas de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Tuxpan-Jamapa: Río Blanco, Bajo Papaloapan, Medio Papaloapan, Río Grande, Río Salado, Alto Coatzacoalcos, Bajo Coatzacoalcos, Tuxpan-Cazones, Tecolutla-Nautla, Actopan-La Antigua y Jamapa-Cotaxtla. De este modo se crearon 62 comités de usuarios de las subregiones, para quedar integrados como se muestra en el cuadro 2.

Posteriormente, los representantes de los usuarios de las distintas subregiones se integraron para cada uso respectivo en 17 comités regionales, los cuales se instalaron en las asambleas de usuarios de las cuencas de los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Tuxpan-Jamapa, efectuándose reuniones para tal fin en las ciudades de Orizaba, Coatzacoalcos y Poza Rica, respectivamente.

Las asambleas se integraron con representantes de los comités regionales de usuarios: agrícolas, pecuarios, agroindustriales, industriales, público urbanos, de servicio y de acuicultura. Los comités se integraron exclusivamente con las organizaciones de usuarios de agua (y no por agrupaciones de productores o de índole agraria o de otro carácter) que existen en las cuencas.

Las asambleas en pleno eligieron a los vocales que participarían ante el Consejo con base en los representantes de comités de usuarios existentes. Dado el número de representantes gubernamentales, en los usos industrial y público-urbano del Consejo

Cuadro 2. Comités de usuarios en la Región X. Golfo Centro.

Consejo de Cuenca	Subregión	Estado	Comités conformados
Papaloapan	Río Blanco	Veracruz	Agrícola, acuicultura, agroindustrial, pecuario, público-urbano y servicios.
	Río Salado	Puebla	Agrícola, público-urbano, industrial y pecuario.
	Río Grande	Oaxaca	Agrícola, pecuario y público-urbano.
	Bajo Papaloapan	Veracruz	Agrícola, acuicultura, agroindustrial, industrial, pecuario, público-urbano y servicios.
	Medio Papaloapan	Oaxaca	Agrícola, público urbano, industrial, agroindustrial, servicios y pecuario.
Coatzacoalcos	Alto Coatzacoalcos	Oaxaca	Agrícola, servicios y público-urbano.
	Bajo Coatzacoalcos	Veracruz	Agrícola, pecuario, industrial, servicios y público-urbano.
	Tuxpan-Cazones	Veracruz, Puebla e Hidalgo	Agrícola, acuicultura, pecuario, industrial, servicios y público-urbano.
Tuxpan-Jamapa	Tecolutla-Nautla	Veracruz y Puebla	Agrícola, agroindustrial, acuicultura, servicios, industrial, público-urbano, pecuario.
	Actopan-La Antigua	Veracruz y Puebla	Agrícola, agroindustrial, acuicultura, servicios, industrial, público-urbano, pecuario.
	Jamapa-Cotaxtla	Veracruz	Agrícola, agroindustrial, acuicultura, servicios, industrial, público-urbano, pecuario.

Fuente: CONAGUA, 2003a, Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

de Cuenca del Río Coatzacoalcos, se cuenta con dos vocales por cada uno de ellos; para el resto de los usos se eligió un representante.

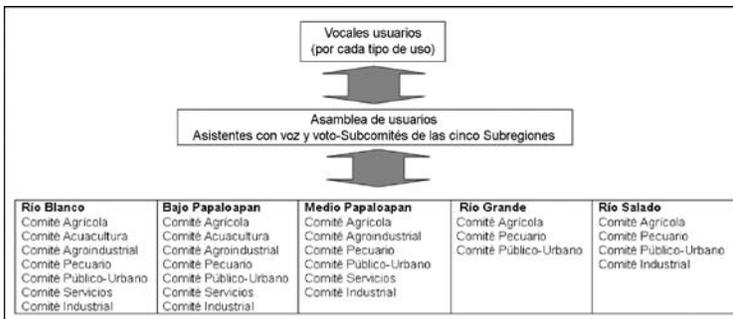
Este proceso de instalación y conformación de los comités y asambleas de usuarios culminó con la instalación formal de los consejos de cuenca de los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos, en la ciudad de Tlacotalpan, Veracruz, el 16 de junio de 2000, y el Consejo de Cuenca de los Ríos Tuxpan al Jamapa, el 12 de septiembre del mismo año.

En apego a las disposiciones contenidas en la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, la composición del Consejo de Cuenca del río Papaloapan es la siguiente: un presidente, que es el director general de la Comisión Nacional del Agua; un secretario técnico, que corresponde a la Gerencia Regional Golfo Centro de la CONAGUA; tres consejeros gubernamentales, que son los representantes de los gobiernos de los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz; siete representantes de los consejeros usuarios, dos por uso: agrícola, agroindustrial, acuicultura, servicios, industrial, pecuario y público-urbano. La conformación del Consejo por subcuenca quedó como se presenta en la figura 3.

La estructura del Consejo de Cuenca de los ríos Tuxpan al Jamapa es similar a la anterior, con excepción de que fue dividida en cuatro subregiones. El territorio de este Consejo abarca porciones de los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz.

La estructura del Consejo de Cuenca del río Coatzacoalcos también es similar a la del Papaloapan, excepto que fue dividida en dos subregiones, además de que solamente hay representantes de cinco usos. El territorio de este Consejo abarca porciones de los estados de Oaxaca y Veracruz.

Figura 3. Composición del Consejo de Cuenca del Río Papaloapan.

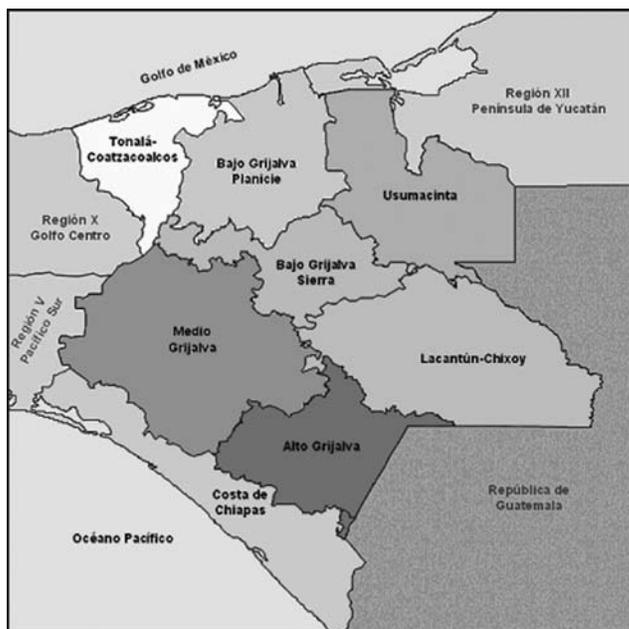


Una vez constituidos, los consejos de cuenca pueden invitar a representantes de distintas instancias del gobierno federal, estatal y municipal; instituciones educativas y de investigación, y organizaciones no gubernamentales interesadas en la solución de los asuntos del agua en la cuenca.

### 3.4.2.3 Región XI. Frontera Sur

La primera fase de planeación para realizar un diagnóstico hidráulico de la región se llevó a cabo en 1996 y permitió reunir la información básica sobre el medio físico y socioeconómico regional. Se enfocó en los datos sobre los recursos hidráulicos en cantidad y calidad, usos del agua, infraestructura disponible y avances en torno a la administración del agua por parte de las dependencias federales, estatales y municipales. La figura 4 muestra las subregiones de planeación de la Región XI, Frontera Sur.

Figura 4. Subregiones de planeación de la Región XI. Frontera Sur.

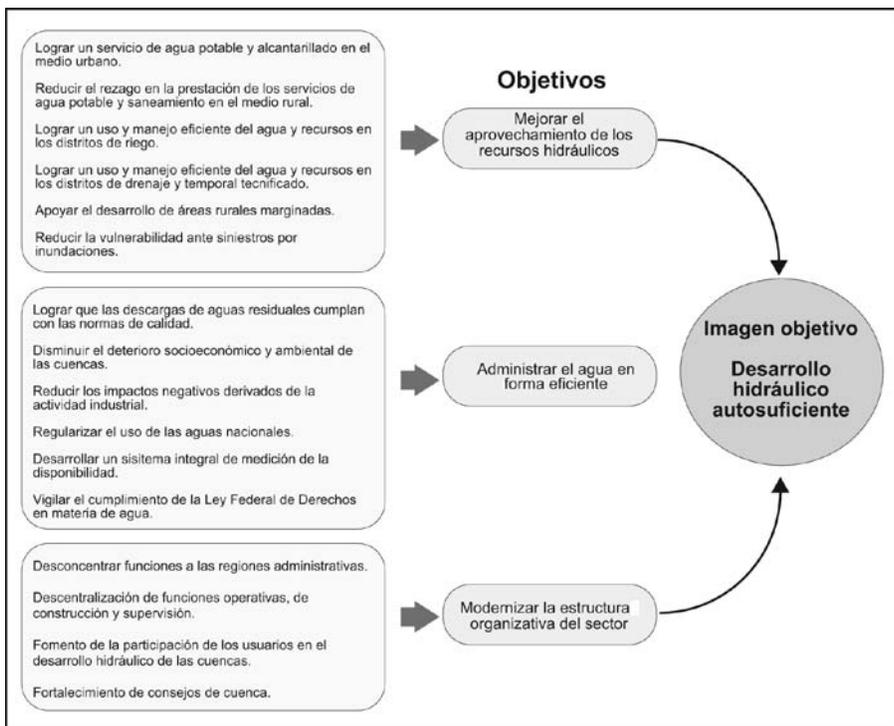


Fuente: CONAGUA, 2003b, Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Gerencia Regional XI. Frontera Sur.

En 1998 se realizó la segunda fase del proceso de planeación, la cual se propuso como una síntesis de reflexión y consenso con usuarios (consejos de cuenca). Se hizo una síntesis de la problemática regional (causas y efectos) para su discusión con los usuarios mediante la planeación participativa, con la finalidad de lograr un consenso en torno a los problemas centrales, para posteriormente definir los principales objetivos y las líneas de acción necesarias para lograr el desarrollo sustentable tanto en la Región como en sus subregiones.

El resultado fue la elaboración de los lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico integral de la Región XI, Frontera Sur, dentro del Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 (figura 5).

**Figura 5. Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico integral de la Región XI. Frontera Sur.**



Fuente: CONAGUA, 2003b, Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

Una vez caracterizada la problemática hidráulica y realizados los acuerdos para las alternativas de solución con los usuarios, se pasó a la fase del Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025, Frontera Sur, que consistió en plantear programas de acción a mediano y largo plazos. Este programa se desarrolló durante el año 2000. Los programas de acción fueron diseñados para tres posibles escenarios del crecimiento de las demandas de agua de los diferentes usos.

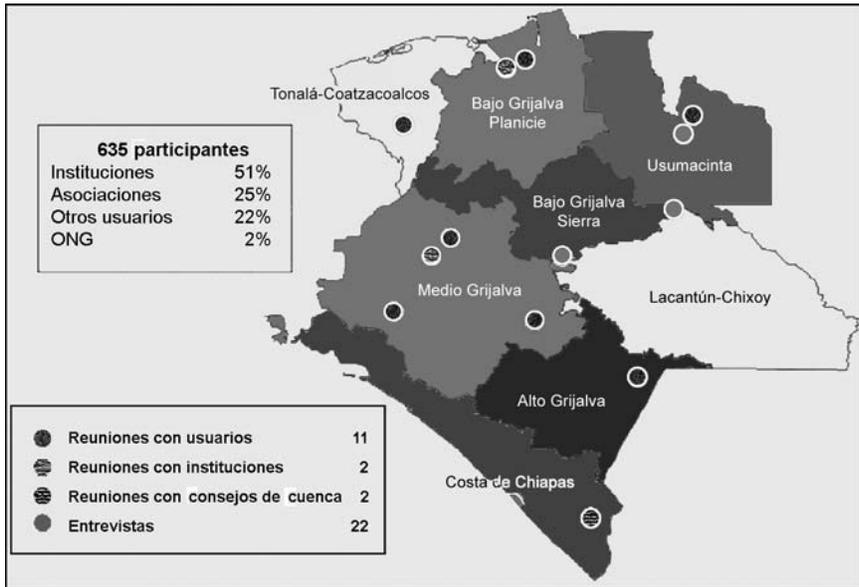
El Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XI, Frontera Sur, se establece como documento rector de la política hidráulica regional, y es la etapa culminante del proceso de planeación. Los consejos de cuenca de los Ríos Grijalva y Usumacinta, y de la Costa de Chiapas tienen un papel protagónico en la definición de las acciones y su orden de prioridad para el periodo 2002-2006.

Para llevar a cabo esta tarea, los consejos planearon la creación de Grupos Especializados de Trabajo (GET). La participación de los consejos (dependencias, organismos y usuarios que los conforman) en el desarrollo del programa hidráulico regional cumplió con las metas establecidas. Estos grupos representaron una fuente de propuestas y validación de proyectos, así como de consolidación del trabajo de priorización de las carteras de proyectos de inversión y gestión. En el año 2001 se llevaron a cabo siete reuniones con los GET de los consejos de cuenca, de las cuales tres fueron con el GET del consejo de cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta, y cuatro con el GET del consejo de cuenca de la Costa de Chiapas.

En la región ocurren escurrimientos superficiales en dos vertientes, con características hidrológicas muy diferentes: la del océano Pacífico, formada por más de veinte cuencas independientes en la costa chiapaneca, y la del Golfo de México, por la que escurre el 30% del agua del país a través de una intrincada red fluvial y dos de los ríos más caudalosos de México: el Grijalva y el Usumacinta. Esta situación fue la justificación para la formación de dos consejos de cuenca con funcionamiento independiente, con representación de los organismos públicos y privados, y con apoyo de instituciones académicas, de investigación y organizaciones no gubernamentales.

Dado el interés del presente estudio por la región del Golfo, solamente se hablará aquí del consejo de cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta. Este Consejo ha trabajado desde 1998 en la caracterización de usuarios, reuniones de información y divulgación en los estados de Chiapas y Tabasco. En los meses de mayo a junio del año 2000 se crearon los comités de usuarios de los estados de Chiapas y Tabasco, con la designación de los representantes titulares y suplentes, y el 6 de julio del

Figura 6. Participación social en el proceso de planeación.



Fuente: CONAGUA, 2003a, Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

mismo año se instaló la Asamblea de Usuarios. La instalación del Consejo de Cuenca se hizo el 11 de agosto del 2000 en la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

En la cuarta sesión del Grupo de Seguimiento y Evaluación (GSE), realizada el 23 de abril del 2001, se aprobó la creación de dos grupos especializados de trabajo: Informática, y Evaluación y Seguimiento del Programa Hidráulico. Para la quinta sesión del GSE, que se llevó a cabo el 28 de junio del 2001, se conformaron los siguientes cuatro Grupos Especializados de Trabajo:

1. Proyecto integral contra inundaciones en la planicie de la cuenca.
2. Conservación de las áreas naturales.
3. Saneamiento y calidad del agua.
4. Difusión y cultura del agua.

### 3.4.2.4 Región XII. Península de Yucatán

La elaboración del Programa Hidráulico Regional 2002-2006 se dio en el marco de cinco principios rectores, mismos que están considerados en el Programa Nacional Hidráulico 2001-2006:

1. El desarrollo del país debe darse en un marco de sustentabilidad ambiental.
2. El agua es un recurso estratégico de seguridad nacional.
3. La unidad básica para la administración del agua es la cuenca hidrológica, que es la forma natural de ocurrencia del ciclo hidrológico.
4. El manejo de los recursos debe ser integrado.
5. Las decisiones se toman con la participación de los usuarios en el ámbito local, en función de la problemática a resolver.

Este proceso se construyó “de abajo hacia arriba”, y cuenta con una amplia participación de usuarios, autoridades locales, organizaciones no gubernamentales y ciudadanos en general a través de dos órganos de consulta:

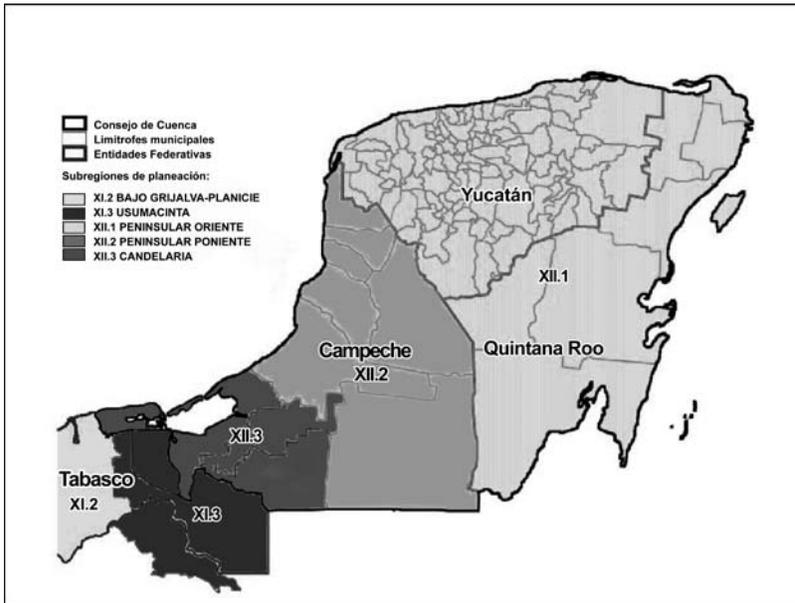
- a) Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán y sus órganos auxiliares.
- b) Consejos ciudadanos del agua en la región.

Su función es realizar los diagnósticos hidráulicos de la región, así como el análisis, validación e integración de la información existente en las distintas áreas y fuentes relacionadas con el sector agua.

El objetivo general de dichos estudios es contar con el conocimiento de la problemática regional en cuanto a disponibilidad del agua en cantidad y calidad, a través de un documento integrador de información que sirva de apoyo a quienes elaboran programas encaminados a un mejor uso y aprovechamiento del recurso. Además, son el resultado de la demanda por parte de los diferentes grupos que conforman la sociedad, para conocer la situación que guarda el agua en la zona.

El proceso ha contado con una amplia participación de usuarios y autoridades locales, instituciones educativas, de investigación y no gubernamentales, así como de ciudadanos destacados en diversas áreas. La participación se ha dado principalmente a través de los consejos de cuenca y los consejos consultivos del agua.

Figura 7. Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.



Fuente: CONAGUA, 2003a, Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006.

El Consejo de Cuenca de la región se instaló en enero de 1996, para lo cual la Gerencia Regional, en coordinación con los gobiernos de los estados, promovió la integración de los comités estatales de usuarios por entidad federativa y por tipo de uso del agua, mismos que se agruparon en un total de cinco usos principales. El siguiente paso fue el de conformar la asamblea de usuarios, la cual se instaló el 28 de mayo de 1999, en la ciudad de Mérida, Yucatán, en donde se concentraron treinta participantes, que incluían representantes de los comités estatales de usuarios de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Dentro del proceso de Planeación Hidráulica Regional, la instalación del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán fue una de las actividades más relevantes, que permitió establecer la participación de los usuarios, gobierno y sociedad como un método de trabajo en el marco de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

El Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán se estableció formalmente el 14 de diciembre de 1999. Entre sus funciones destacan las siguientes: actúa como órgano de coordinación y concertación entre los usuarios del recurso y los tres niveles de gobierno; apoya a la autoridad del agua, y sirve como foro para resolver controversias y proponer alternativas de mejoras al sector, a la vez que apoya la preservación de los recursos de la cuenca.

Posterior a la instalación del consejo de cuenca de la Península de Yucatán se crearon las herramientas necesarias para consolidarlo y con ello propiciar la solución de los problemas del uso del agua en la región. Así se creó el Grupo de Seguimiento y Evaluación (GSE). Este grupo está conformado por representantes de los tres órdenes de gobierno y de los vocales usuarios; su función es dar seguimiento a los acuerdos establecidos en el seno del consejo y definir las acciones a seguir. Hasta julio de 2002, el GSE llevaba un total de 15 reuniones, las cuales han contado con la participación activa de todos sus integrantes.

En el año 2000 se instalaron los consejos ciudadanos en los estados de Quintana Roo y Yucatán, y en el 2001 el de Campeche. Los objetivos de estos consejos ciudadanos se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Apoyar el cambio estratégico necesario en el sector; promover, coordinar y dirigir el esfuerzo de la sociedad en su conjunto para lograr una nueva y mejor cultura del manejo y uso eficiente del agua en la región.
2. Integrarse y apoyar las actividades del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, de acuerdo con las reglas de operación establecidas para el mismo, en lo que se refiere a la participación de la sociedad organizada.
3. Gestionar y concertar programas, acciones o proyectos con todas las empresas, personas, organizaciones no gubernamentales, universidades e instituciones académicas, escuelas de todos los niveles, dependencias oficiales, agrupaciones gremiales y otros que tengan propósitos, conocimiento, responsabilidad y vocación probada sobre el recurso agua.

## 3.5 Identificación de socios institucionales para instrumentar medidas de adaptación

Norma Munguía *et al.*

Javier Bello *et al.*

Pedro Hipólito Rodríguez *et al.*

Como se menciona en la sección 3.1 “Contexto legal e institucional para facilitar la adaptación”, existen instituciones federales, estatales y locales que podrían participar en el diseño, la implementación o el apoyo de políticas para una estrategia nacional de adaptación al cambio climático y en particular para los humedales costeros del Golfo de México.

En el cuadro 1 de dicha sección (Instituciones competentes y potencialmente competentes relacionadas con medio ambiente, humedales y cambio climático) se abordan las atribuciones y el papel de cada uno de los principales actores: la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Gobernación, la Secretaría de Marina, la Secretaría de Salud y la Secretaría de Turismo<sup>1</sup>.

Asimismo, las siete secretarías de Estado que conforman la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático forman parte del Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero: la de Energía (SENER); la de Economía (SE), la de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la de Desarrollo Social, (SEDESOL), la de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la de Comunicaciones y Transportes (SCT) y

---

1 En el anexo de la sección 3.1, incluido en el DVD interactivo, se tiene la información completa de este estudio en cuanto a instancias y normas relacionadas con el cambio climático en México.

la de Relaciones Exteriores (SRE). Dicho Comité otorga las cartas de aprobación y de no objeción a proyectos mexicanos que participarán en el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Este Comité es uno de los pasos clave del gobierno de México en materia de cambio climático.

También se debe mencionar otra instancia federal necesaria en la aplicación de las medidas de prevención y adaptación al cambio climático:

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), que proyecta y coordina la planeación nacional del desarrollo y elabora, con la participación de los grupos sociales interesados, el Plan Nacional correspondiente; además, evalúa y autoriza los programas de inversión pública de las dependencias y entidades de la administración pública federal.

### 3.5.1 GOBIERNOS ESTATALES Y MUNICIPALES

Existen diversas instituciones estatales y municipales, cuyas facultades y atribuciones les podrían permitir tener injerencia en la instrumentación y el diseño de políticas relacionadas con humedales y su adaptación al cambio climático. Algunas de ellas se muestran en los cuadros 1, 2, 3, 4 y 5.

**Cuadro 1. Instituciones estatales y municipales del estado de Campeche relacionadas con humedales y cambio climático en la adopción de políticas de adaptación.**

Institución
Ayuntamientos de los municipios.
Comités de planeación municipal.
Consejos municipales de desarrollo urbano.
Autoridades del agua (organismos municipales operadores de agua, organismos intermunicipales operadores de agua, particulares que cuenten con concesión o hayan celebrado el respectivo contrato de prestación de servicios u otro análogo).
Sistema Municipal de Protección Civil (consejos municipales de protección civil, centros municipales de emergencias, grupos voluntarios).
Ayuntamiento del Municipio de Campeche.
Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Campeche.
Dirección de Desarrollo Social del Municipio de Campeche.
Dirección de Obras Públicas Municipales del Municipio de Campeche.

**Cuadro 1. Instituciones estatales y municipales del estado de Campeche relacionadas con humedales y cambio climático en la adopción de políticas de adaptación (continuación).**

Institución
Consejo de Desarrollo Municipal de Campeche (del municipio de Campeche).
Consejo Municipal de Protección Civil del Municipio de Campeche.
Organismo Operador Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Campeche.
Secretaría Estatal de Ecología.
Secretaría Estatal de Desarrollo Social.
Consejo Estatal de Protección Civil.
Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado.

Fuente: Munguía, 2007.

**Cuadro 2. Instituciones estatales y municipales del estado de Quintana Roo relacionadas con humedales y cambio climático en la adopción de políticas de adaptación.**

Institución
Gobierno del Estado de Quintana Roo.
Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional.
Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente.
Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural e Indígena.
Secretaría de Turismo.
Secretaría de Infraestructura y Transporte.
Instituto de Fomento a la Vivienda y Registro de Propiedad del Estado de Quintana Roo.
Comisión de Agua Potable y Alcantarillado y Organismos Operadores en el Estado de Quintana Roo.
Ayuntamientos de los municipios.
Dirección General de Ecología Municipal del Municipio de Benito Juárez.
Sistema Municipal de Protección Civil de Benito Juárez.
Consejo Municipal de Protección Civil o Consejo Municipal de Benito Juárez.
Dirección General de Protección Civil o Dirección General Municipal de Benito Juárez.
Comités Operativos Especializados o Comités Operativos Permanentes de Benito Juárez y de Solidaridad.
Comisión Permanente de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Benito Juárez .
Dirección de Ecología del Municipio de Solidaridad.
Sistema Municipal de Protección Civil de Solidaridad .
Consejos municipales.
Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Solidaridad.

Fuente: Munguía, 2007.

**Cuadro 3. Instituciones estatales y municipales del estado de Tabasco relacionadas con humedales y cambio climático en la adopción de políticas de adaptación.**

Institución
Gobierno del Estado de Tabasco.
Secretaría de Ecología.
Consejo Estatal de Ecología.
Consejo Estatal de Protección Civil.
Unidad de Protección Civil Estatal.
Dirección de Protección Civil.
Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tabasco.
Ayuntamientos de los municipios.
Consejos municipales de ecología.
Dirección de Desarrollo Municipal.
Dirección de Obras, Asentamientos y Servicios Municipales.
Comités municipales de planeación.
Unidades de protección civil municipales.
Consejo Municipal de Protección Civil del Municipio de Comalcalco.
Unidad Municipal de Protección Civil del Municipio de Comalcalco.

Fuente: Munguía, 2007.

**Cuadro 4. Instituciones estatales y municipales del estado de Tamaulipas relacionadas con humedales y cambio climático en la adopción de políticas de adaptación.**

Institución
Gobierno del Estado de Tamaulipas.
Secretaría de Turismo.
Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Ecología.
Autoridad estatal del agua.
Secretaría de Desarrollo Rural.
Consejo Estatal de Protección Civil.
Instituto Metropolitano de Planeación del Sur.
Ayuntamientos de los municipios.
Dirección de Obras Públicas y Ecología Municipal.
Sistema de Alerta Temprana de Eventos Meteorológicos Extremos.
Organismos de colaboración (Comisión Consultiva de Desarrollo Urbano, consejos de colaboración vecinal).
Unidades municipales de protección civil.
Autoridad municipal del agua.
Comités de planeación para el desarrollo municipal.

Fuente: Munguía, 2007.

**Cuadro 5. Instituciones estatales y municipales del estado de Veracruz relacionadas con humedales y cambio climático en la adopción de políticas de adaptación.**

Institución
Gobierno del Estado de Veracruz.
Secretaría de Turismo y Cultura.
Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente.
Secretaría de Desarrollo Económico y Portuario.
Secretaría de Desarrollo Agropecuario Rural, Forestal y Pesca.
Unidad de Protección Civil.
Subsecretaría de Protección Civil.
Autoridad estatal del agua.
Ayuntamientos de los municipios.
Dirección de Desarrollo de los Municipios.
Dirección de Obras de los Municipios.
Dirección de Ecología de los Municipios.
Autoridades municipales de agua.
Consejos municipales de protección civil.
Comités municipales de planeación para el desarrollo.

Fuente: Munguía, 2007.

Por otra parte, la región del Golfo de México y Mar Caribe cuenta con universidades y centros de investigación con fuerte vocación costera que desde algunos años vienen trabajando en las diferentes problemáticas del área y particularmente en los humedales costeros. Asimismo, existen capacidades regionales gubernamentales y no gubernamentales, e instrumentos jurídicos y administrativos útiles para establecer programas de planeación y manejo en estos ecosistemas. Incluso un buen número de los humedales del Golfo de México cuentan con alguna distinción como área natural protegida, sitio Ramsar o área prioritaria (terrestre, marina o hidrológica).

Algunas de las principales instituciones que actualmente desarrollan actividades a lo largo de los humedales costeros del Golfo de México y que podrían ser aliadas de las instancias en los ámbitos nacional y estatal se muestran en el cuadro 6.

**Cuadro 6. Instituciones de apoyo potencial por sitio piloto.**

Sitios piloto	Instituciones
Río San Fernando-Laguna La Nacha Río Pánuco-Altamira	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).</li> <li>• Universidad del Noreste.</li> <li>• Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Tampico).</li> <li>• Secretaría de Marina, 1ª Zona Naval Militar.</li> </ul>
Río Papaloapan-Laguna de Alvarado  Río Coatzacoalcos- Laguna El Colorado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de Investigación en Ecología y Pesquerías de la Universidad Veracruzana (UV).</li> <li>• Instituto de Ecología, A.C.</li> <li>• Instituto Tecnológico del Mar (ITMAR), Veracruz.</li> <li>• Instituto de Investigaciones Oceanográficas del Golfo de México y Mar Caribe, SEMAR.</li> <li>• Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Veracruz).</li> </ul>
Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.</li> <li>• Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Tabasco.</li> </ul>
Los Petenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Autónoma de Campeche (UAC).</li> <li>• Programa de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX-UAC).</li> <li>• Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Campeche.</li> <li>• Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Lerma).</li> <li>• Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Ciudad del Carmen)</li> <li>• Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Estación El Carmen.</li> <li>• Universidad Autónoma del Carmen (UNICAR).</li> <li>• PRONATURA.</li> </ul>
Sistema Lagunar Nichupté (Cancún)  Sistema Lagunar Boca Paila (Punta Allen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida (CINVESTAV).</li> <li>• Amigos de Sian Ka'an.</li> <li>• Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Estación Sisal y Puerto Morelos.</li> <li>• Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chetumal.</li> <li>• Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-Puerto Morelos).</li> <li>• Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY)</li> <li>• WWF (World Wide Fund for Nature).</li> <li>• PRONATURA.</li> <li>• CICY (Centro de Investigación y Ciencias de Yucatán), Yucatán</li> </ul>

Fuente: Bello *et al.*, 2007.

En las cuencas hidrológicas, los escurrimientos determinan interacciones entre los diversos tipos de usuarios. La afectación de derechos de terceros por los azolves y avenidas, la contaminación y la necesidad de acciones conjuntas con los beneficiarios del agua limpia, o la recarga de los acuíferos, obligan a considerar a las cuencas como unidades básicas para las acciones regenerativas y de manejo. Por lo tanto, los consejos de cuenca son socios clave para la implementación de estrategias de adaptación al cambio climático (ver sección 3.4).

# Capítulo 4. Diagnóstico actual de la zona costera del Golfo de México

Boris Graizbord

(Rafael Palma Grayeb, Víctor Manuel Mondragón, Gilberto Chazaro García, Uriel Bando)

Javier Bello Pineda

(Leonardo Ortiz Lozano, Eduardo Ramírez Chávez, Reyna Aquino Juárez, Selene Castillo Domínguez)

Pedro Hipólito Rodríguez Herrero

(Rafael Palma Grayeb, Víctor Manuel Mondragón, Gilberto Chazaro García, Uriel Bando)

Leticia Gómez Mendoza

(Daniel Ocaña Nava, Carolina Neri Vidaurri)



# 4.1 Análisis socioeconómico de la zona costera del Golfo de México

Boris Graizbord *et al.*

## 4.1.1 INTRODUCCIÓN

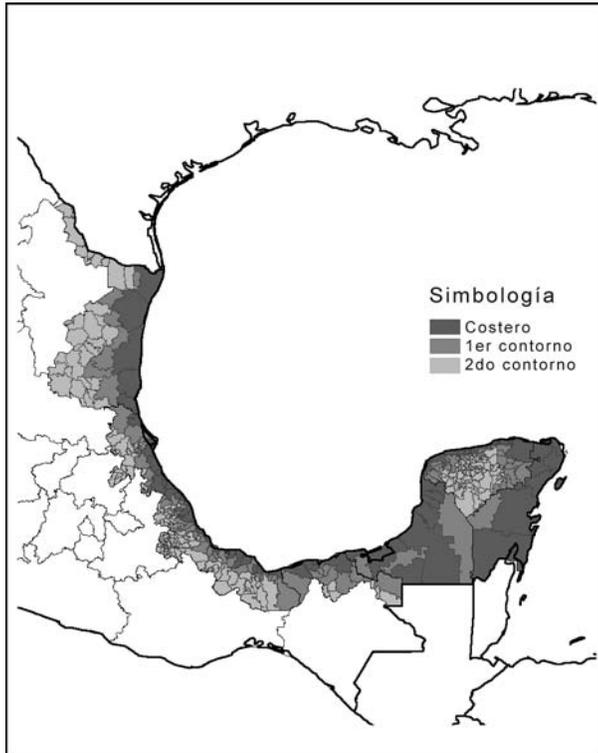
Dentro de los escenarios de cambio climático, los aspectos socioeconómicos juegan un papel relevante, pues el uso de recursos naturales y las emisiones de gases de efecto invernadero son consecuencia del grado de desarrollo y del crecimiento económico. Dado que la cantidad de variables sociodemográficas y económicas es muy extensa, en este apartado sólo se incluyen algunas de ellas. Sin embargo, son suficientes como para tener una primera aproximación general de las condiciones de vida de la población y del estado económico de la región costera del Golfo de México.

El área de estudio comprende 395 municipios reportados al año 2000, que pertenecen a seis entidades federativas: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Del total de municipios, 63 son costeros, 83 son adyacentes a los costeros (primer contorno) y el resto (249 municipios) forma un segundo contorno que se relaciona con el litoral a través de los planes estatales de desarrollo. Dicha distribución puede apreciarse en la figura 1.

En conjunto, los seis estados del estudio ocupan una superficie total de 314 308.68 km<sup>2</sup>. De los 395 municipios, la mayor parte se concentra en Veracruz (53.2 %) y Yucatán (26.8%). Los estados con menor cantidad de municipios son Campeche (2.8%) y Quintana Roo (2%).

Los municipios estudiados son heterogéneos, sobre todo en cuanto a superficie. En la figura 1 se puede apreciar cómo ciertos municipios de Campeche, Quintana

Figura 1. Municipios por contorno, según localización geográfica con respecto al litoral del Golfo de México.



Roo y Tamaulipas presentan extensiones muy amplias de territorio, mientras que Veracruz y Yucatán tienen unidades municipales más pequeñas. Ello genera distorsión en el análisis, cuando se observa la distribución territorial de las variables.

Los indicadores para cada uno de los componentes del estudio fueron formulados de acuerdo con lo planteado en el documento sobre el marco general de políticas de adaptación<sup>1</sup> y se basan primordialmente en datos del XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. A continuación se presentan algunos de ellos.

---

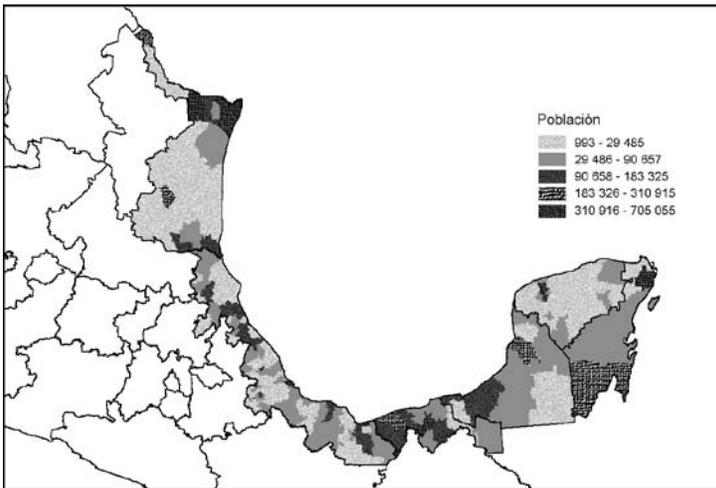
1 PNUD, 2004.

## 4.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES SOCIODEMOGRÁFICAS ACTUALES

### 4.1.2.1 Población<sup>2</sup>

La población de la región ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos cincuenta años. Con datos del censo de 2000, se estima que en los seis estados viven 14 777 888 habitantes. La distribución poblacional es muy heterogénea, pues dos entidades concentran más de la mitad de la población: Veracruz cuenta con 6 908 975 habitantes y Tamaulipas con 2 753 222. Esto equivale, respectivamente, al 46.8 y 18.6% del total de la región. En el extremo opuesto se encuentran Quintana Roo y Campeche con 874 963 y 690 689 habitantes, respectivamente. Por su lado, en Tabasco y Yucatán habitan 1 891 829 y 1 658 210 personas, respectivamente (ver figura 2).

Figura 2. Población de los seis estados del Golfo de México en el año 2000.



2 XII Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI.

En cuanto a la población municipal, los principales centros son las ciudades de Reynosa y Matamoros, en Tamaulipas; la zona metropolitana de Xalapa y el municipio de Veracruz, en el estado de Veracruz; el municipio llamado Centro, en Tabasco; así como Mérida y Benito Juárez, en los estados de Yucatán y Quintana Roo, respectivamente.

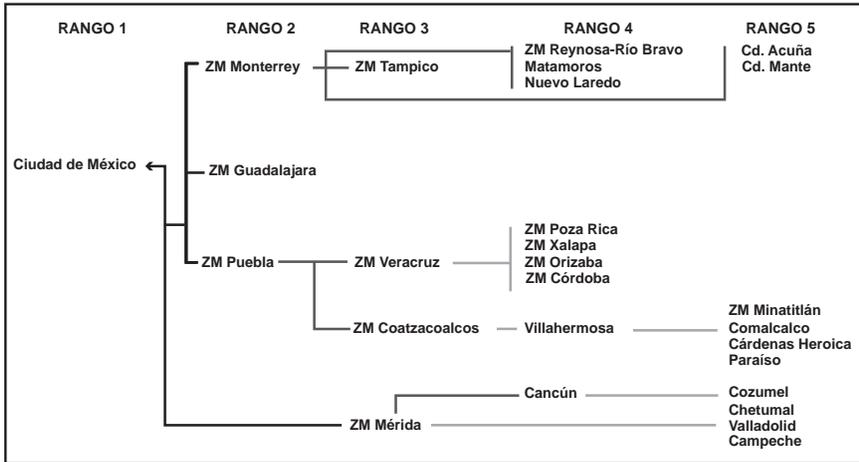
En relación con el crecimiento poblacional, se encontraron cinco áreas con tasas superiores al 3%. Éstas se ubican en el norte y sur de Tamaulipas, en el centro de Veracruz, en la mayor parte de Tabasco y en la zona costera de la península de Yucatán. Asimismo, se identificaron seis municipios con crecimiento sostenido: Calakmul, y José María Morelos (superior al 10%), e Isla Mujeres, Cosautlán de Carvajal, Ixhuacán de los Reyes y Tlalchichilco (superior al 5%). Estos municipios se encuentran en los estados de Campeche, Quintana Roo y Veracruz.

#### 4.1.2.2 Sistema de ciudades, distribución territorial y densidad de población

El sistema de ciudades de la región se divide prácticamente en tres subsistemas. El primero depende de la ciudad de Monterrey e incorpora a Tampico, Reynosa y Matamoros. El segundo subsistema depende de la ciudad de Puebla y se relaciona con Veracruz y Coatzacoalcos; de ahí se desprenden interacciones con Villahermosa. El tercer subsistema se localiza en la península de Yucatán, en el cual Mérida tiene contacto directo con la ciudad de México y Cancún. En la figura 3 se pueden apreciar los enlaces entre los principales centros urbanos de la zona de estudio.

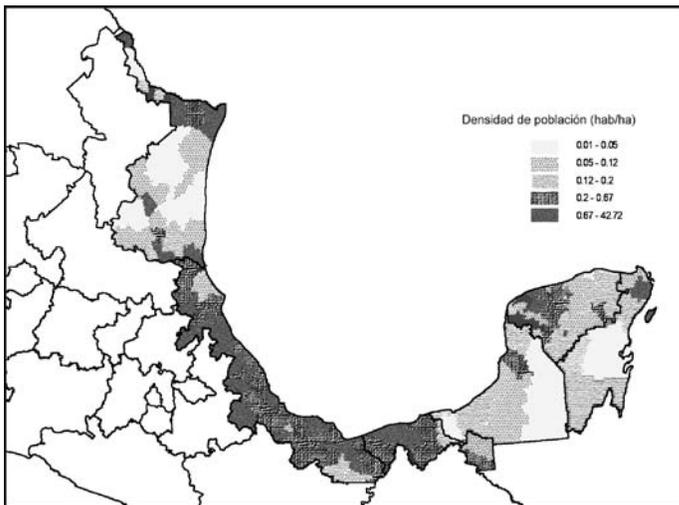
La entidad con mayor número de localidades menores a 2 500 hab/km<sup>2</sup> es Veracruz, mientras que Tamaulipas, Yucatán y Campeche presentan bajos valores de densidad rural. Destaca el caso de Ciudad Madero y Tampico, ciudades cuya mancha urbana ha sobrepasado el límite municipal y no existen localidades rurales en ellas. Las zonas densamente pobladas se localizan en tres áreas bien diferenciadas: la zona central de Veracruz, la frontera de Tamaulipas con Estados Unidos y la zona costera del sureste. Los estados con el mayor número de habitantes viviendo en condiciones urbanas con respecto a su población total son Quintana Roo, Yucatán y Campeche. La figura 4 muestra la densidad de población en habitantes por hectárea.

Figura 3. Sistema de ciudades y enlaces en la zona de estudio.



Fuente: elaborado con base en datos de SEDESOL, 2000.

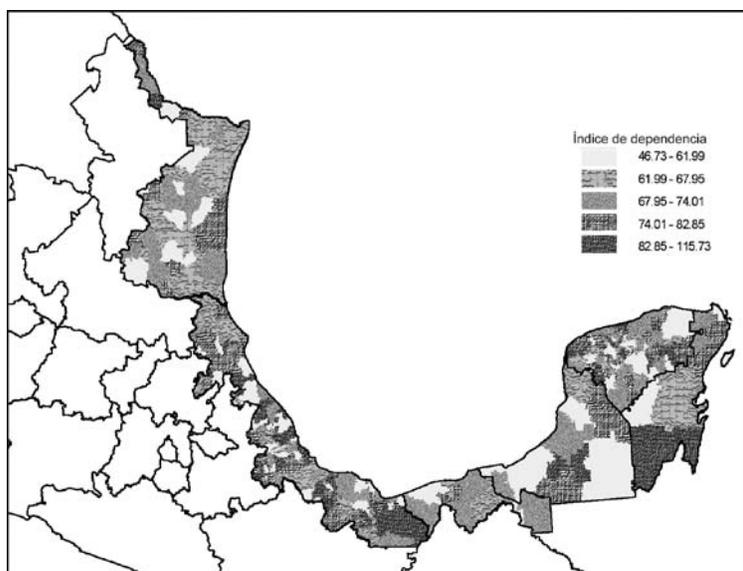
Figura 4. Densidad de población (hab/ha).



### 4.1.2.3 Índice de dependencia

Este índice evalúa la proporción de personas sostenidas por la población económicamente activa, en particular niños y adultos mayores. La población dependiente es, en general, más vulnerable al cambio climático. En la figura 5 se observan los valores más altos en Yucatán, Campeche y Veracruz. Por su lado, los municipios con el mayor índice de dependencia son Benito Juárez y Acultzingo, en Veracruz, y Sinanché en Yucatán.

Figura 5. Índice de dependencia.



### 4.1.2.4 Servicios de agua potable y alcantarillado

El acceso al agua potable y alcantarillado es un indicador básico de bienestar social. En cuanto a las viviendas con acceso a agua entubada, Veracruz, Tabasco y Campeche son los estados con mayores deficiencias. En la figura 6 se observan en tono oscuro los municipios que tienen déficit en este servicio y en tonos claros las poblaciones con mejor cobertura. Veracruz es el estado que mayores esfuerzos debe realizar en este rubro.

En el caso de drenaje, Tamaulipas, Campeche y Yucatán son los estados con menores coberturas (figura 7), mientras que Veracruz, Tabasco y Quintana Roo tienen los valores más elevados en este servicio. La mayor proporción de viviendas sin

Figura 6. Viviendas sin acceso a agua entubada.

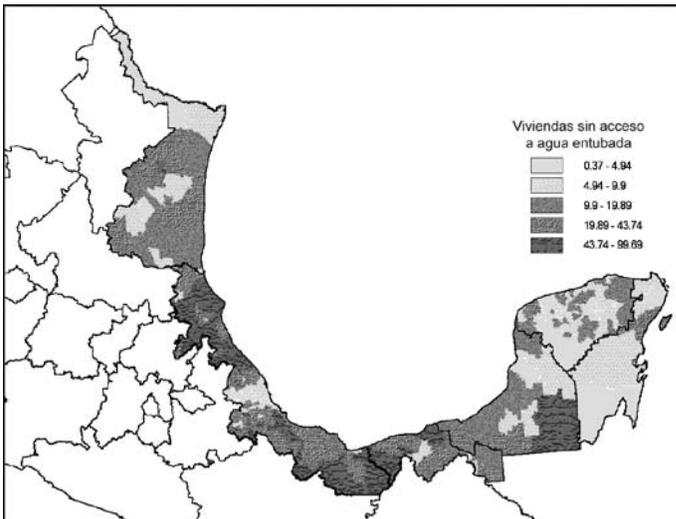
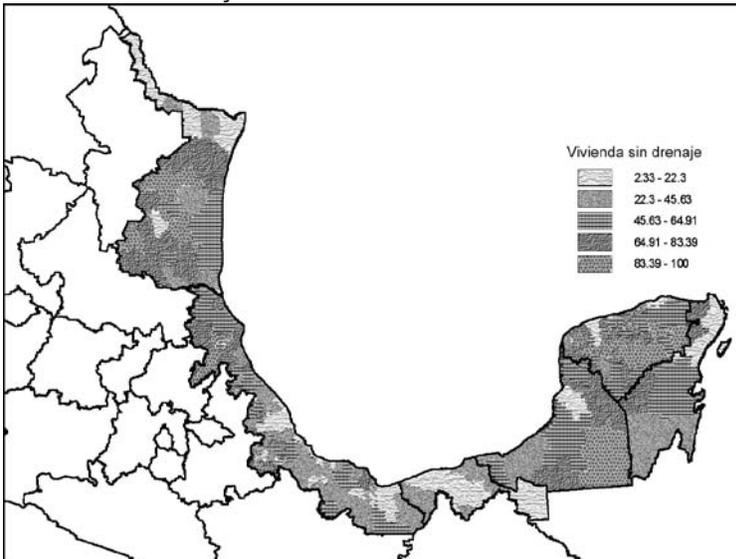


Figura 7. Viviendas sin drenaje.

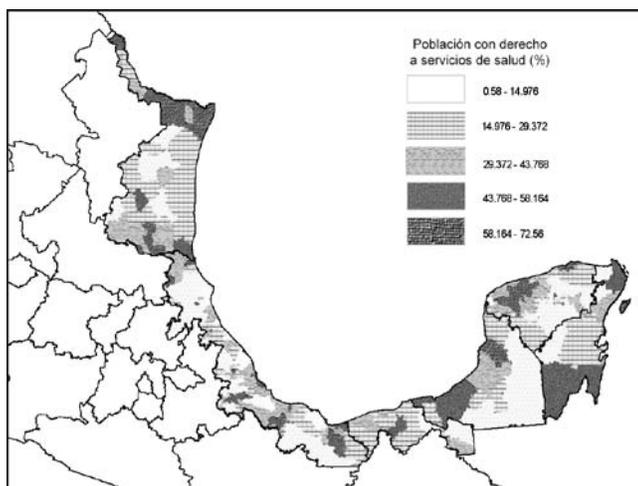


drenaje se encuentra en Yucatán, lo cual significa un riesgo inminente para la principal fuente de abastecimiento de agua de la península: el acuífero de Yucatán.

#### 4.1.2.5 Población con acceso a servicios de salud

Uno de los sectores más deficientes en la zona costera del Golfo de México y vulnerables al cambio climático es el servicio de salud. En general, las coberturas para este servicio son bajas, ligeramente superiores al 60% de población atendida en la región. Tamaulipas, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán tienen la mayor población con servicios de salud, donde destacan núcleos con buena cobertura en la frontera con Estados Unidos y en la zona limítrofe entre Tamaulipas y Veracruz; en el norte de Campeche y en la zona metropolitana de Mérida, al igual que en la Isla de Cozumel, en Quintana Roo. Los municipios con menor cobertura de salud son San Nicolás, en Tamaulipas, donde apenas se atiende al 0.58% de sus habitantes, y Comapa, en Veracruz, con sólo 0.73% de atención a la ciudadanía. En toda la zona costera deben realizarse esfuerzos importantes de mejora en este servicio, para hacer frente a la variabilidad climática esperada durante el presente siglo y sus probables efectos negativos, sobre todo ante la población más vulnerable: ancianos, niños y población indígena.

Figura 8. Porcentaje de población con derecho a servicios de salud en el año 2000.



#### 4.1.2.6 Índice de Marginación del CONAPO

Una forma de resumir las condiciones socioeconómicas de la región es utilizando los índices de bienestar social identificados por el Consejo Nacional de Población (CONAPO). Para elaborar este índice, en el año 2000 se tomaron en cuenta once indicadores de la población total de manera porcentual: población analfabeta; población mayor de 15 años sin primaria completa; ocupantes de vivienda sin drenaje y sin sanitario, sin energía eléctrica, sin agua entubada; viviendas con hacinamiento; viviendas con piso de tierra; localidades con población menor de quinientos habitantes, y población ocupada con ingresos menores a dos salarios mínimos. Al integrar todos estos componentes se conforma el grado de marginación en una escala que va desde *baja* marginación (buena calidad de vida) hasta *muy alta* marginación (condiciones extremas de pobreza y marginalidad social).

Dentro de los seis estados estudiados, Veracruz es la entidad con índice de marginación más elevado, ocupando el cuarto lugar del país y un nivel *muy alto* en la escala antes descrita. Lo siguen Campeche, Tabasco y Yucatán, con nivel *alto* de este índice, ocupando el octavo, noveno y décimo primer lugar nacional, respectivamente. Quintana Roo tiene un nivel *medio* de marginación y ocupa el vigésimo lugar nacional. Por último, la entidad con menor grado de marginación es Tamaulipas, ocupando el lugar 23 del país y un grado general *bajo*.

De los 395 municipios que conforman la zona de estudio, 55 de ellos caen en la categoría de *muy alta* marginación y doscientos tienen *alta* marginación. Sólo 25 municipios cuentan con grado *muy bajo* de este índice, localizados principalmente en las capitales estatales y ciudades importantes para el desarrollo económico de la región. La proporción de municipios en cada estrato puede apreciarse en el cuadro 1.

#### 4.1.2.7 Población indígena

Las comunidades indígenas mantienen rasgos culturales que limitan su asimilación a la sociedad mexicana y se manifiestan en su forma de vida comunitaria a través de la lengua materna. Por eso se considera como indígenas a quienes hablan una lengua o dialecto nativo.

Cuadro 1. Grado de marginación por entidad federativa.

Grado de marginación	Entidad										Total	%	
	Campeche	%	Quintana Roo	%	Tabasco	%	Tamaulipas	%	Veracruz	%			Yucatán
Muy alto	1	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49	23.3	5	4.7	55	13.9
Alto	5	45.5	3	37.5	4	32.6	14	97	46.2	77	72.6	200	50.6
Medio	3	27.3	0.0	0.0	10	27.9	12	39	18.6	21	19.8	85	21.5
Bajo	1	9.1	2	25.0	2	16.3	7	17	8.1	1	0.9	30	7.6
Muy bajo	1	9.1	3	37.5	1	23.3	10	8	3.8	2	1.9	25	6.3
Total general	11	100.0	8	100.0	17	100.0	43	210	100.0	106	100.0	395	100.0

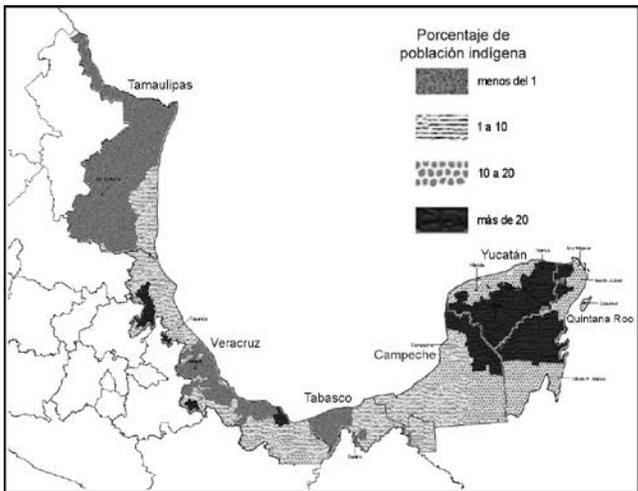
Fuente: estimaciones del CONAPO, con base en el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 del INEGI.

En el año de 1995, el Instituto Nacional Indigenista (INI) estimó una población indígena de aproximadamente 10 millones de personas en el país, lo que representaba cerca del 11% de la población. Para tal efecto se utilizó una metodología basada en tres criterios:

- a) El recuento censal de los hablantes de lenguas indígenas mayores de cinco años.
- b) Los niños menores de cinco años, cuyo padre es hablante de alguna lengua indígena.
- c) La población atendida en las regiones en que opera algún Centro Coordinador Indigenista.

La figura 9 presenta la proporción relativa de habitantes que habla alguna lengua indígena. Destaca la parte central de la península de Yucatán, donde en la mayoría de los municipios hay presencia de población de ascendencia maya. También hay una marcada concentración en el estado de Veracruz, en la zona colindante con Puebla y Oaxaca, donde se encuentran principalmente huastecos, chontales y nahuas. Asimismo, hay un alto porcentaje de población indígena entre Coatzacoalcos y la frontera con Tabasco. En el extremo opuesto resalta Tamaulipas, con casi nula presencia de estos habitantes.

Figura 9. Porcentaje de población que habla alguna lengua indígena.



### 4.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES ECONÓMICAS ACTUALES

#### 4.1.3.1 Principales actividades económicas

Las diferentes actividades económicas que se realizan en la región costera han provocado cambios y transformado espacios litorales naturales en espacios con presencia humana. El crecimiento de población de la región costera responde a la aparición de actividades económicas, principalmente turísticas, petroleras, portuarias, agrícolas e industriales. Es conocido que desde fines de los años setenta, la industria petrolera en el Golfo de México se convirtió en el motor de la economía y ha jugado un papel fundamental en la organización del espacio regional y nacional<sup>3</sup>. Después del petróleo, las pesquerías son el recurso costero de mayor importancia en la región; más de 900 mil personas trabajan en esta actividad, localizada en Tampico, Tamiahua, Tecolutla, Veracruz, Frontera, Ciudad del Carmen, Lerma y Yucalpeten<sup>4</sup>. El turismo también es importante: más del 22% de la infraestructura hotelera nacional se encuentra en Quintana Roo. La agricultura cuenta con cerca de 2 172 467 ha dedicadas al maíz, frijol, trigo, soya, algodón y sorgo<sup>5</sup>. Esta actividad se lleva a cabo con un uso intensivo de pesticidas, ocasionando problemas de contaminación y sedimentos en ríos y lagunas costeras.

#### 4.1.3.2 Análisis de distribución del ingreso

El análisis de la distribución del ingreso se concentró en la distribución de la población que gana menos de un salario mínimo mensual y de la población que percibe más de cinco salarios mínimos mensuales, con datos del año 2000. En el primer caso, la población más pobre se concentra mayoritariamente en las entidades de Veracruz (en las zonas limítrofes con los estados de Puebla e Hidalgo) y Yucatán (cerca de la costa y hacia el interior). Entre los municipios con menor cantidad de población que gana menos de un salario mínimo mensual se encuentran Solidaridad y Benito Juárez, en Quintana Roo, así como Reynosa, Nuevo Laredo y Matamoros, en Tamaulipas.

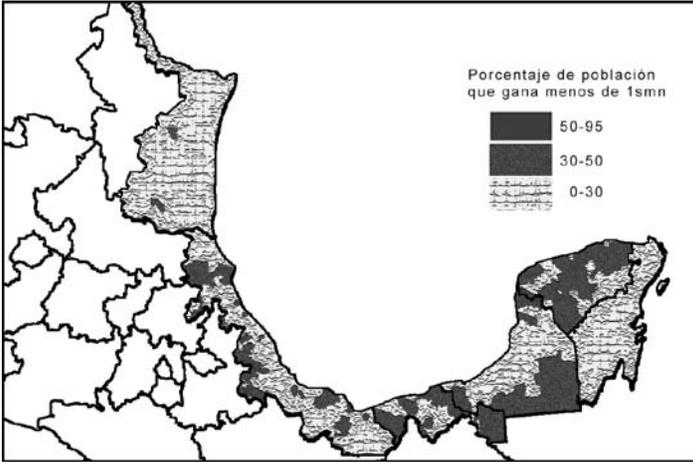
---

3 Sánchez, 1990.

4 Zárate *et al.*, 1999.

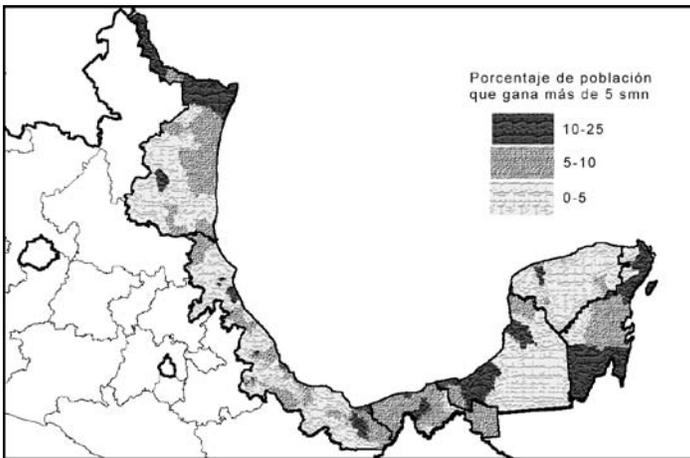
5 Ídem 4.

Figura 10. Porcentaje de población que gana menos de un salario mínimo.



En cuanto a la distribución de la población que gana más de cinco salarios mínimos, los municipios con valores más elevados se encuentran en el norte del estado de Tamaulipas, en porciones al sur de Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo. Los municipios que destacan son Ciudad Madero, Nanchital, Benito Juárez, Centro, Carmen y Boca del Río. Por otra parte, existen 12 municipios que no cuentan con población con ingresos mayores a cinco salarios mínimos, localizados principalmente en Yucatán (con siete municipios), Veracruz (con cuatro) y Tamaulipas (con uno).

Figura 11. Porcentaje de población que gana más de cinco salarios mínimos.



### 4.1.3.3 Índices de especialización por población económicamente activa ocupada en cada sector

Para el análisis de la población económicamente activa ocupada (PEAO) en el año 2000, se elaboraron índices de especialización económica, tomando en consideración el total regional, que comprende las seis entidades federativas, con base en los resultados del censo de ese año.

El sector primario incluye actividades relacionadas con agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca. La población económicamente activa ocupada en actividades de este sector se distribuye en la gran mayoría de los municipios estudiados (314), lo cual constituye el 79.5% del total. De los 314 municipios especializados, 175 son del estado de Veracruz y 83 se localizan en Yucatán.

El sector secundario congrega actividades como la minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera y electricidad. La distribución de la población económicamente activa ocupada en el sector secundario se concentra principalmente en los municipios del norte y sur de Tamaulipas, sur de Veracruz, norte de Campeche y centro-poniente de Yucatán. En total, suman 105 municipios especializados y representan 26.58% de los 395 estudiados.

Las actividades del sector terciario aglutinan labores relacionadas con el comercio, el transporte, el gobierno y otros servicios. Su distribución se concentra mayoritariamente en el estado de Quintana Roo. En total, se contabilizan 52 municipios especializados en el sector, lo cual representa 13.16% de los 395 estudiados.

### 4.1.3.4 Hogares con remesas

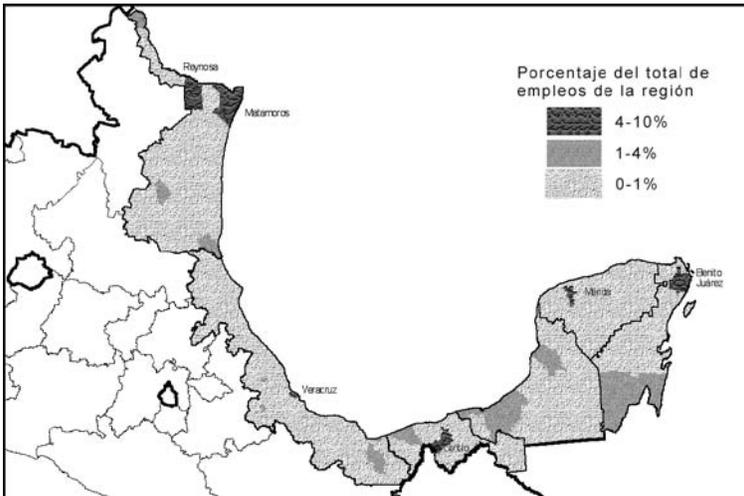
El número de hogares que recibe remesas indica el grado de dependencia económica del exterior. En este sentido, se analizaron los datos elaborados por CONAPO para el año 2000 y se calculó el porcentaje de hogares con remesas respecto al total del municipio. Los datos obtenidos muestran que en 356 de los 395 municipios existen hogares receptores de recursos del exterior mediante remesas (90.12% del total), abarcando la mayor parte de los territorios de Tamaulipas y Veracruz. Sin embargo,

sólo 16 municipios cuentan con más del 10% de sus hogares que reciben remesas (4.05% del total), y se localizan principalmente en Veracruz y Yucatán.

#### 4.1.3.5 Empleo

Uno de los indicadores usuales para observar el comportamiento de la actividad económica corresponde a los datos de empleo. En este sentido, los municipios que concentran entre 4 y 10% del empleo regional son Mérida<sup>6</sup>, Reynosa, Matamoros, Veracruz, Benito Juárez y Centro. Entre ellos suman el 36.45% del total de empleos. Existen 16 municipios que proveen entre el 1 y 4% del empleo regional, entre los que destacan Tampico, Nuevo Laredo, Xalapa, Coatzacoalcos, Carmen, Victoria y Poza Rica. En suma, 22 municipios (5.56% del total), concentran el 69.82% de los empleos.

Figura 12. Porcentaje del total de empleos, 1999.

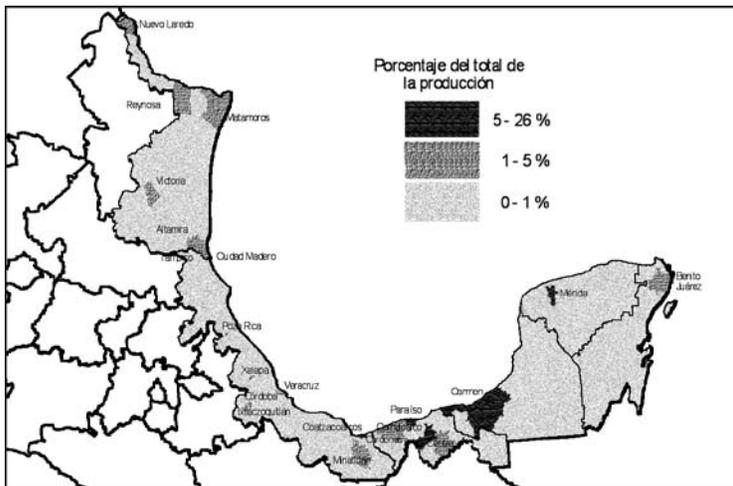


6 Mérida concentra 9.53% del total regional.

#### 4.1.3.6 Valor de la producción

El comportamiento de la producción pretende reflejar el grado en que el valor monetario de la producción (incluyendo el costo de los insumos) se concentra en una región o municipio. Los municipios con porcentajes de entre 5 y 26% del valor monetario total de la producción se localizan, en orden decreciente, en Carmen (Campeche), Paraíso (Tabasco), Coatzacoalcos (Veracruz), Mérida (Yucatán) y Centro (Tabasco). Existen 18 municipios que concentran entre el 1 y 5% del valor de la producción: Reynosa, Benito Juárez, Veracruz, Matamoros y Minatitlán, entre otros. En suma, 23 de los 395 municipios concentran 83.93% del valor monetario de la producción y representan menos del 6% del total de unidades municipales.

Figura 13. Porcentaje del total de la producción, 1999.

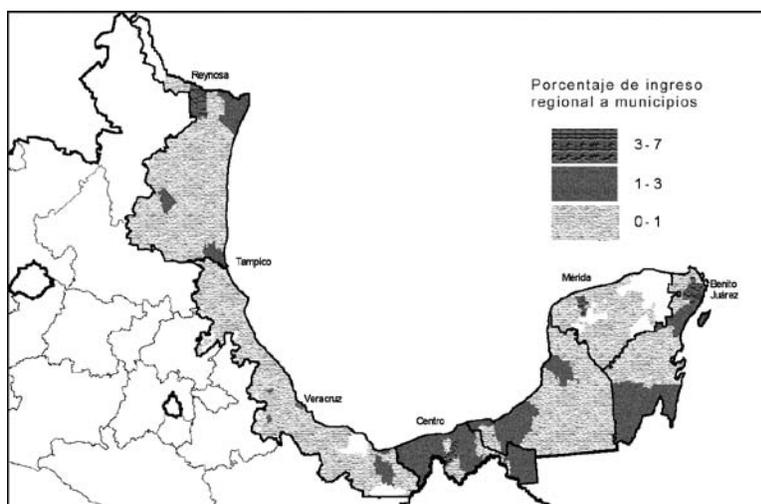


#### 4.1.3.7 Gasto municipal en obras y acción social

El gasto municipal en obras y acción social se relaciona con el capital social generado por cada municipio en beneficio de su población. Un municipio con mayores benefi-

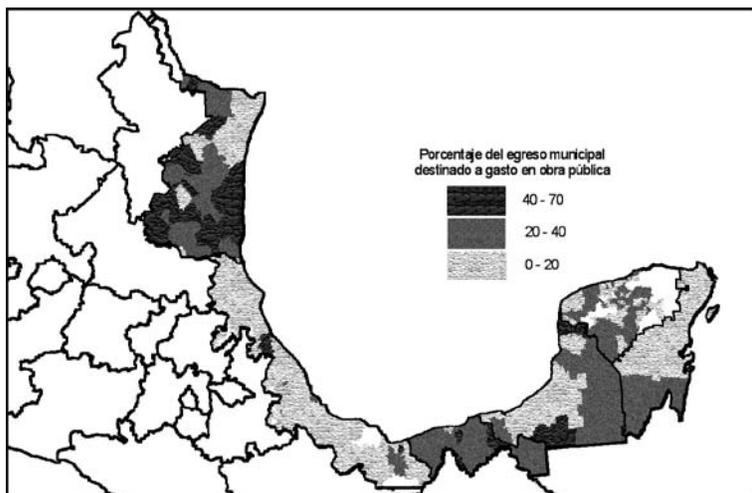
cios de este tipo puede lograr una mejor adaptación y desarrollar mejores capacidades de organización entre sus habitantes, porque cuenta con mejor infraestructura. Para elaborar este índice se analizaron las finanzas municipales del área de estudio en cuanto al destino de los ingresos y egresos para el año 2000. Los municipios que concentran del 2 al 7% del total de ingreso en gastos municipales son grandes centros de población y capitales estatales: Centro, Tampico, Mérida, Benito Juárez, Veracruz, Reynosa, Matamoros, Coatzacoalcos, Xalapa, Cárdenas, Campeche y Hui-manguillo. En resumen, doce de los 395 municipios (3.03% del total) concentran el 40.81% del total que ingresa a la región para gastos municipales.

Figura 14. Participación porcentual del total del ingreso regional destinado al gasto municipal.



En cuanto al gasto municipal en obras y acción social, los municipios que destinan del 40 al 70% de sus ingresos en este tipo de actividades se localizan primordialmente en Tamaulipas. El siguiente estrato (de 20 a 40% del ingreso) se ubica en Tabasco, Campeche, sur de Quintana Roo y Yucatán. Resalta el estado de Veracruz, que cuenta con dos municipios de estrato alto (Papantla y Moloacán).

Figura 15. Participación porcentual del ingreso municipal destinado a obra pública.



#### 4.1.3.8 Tenencia de la tierra

Para el análisis de la propiedad de la tierra se utilizaron los datos de unidades productivas provenientes del VII Censo Agrícola-Ganadero (1991), enfatizando sólo dos de las cinco categorías (ejidal y privada), pues las demás representan porcentajes muy bajos para ser representativos<sup>7</sup>. Como se presenta en el cuadro 2, la mayor superficie está bajo el régimen privado con 57.26%, en tanto que el régimen ejidal ocupa 37.18% (ambos suman 94.44% del total). La propiedad ejidal se concentra en los estados de Quintana Roo, Campeche y Veracruz, en donde se localiza la mayor parte de los municipios que poseen más del 50% de la superficie de sus unidades agropecuarias bajo este régimen. Por otra parte, los estados de Tabasco y Tamaulipas presentan pocos municipios en esta categoría. En suma, son noventa municipios con más del 50% de su superficie agrícola en propiedad ejidal.

<sup>7</sup> Los tipos de tenencia que reporta el censo agrícola son ejidal, comunal, privado, colonias y público.

Cuadro 2. Tenencia de la tierra, 1991.

Tipo	Superficie en hectáreas	Porcentaje del total
Ejidal	7 531 097	37.18
Comunal	104 646	0.52
Privada	11 598 628	57.28
Colonias	754 277	3.72
Públicas	267 918	1.32
<b>Total</b>	<b>20 256 566</b>	<b>100.00</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos del VII Censo Agrícola-Ganadero 1991, INEGI.

#### 4.1.4 CARACTERIZACIÓN DE LA SENSIBILIDAD Y LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Para tener una primera aproximación de la vulnerabilidad y capacidad de adaptación ante el cambio climático de los municipios en la zona costera del Golfo de México, se construyeron dos indicadores: el índice de sensibilidad y el de capacidad de adaptación. Su formulación tomó en cuenta los criterios delineados en la *Tercera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático*<sup>8</sup> y lo expuesto por el PNUD<sup>9</sup> sobre las variables relacionadas con la adaptación. Cuando no se contaba con los indicadores sugeridos, se buscaron otros datos que pudieran tener una relación funcional parecida. Ello, con el objetivo de evaluar, aunque de forma somera, el grado de vulnerabilidad de los municipios y su capacidad para desarrollar medidas de adaptación. Así, cada uno de los municipios fue calificado en categorías de *muy baja, baja, media, alta* y *muy alta* en cuanto a su vulnerabilidad ante el cambio climático y su posible capacidad de adaptarse a él. La relación encontrada entre estos índices es de manera inversa; es decir, que a mayor capacidad de adaptación menor sensibilidad. Cabe recalcar, sin embargo, que en evaluaciones posteriores es necesario reflejar de mejor manera las presiones del sistema humano sobre el ecosistema y la capacidad de éste para sostener las actividades actuales.

8 INE-SEMARNAT, 2006.

9 PNUD, 2004.

#### 4.1.4.1 Índice de capacidad de adaptación

Para elaborar el índice de capacidad de adaptación al cambio climático se utilizaron las variables que se presentan en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Variables para elaborar el índice de capacidad de adaptación.**

Capacidad económica	Recursos humanos y cívicos	Capacidad ambiental
<ul style="list-style-type: none"><li>• PIB per cápita del año 2000, ajustado al poder adquisitivo del dólar en Estados Unidos.</li><li>• Índice de desarrollo humano.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Porcentaje de población alfabeta: población de 15 años y más que sabe leer y escribir.</li><li>• Promedio de grado escolar: número de años escolares promedio de la población.</li><li>• Índice de dependencia: relación entre la población dependiente de la población económicamente activa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Densidad de población: relación entre número de habitantes y superficie ocupada.</li></ul>

El CONAPO define el índice de desarrollo humano (IDH) en tres dimensiones esenciales:

- La capacidad de gozar de vida larga y saludable, medida a través de la esperanza de vida al nacer.
- La capacidad de adquirir conocimientos, medida mediante una combinación del grado de alfabetismo de los adultos y el nivel de asistencia escolar conjunto de niños, adolescentes y jóvenes (de 6 a 24 años).
- La capacidad de contar con acceso a los recursos que permitan disfrutar de un nivel de vida digno y decoroso, medido por el PIB per cápita ajustado al poder adquisitivo del dólar en los Estados Unidos.

Los tres componentes varían entre 0 y 1, así como su promedio (el IDH). Un valor de 1 establece la meta o el valor máximo posible en esta materia.

El cuadro 4 resume la distribución absoluta por número de municipios en cada uno de los grados de capacidad de adaptación ante el cambio climático, por entidad federativa.

**Cuadro 4. Distribución absoluta de número de municipios por grado de capacidad de adaptación y entidad federativa.**

Entidad	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja	Total general
Campeche	3	5	2	1		11
Quintana Roo	5		2	1		8
Tabasco	3	11	3			17
Tamaulipas	15	12	13	3		43
Veracruz	25	42	57	68	18	210
Yucatán	7	23	33	41	2	106
<b>Total general</b>	<b>58</b>	<b>93</b>	<b>110</b>	<b>114</b>	<b>20</b>	<b>395</b>

En el cuadro 4 es notorio observar que la categoría de *muy baja* capacidad de adaptación se localiza solamente en las entidades de Veracruz y Yucatán. De manera contraria, las entidades de Quintana Roo, Tabasco y Tamaulipas mantienen la mayoría de sus municipios en las categorías de *media*, *alta* y *muy alta* capacidad de adaptación.

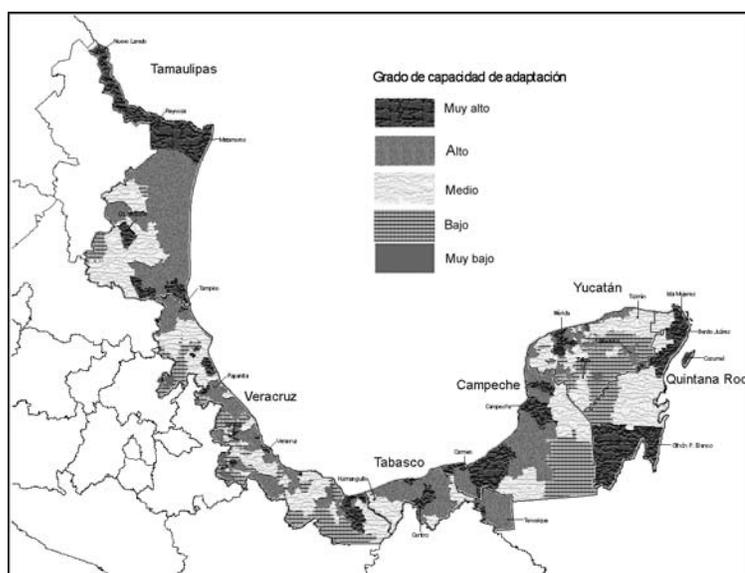
Los rangos de cada una de las variables en las distintas escalas del índice pueden variar significativamente. Por ejemplo, el PIB per cápita en la categoría *muy alta* es siete veces mayor al de *muy baja*, y casi el doble del de la capacidad *alta* de adaptación. El cuadro 5 muestra los promedios de cada una de las variables estudiadas.

La distribución territorial de los municipios por grado de capacidad de adaptación se puede apreciar en la figura 16.

Cuadro 5. Promedios del valor de las variables por grado de capacidad de adaptación.

Grado	Promedios					
	PIB per cápita, dólares	Índice de Desarrollo Humano	Porcentaje de población alfabeta	Promedio de grado escolar	Relación de dependencia	Densidad de población
Muy alto	7 660.3	0.8	92.7	7.7	57.8	654.2
Alto	4 225.4	0.7	87.0	5.9	65.2	93.2
Medio	2 869.5	0.7	82.1	5.0	71.7	70.3
Bajo	1 853.3	0.6	73.3	4.2	82.9	68.0
Muy bajo	1 181.3	0.5	51.7	2.7	96.9	114.0

Figura 16. Grado de capacidad de adaptación ante el cambio climático.



Los municipios que resultaron en la categoría de *muy alta* capacidad de adaptación son, en general, los fronterizos, las capitales de cada una de las entidades y algunos otros que, por su importancia turística o industrial, albergan una ciudad

importante. Este es el caso de Tampico, Cancún, Boca del Río, Ciudad del Carmen o el puerto de Veracruz. Los municipios en la escala *alta* están alrededor de los de *muy alta* capacidad y generalmente son costeros. En cuanto a las categorías *media* y *baja*, las unidades municipales se encuentran en la parte central de cada una de las entidades. Finalmente, los municipios con *muy baja* capacidad de adaptación se localizan principalmente en la sierra huasteca de Veracruz y en la parte central de Yucatán.

#### 4.1.4.2 Índice de sensibilidad

Para la estimación del índice de sensibilidad ante el cambio climático se tomaron en cuenta las variables que se muestran en el cuadro 6, con base en datos publicados por el INEGI del XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 y del VII Censo Agrícola-Ganadero, 1991.

**Cuadro 6. Variables para estimar el índice de sensibilidad.**

Asentamientos humanos e infraestructura	Seguridad alimentaria	Salud	Cultural	Ecosistema
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Población sin acceso a agua potable</i>: porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada.</li> <li>• <i>Población sin acceso a servicio de drenaje y alcantarillado</i>: porcentaje de viviendas particulares sin servicio de drenaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Producción de cereal por superficie de tierra agrícola</i>: toneladas de cereal producidas por hectárea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Tasa global de fecundidad</i>: número de hijos, promedio, por mujer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Población indígena</i>: población mayor de cinco años que habla una lengua indígena.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fertilizante utilizado por superficie de área cultivada</i>: unidades de producción que utilizan pesticidas o algún otro producto químico en los sembradíos.</li> </ul>

Es importante subrayar que en la metodología de PNUD (2004), la población indígena suele ser más vulnerable ante los desastres debido a su idiosincrasia, cultura, cohesión social, formas de organización y arraigo a la tierra. Como se vio anteriormente (apartado 4.1.2.7), en la región hay una proporción importante de población indígena.

El cuadro 7 resume la distribución absoluta por número de municipios en cada uno de los grados de sensibilidad, por entidad federativa.

**Cuadro 7. Distribución absoluta de número de municipios por grado de sensibilidad y entidad federativa.**

Entidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total general
Campeche	1	1	2	5	2	11
Quintana Roo	4		1	3		8
Tabasco	3	3	8	3		17
Tamaulipas	8	6	4	21	4	43
Veracruz	25	32	41	60	52	210
Yucatán	3	12	29	61	1	106
<b>Total general</b>	<b>44</b>	<b>54</b>	<b>85</b>	<b>153</b>	<b>59</b>	<b>395</b>

En el cuadro anterior es notorio ver que la categoría de municipios de *alta* a *muy alta* sensibilidad se encuentran con mayor frecuencia en las entidades de Veracruz y Yucatán. Las demás entidades mantienen una distribución más homogénea, con municipios de *media* a *muy baja* sensibilidad. En el caso de Campeche, aunque tiene municipios en todas las categorías, la mayor proporción se ubica en el estrato de *media* a *muy alta* sensibilidad.

Igual que con el índice anterior, los valores de las variables abarcan un gran rango entre las distintas categorías de sensibilidad. Por ejemplo, el número de viviendas sin

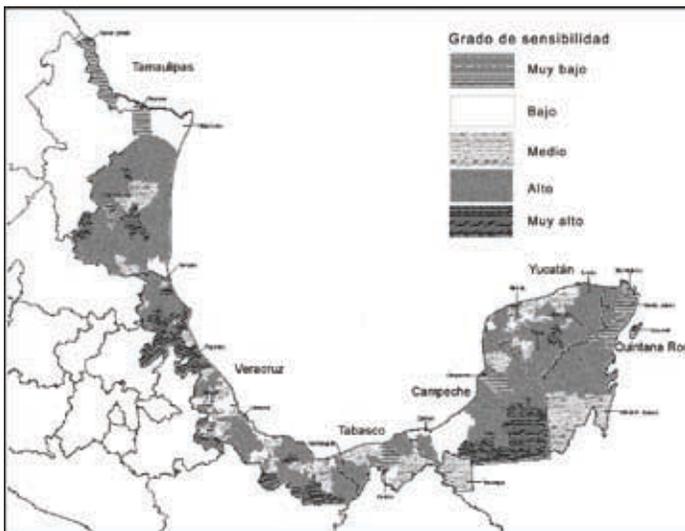
agua entubada varía de 5.8% en los municipios menos sensibles hasta 60.9% en los de mayor sensibilidad. El cuadro 8 resume estas variaciones.

Cuadro 8. Promedios del valor de las variables por grado de sensibilidad.

Grado	Promedios					
	% de viv. sin agua entubada	% de viv. sin drenaje	Producción de cereal por superficie	Promedio de hijos por mujer	Unidades de producción que usan pesticidas	% de población no indígena
Muy bajo	5.8	10.8	135.5	2.3	13.4	95
Bajo	13.4	27.9	140.2	2.7	20.4	93.4
Medio	16.9	47.1	113.8	2.8	24.4	78.6
Alto	21.4	68.1	412.7	3.1	25.5	62.1
Muy alto	60.9	80.5	1 016.5	3.3	30.6	57.6

La distribución territorial de los municipios por grado de sensibilidad se puede apreciar en la figura 17.

Figura 17. Grado de sensibilidad ante el cambio climático.



Los municipios con *muy baja a baja* sensibilidad ante el cambio climático se ubican principalmente en la zona fronteriza y en las ciudades capitales o de importancia económica: Cancún, Coatzacoalcos, puerto de Veracruz, Boca del Río, Orizaba, Poza Rica y Cozumel, entre otros. En cambio, el grado de sensibilidad *medio* se da en municipios costeros del norte de Yucatán y el municipio donde se encuentra Chetumal, Othón P. Blanco. Asimismo, esta categoría se ubica en gran parte de Tabasco, en zonas fragmentadas de todo Veracruz, y en cuatro municipios centrales de Tamaulipas. Los municipios con *alta y muy alta* sensibilidad están presentes en toda la zona de estudio, muchos de ellos son costeros y pertenecen a Veracruz, Yucatán y Tamaulipas. Sin embargo, la zona de mayor sensibilidad se encuentra en la sierra huasteca y las áreas en Veracruz que colindan con los estados de Puebla y Oaxaca.

## 4.2 Diagnóstico biofísico de la zona costera del Golfo de México

Javier Bello *et al.*

### 4.2.1 INTRODUCCIÓN

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. Dichas presiones actúan de manera sinérgica para acentuar los efectos del cambio climático y disminuir la resiliencia<sup>1</sup> natural de los humedales. Algunos de los efectos esperados que mayor impacto tendrán sobre los humedales costeros incluyen el aumento del nivel del mar, con la consecuente intrusión salina a estuarios y lagunas costeras; cambios en los patrones de precipitación, provocando alteraciones en los aportes hídricos a estos sistemas; aumento en la severidad tanto de huracanes como de tormentas, con el subsiguiente daño físico a las comunidades biológicas locales; incremento en la temperatura del agua, lo que afectará la supervivencia de comunidades coralinas, al favorecer eventos de blanqueamiento, y aumentar la probabilidad de incremento de parásitos y algas nocivas; cambios en los patrones oceanográficos, impactando el transporte global de nutrientes, oxígeno e incluso larvas; acidificación de las aguas marinas, con efectos en la subsistencia de organismos fijadores de calcio.

---

1 La propiedad de los ecosistemas para regresar a su estado original después de un evento que altera el estado de equilibrio. La resiliencia es mayor conforme hay mayor diversidad dentro del ecosistema.

La lista de efectos antes mencionados no es exhaustiva, pues existe una serie de procesos mucho más complejos que se verán afectados de manera directa o indirecta por el cambio climático. Sin duda, su alteración tendrá efectos en los servicios ecológicos provistos por los humedales costeros. Dichos servicios son clave para soportar las actividades económicas realizadas en esta amplia franja costera. Entre aquellos con potencial de consumo directo destacan la provisión de alimento, material de construcción y combustible; el mantenimiento de bancos de germoplasma<sup>2</sup>; el uso potencial para las industrias bioquímica, farmacéutica y médica, y la función de reserva y fuente de agua fresca, entre otros. Además, los humedales costeros proveen servicios reguladores que se relacionan directamente con el amortiguamiento de los efectos del cambio climático: regulación de la calidad del aire, regulación térmica a escala local y global, regulación hídrica, mitigación de la erosión del suelo, tratamiento de aguas eutróficas<sup>3</sup>, regulación de enfermedades infecciosas y epidemias, además de favorecer la polinización y proteger contra efectos climáticos y fenómenos naturales catastróficos. Otros servicios ambientales, habitualmente relegados a segundo plano, pero que sin duda deben resaltarse, son los servicios culturales. Los humedales son importantes zonas de carácter tradicional y religioso para culturas locales; tienen valor estético, recreativo, antropológico e histórico, además de ser sitios con potencial para investigación científica y educación ambiental.

En el Golfo de México, los diferentes tipos de humedales costeros son de gran importancia tanto por su biodiversidad como por las actividades socioeconómicas que sostienen. A lo largo del gradiente latitudinal se identifican ecosistemas contrastantes, pero representativos, cuyo estudio permitirá comprender las interacciones ecológicas estuario-mar y la estructura funcional costera del Golfo de México y el Caribe<sup>4</sup>. Algunos de los sistemas más importantes son: laguna Madre de Texas y Tamaulipas; laguna de Tamiagua; laguna de Alvarado y delta del Papaloapan; pantanos de Centla y laguna de Términos en el delta Usumacinta-Grijalva; laguna Celestún; sistema lagunar Sian Ka'an, y laguna arrecifal Puerto Morelos.

---

2 El material que se conserva como semillas, cultivo de tejido o plantas establecidas en colecciones de campo.

3 Aguas donde hay un incremento de nutrientes, que provoca un exceso de fitoplancton.

4 Day *et al.*, 2004.

Los humedales se encuentran dentro de los ecosistemas más productivos del Golfo de México y sus características específicas dependen de los gradientes de inundación y salinidad. En la frontera hacia el mar se tienen las lagunas costeras y estuarios, cuya productividad depende tanto de los procesos ecológicos que ocurren en los humedales de la planicie costera, como de los procesos marino-costeros en la plataforma continental adyacente<sup>5</sup>.

## 4.2.2 DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO

El litoral del Golfo de México y del Caribe mexicano, desde Tamaulipas (en la frontera con los Estados Unidos) hasta Quintana Roo (en la frontera con Belice) tienen, en conjunto, una extensión de línea de costa externa<sup>6</sup> cercana a los 2 770 km. Sin embargo, si se considera la extensión de las márgenes internas de lagunas, estuarios, desembocaduras y barreras costeras, a la cifra anterior deben sumarse 4 900 km más, alcanzando 7 670 km. Según Day *et al.* (2004), la superficie del Golfo de México, incluyendo el cuerpo de agua (1 507 639 km<sup>2</sup>), y los humedales costeros de México y Estados Unidos, es de aproximadamente 1 942 500 km<sup>2</sup>. Por lo anterior, el Golfo de México está considerado como el noveno cuerpo de agua más grande del mundo. La profundidad promedio del golfo es cercana a los 1 615 m, con un volumen de agua aproximado de 2 434 000 km<sup>3</sup>. Su cuenca de drenaje total es cercana a los 5 180 000 km<sup>2</sup>, descargando más del 60% del agua dulce de México, a través de más de 40% de su geografía continental, y más de 80% del total de Estados Unidos, a través de más del 60% de su geografía continental. Entre los ríos de mayor relevancia destacan los siguientes: Pánuco, Coatzacoalcos, Papaloapan, Grijalva-Usumacinta, Frontera, Champotón y Bravo. En este litoral se ubican los ríos más caudalosos (Grijalva-Usumacinta, Papaloapan) y los ecosistemas estuarinos más grandes del país (lagunas Madre y Términos, con 200 mil y 196 mil hectáreas, respectivamente).

---

5 Day *et al.*, 2004.

6 Ortiz y De la Lanza, 2006, aunque otros estudios estiman una extensión aproximada de 3 100 km (Zárate *et al.*, 2004).

La estacionalidad climática meteorológica en las costas del Golfo se caracteriza por tres periodos constantes que se traslapan de manera relativa: un periodo de secas de febrero a mayo; uno de lluvias de junio a octubre, con presencia de depresiones tropicales, y uno de frentes fríos o “nortes” de octubre a febrero.

La productividad natural del Golfo de México depende de las interacciones de procesos terrestres y marinos que convergen en la zona costera, condicionados, a la vez, por procesos climáticos, meteorológicos e hidrológicos. La dinámica de las interacciones ecológicas entre el estuario y el mar depende de la geografía física de la costa y su relación con el ciclo hidrológico. Ello está condicionado por la forma del relieve y los pulsos de precipitación. La productividad primaria de un ecosistema se puede estimar al medir la concentración de clorofila-*a*<sup>7</sup> en el agua. La distribución de este indicador en las aguas oceánicas del Golfo de México muestra un sistema oligotrófico<sup>8</sup>, sobre todo en sus capas superficiales<sup>9</sup>. Cabe recordar que los sistemas oligotróficos están caracterizados por baja disponibilidad de nutrientes, aguas claras y poca productividad.

En esta región predominan las costas acumulativas, caracterizadas por playas bajas y arenosas con abundante sedimentación. Las costas del Golfo de México se localizan en el centro de una placa tectónica, por lo que las pendientes hacia la llanura costera y las de la plataforma continental son suaves. A lo largo de sus costas existen deltas importantes, como el del río Bravo, río Pánuco, Papaloapan y Grijalva-Usumacinta. Las islas de barrera y las barras aparecen a lo largo de todo el golfo y tienen anchos y largos muy diferentes. Hacia el sureste existe una transición hacia la península de Yucatán, la cual está constituida por una plataforma cárstica emergente, de sedimentos carbonatados, carente de ríos y con un flujo de agua subterráneo.

---

7 La clorofila *a* es uno de los principales indicadores de la presencia de organismos fotosintéticos en el agua y por lo tanto de su calidad.

8 Los sistemas oligotróficos tienen escasa cantidad de nutrientes y poca producción de fitoplancton.

9 Day *et al.*, 2004.

### 4.2.3 ASPECTOS ECOLÓGICOS

A lo largo de esta extensa línea costera se observa un gradiente latitudinal de evidentes contrastes geomorfológicos<sup>10</sup> e hidrodinámicos<sup>11</sup> que, junto con otras variables biofísicas, determinan una diversidad de ecosistemas de humedales. La importancia en la biodiversidad de los humedales costeros del Golfo de México es notoria. De acuerdo con Gallardo *et al.* (2004), esta región es importante para las aves por encontrarse dentro de las rutas migratorias orientales del continente americano. Aquí confluyen las cuatro rutas migratorias de Norteamérica, teniendo mayor importancia la del Centro, la del Misisipi y la del Atlántico. En la zona costera del Golfo de México existen 224 especies de aves, de las cuales 50 son marinas, 112 acuáticas o playeras y 62 terrestres; ello equivale al 22.3, 50 y 27.7% del total, respectivamente. De estas aves, 32 especies están catalogadas en la norma NOM-059-ECOL-2001: dieciocho especies bajo protección especial, nueve amenazadas y cinco en peligro de extinción. Otras siete especies están bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN): tres vulnerables, dos con bajo riesgo y dos en peligro de extinción. Hay tres especies de aves marinas, 28 especies acuáticas o playeras, y seis especies terrestres que se encuentran en alguna de estas categorías. Esto constituye el 16% del total de las especies, con el 15% clasificado por la norma oficial y el 3% por la IUCN. Se reporta una especie acuática, probablemente extinta, que migraba por las costas del Golfo: *Numenius borealis*.

El cuadro 1 muestra algunas áreas importantes para la conservación de las aves ubicadas dentro de la zona de estudio.

---

10 Referente a la forma del relieve y su evolución.

11 Referente a la forma en que se mueve el agua.

**Cuadro 1. Áreas de importancia para la conservación de las aves en el la zona costera del Golfo de México.**

Tamaulipas	Veracruz	Campeche y Tabasco	Península de Yucatán
Delta del río Bravo. Laguna Madre. Humedales del río Pánuco (sur de Tamaulipas).	Humedales del río Pánuco (norte de Veracruz). Estuario del río Tecolutla. Humedales del delta del río Papaloapan y lagunas Tamiahua, Tuxpan, La Mancha y Alvarado.	Sistema deltaico Usumacinta/Grijalva: laguna Mecoacán, pantanos de Centla, laguna de Términos, islas en la Sonda de Campeche.	Dzilam de Bravo. Ilichká . Ansijo. Ría Lagartos. Ría Celestún. Humedales costeros del norte de la península. Arrecife Alacranes. Isla Contoy.

Day *et al.* (2004) mencionan que las lagunas costeras, estuarios y sus hábitats asociados sirven como áreas de protección, reproducción y crianza de recursos pesqueros, que representan a escala nacional el 45% de la pesca de camarón, 90% de la producción de ostiones y 40% de la captura comercial de peces. Actualmente todo el Golfo de México aporta capturas pesqueras de más de un millón de toneladas al año, sin considerar el descarte de la pesca incidental o acompañante del camarón.

En las costas del Golfo de México se han registrado al menos 586 especies de peces y más del 60% de éstas pasan alguna etapa de su ciclo de vida en los sistemas lagunares-estuarinos. El humedal más destacado en este rubro es la laguna de Términos, con registros de hasta 214 especies de peces.

La flora de playas y dunas tiene especies que le son características y especies endémicas, propias de esos ambientes. Para los litorales del Golfo de México se han registrado 429 especies dentro de 89 familias, mientras que el mar Caribe registra 456 especies y 78 familias. En el Golfo de México se han identificado nueve especies endémicas y en la península de Yucatán, 32 especies endémicas.

Los arrecifes coralinos del Golfo de México, desde el Banco de Campeche hasta los litorales veracruzanos, están bien desarrollados, aunque se considera que entre los arrecifes del Caribe mexicano y la Sonda de Campeche existe un aislamiento. También se estima que las comunidades de arrecifes del margen occidental del Golfo de México, desde Antón Lizardo (Veracruz) hasta Flower Gardens (Texas), operan

como un sistema semicerrado, con relativo nivel de aislamiento y elevada influencia continental.

Las listas de especies bentónicas<sup>12</sup> para vertebrados e invertebrados son extensas, y se han ubicado en 27 de los 28 filos<sup>13</sup> reconocidos para ambientes marinos, incluyendo 13 endémicos marinos. De estos filos, seis son frecuentes y abundantes en las comunidades bentónicas del Golfo de México: gusanos poliquetos, crustáceos peracáridos y decápodos, equinodermos, moluscos, nemátodos e hidroides. La riqueza biológica depende de factores determinantes: el tipo de sedimento, la concentración y calidad de materia orgánica en el sedimento, la concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo, y el transporte lateral y resuspensión de nutrientes por corrientes de fondo.

#### **4.2.4 ZONIFICACIÓN DE LA COSTA DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE**

Como se mencionó antes, la zona costera del Golfo de México se caracteriza por su heterogeneidad biofísica. De acuerdo con el estudio de Ortiz y De la Lanza (2006), en el Golfo de México y el Caribe mexicano se pueden distinguir cinco provincias, basándose en al menos tres variables (geomorfología, clima y oceanografía):

1. La costa nororiental, que incluye el estado de Tamaulipas.
2. La costa centro-oriental, que incluye gran parte del estado de Veracruz.
3. La costa centro-sur, que incluye la parte sur de Veracruz, Tabasco y parte de Campeche.
4. La costa noroccidental de la península de Yucatán, que abarca el norte de Campeche y Yucatán.
5. La costa del mar Caribe, que cubre todo el estado de Quintana Roo.

---

12 Organismos que viven en los fondos acuáticos.

13 Filo (de *phylum*): categoría taxonómica fundamental de la clasificación biológica (entre reino y clase), que agrupa a los organismos de ascendencia común y que responden a un mismo modelo de organización, como los moluscos, los cordados o los anélidos.

Esta división de provincias costeras es compatible en varios aspectos con otras clasificaciones, como la propuesta por Day *et al.* (2004), quienes describen tres grandes regiones de acuerdo con la estructura funcional de los ecosistemas lagunares-estuarinos a lo largo del gradiente latitudinal, desde el delta del río Bravo hasta la costa Caribe de México. Entre los factores que influyen dentro de la estructura, seleccionaron los niveles de productividad primaria acuática, el balance climático del agua, los gradientes físico-químicos y la estructura trófica. Según esta clasificación, el Golfo de México podría dividirse en:

- a) Una región que va desde la laguna Madre de Texas/Tamaulipas hasta la laguna de Tamiahua, Veracruz, pudiéndose prolongar hasta el centro-norte del estado de Veracruz.
- b) Otra región desde la laguna de Alvarado y delta del Papaloapan, en Veracruz, hasta la laguna de Términos y los pantanos de Centla, delta Usumacinta/Grijalva, en Tabasco y Campeche.
- c) La región que incluye la costa norte y oriental de la península de Yucatán.

Por su parte, Yáñez-Arancibia *et al.* (2004) también identifican un gradiente de norte a sur en el Golfo y Caribe de contrastes geomorfológicos e hidrodinámicos, los cuales se hacen evidentes en ocho sistemas lagunares-estuarinos:

1. Sistema laguna Madre, Tamaulipas.
2. Sistema laguna Tamiahua, Veracruz.
3. Sistema laguna Alvarado, delta Papaloapan, Veracruz.
4. Sistema pantanos de Centla, delta Grijalva-Usumacinta, Tabasco.
5. Sistema laguna de Términos, delta Usumacinta, Campeche.
6. Sistema laguna Celestún, Yucatán.
7. Sistema lagunar arrecifal Puerto Morelos, Quintana Roo.
8. Sistema lagunar Boca Paila, Quintana Roo.

Estos autores también sugieren que si se considera el perfil de ecosistemas representativos de la zona costera del Golfo de México en relación con la interacción entre la costa y el mar, es posible identificar cuatro tipos básicos:

- a) Sistemas lagunares-estuarinos semiáridos (laguna Madre de Texas/Tamaulipas, y laguna Celestún en Yucatán), dominados por procesos marinos y limitado drenaje fluvial.
- b) Sistemas intermedios no dominados por ríos (laguna de Tamiahua en Veracruz).
- c) Sistemas dominados por ríos (laguna de Alvarado, delta del Papaloapan, en Veracruz; pantanos de Centla, delta Grijalva/Usumacinta, en Tabasco; laguna de Términos, delta Usumacinta, en Campeche). Estos ecosistemas están dominados por procesos costeros con gran aporte fluvial.
- d) Sistemas cársticos<sup>14</sup> del litoral Caribe (laguna arrecifal Puerto Morelos y sistema lagunar Boca Paila en Quintana Roo), dominados por procesos marinos y con aporte freático de agua dulce.

En los siguientes párrafos se describen algunos de los aspectos biofísicos más relevantes para las provincias del Golfo de México. La descripción a escala regional de estas provincias se basa principalmente en el trabajo de Ortiz y De la Lanza (2006), el cual es uno de los más recientemente publicados para la región.

#### 4.2.4.1 Costa nororiental

Esta provincia presenta una extensión de línea de costa de aproximadamente 500 km, desde la desembocadura del río Bravo en el norte, hasta su límite meridional al sur del Trópico de Cáncer, cubriendo prácticamente todo el estado de Tamaulipas. Esta zona forma parte de la región climática del noreste de México y presenta un clima semiárido, con una temperatura media anual superior a los 18 °C y rangos de variación de hasta 14 °C. Se caracteriza por precipitaciones medias anuales de alrededor de 800 mm, consideradas de carácter intermedio y con un periodo de lluvias poco definido, que se repite a lo largo del año, con un porcentaje de lluvias invernales respecto al anual del 10 al 36%. Las lluvias invernales dependen de la humedad propiciada por los “nortes” o frentes fríos.

Presenta una costa acumulativa de playas bajas arenosas de configuración rectilínea, con una larga barrera de longitud aproximada de 454 km y aloja el sistema de la laguna Madre, con cerca de 200 mil ha de extensión, y cuyo perímetro costero es

---

14 Cárstico o kárstico: dicho de una formación caliza, producida por la acción erosiva o disolvente del agua.

de aproximadamente 1 633 km. Ello equivale a tres veces la extensión de la orilla frontal. La geología del norte de esta zona está influenciada en gran parte por procesos de sedimentación, determinados principalmente por los abundantes aportes del río Bravo.

Aunque existe una gran interconectividad entre los diferentes sistemas de humedales presentes a lo largo de esta provincia, para los fines de este estudio se definieron siete sistemas y dos de ellos fueron seleccionados como sitios piloto: Río San Fernando-Laguna La Nacha y Río Pánuco-Altamira.

#### 4.2.4.2 Costa centro oriental

Esta provincia tiene aproximadamente 675 km de línea de costa, abarcando casi todo el estado de Veracruz. Presenta un clima cálido-húmedo, con temperatura media anual entre los 22 y 26 °C, y precipitaciones que van de 1 000 a 1 500 mm en la porción norte y centro, y llegan hasta 3 000 mm hacia la porción meridional en el flanco costero de barlovento de la Sierra de los Tuxtlas.

Hacia el norte, la costa consiste en una amplia isla de barrera, que incluye la laguna de Tamiahua, cuyos sedimentos proceden del norte y del estuario del río Pánuco. Las costas acumulativas de playas bajas arenosas son del tipo más común, con 609.8 km de extensión, cuyo frente corresponde a la margen expuesta de las islas de barrera, a partir de la cual se encadenan las playas altas, los campos de dunas y antiguos cordones de playas separados del continente por marismas y esteros paralelos a la línea de costa.

Entre la laguna Verde y la Mancha predominan las costas mixtas de márgenes arenosas y rocosas, con oleaje de efecto abrasivo y acumulativo. Presenta tramos alternantes de salientes rocosas y bahías de escasa o corta entrante, pero de amplia extensión, formando playas bajas abiertas al mar y campos de dunas que se extienden por algunos kilómetros tierra adentro. Los aportes del río Tecolutla constituyen la principal fuente de sedimentos.

Al sur, en la región volcánica de los Tuxtlas, se encuentra otro trecho con costas mixtas. Las orillas rocosas son de taludes acantilados sujetos al oleaje directo con depósitos de escombros detríticos en la base del talud. Entre el estuario del río Cazones

y el del Nautla domina la expresión de playas bajas, en donde también es notable la degradación de las cuencas vertientes que reconocen al mar. Esto se refleja en el azolve que ha colmatado<sup>15</sup> los lechos de antiguos ambientes lacustres costeros, de forma tal que la costa de barrera se ha adosado a la margen continental y sólo se encuentra separada por un estero de disposición paralela a la costa, asociado con las planicies de inundación a lo largo de su trayectoria.

La subregión desde el río Actopan hasta el río Jamapa se caracteriza por una línea de costa baja arenosa, precedida de amplios campos de dunas costeras, donde dos terceras partes del área arenosa están parcialmente fijas debido a la colonización de vegetación del ambiente de dunas y pastizales inducidos. Estos paisajes se mantienen hasta Punta Chivos, a unos escasos kilómetros de la laguna Camaronera y de Alvarado, para dar lugar al complejo fluvio-lagunar del río Papaloapan. Este sistema está caracterizado por la alta concentración de escurrimientos continentales, favorecida por el fenómeno de subsidencia de esta cuenca marginal, originando extensas lagunas, humedales de manglar y ciénagas.

Debido a la compleja red de sistemas lagunares y estuarinos presentes en esta provincia, es posible discriminar aproximadamente 22 diferentes sistemas de humedales que, aunque similares en aspectos geomorfológicos, de clima y precipitación, cuentan con características distintivas evidentes. El sistema lagunar de Alvarado, localizado hacia la parte central de esta provincia y considerado un humedal típico de la región, fue seleccionado como sitio piloto.

#### 4.2.4.3 Costa centro sur

La costa meridional del golfo se extiende 370.3 km, desde la laguna del Ostión, ubicada al oeste de la ciudad de Coatzacoalcos, hasta la laguna de Términos, en Campeche. Su clima es cálido-húmedo, con precipitación anual de entre 1 500 y 2 500 mm. Esta provincia comprende los principales sistemas deltaicos y estuarinos de la costa del golfo, y tiene una influencia determinante en la zona marina adyacente

---

<sup>15</sup> Colmatar: rellenar una hondonada o depresión del terreno mediante sedimentación de materiales transportados por el agua.

debido al significativo aporte de agua dulce y sedimentos continentales, lo cual representa una fuente importante de terrígenos<sup>16</sup> y nutrientes. Las corrientes costeras se caracterizan por llevar una gran cantidad de sedimentos en suspensión, que al disiparse son depositados sobre la plataforma continental. El surtidor del delta del Mezcalapa constituye uno de los aportes de sólidos más importantes del Golfo de México.

La línea de costa es baja y arenosa, y su flanco frontal, junto con las bocanas, se extiende alrededor de unos 390 km, con islas de barrera formadas por la sucesión continua de cordones de playa. Estos cordones se extienden a lo largo de una franja costera de unos 250 km desde la desembocadura del río Tonalá hasta el complejo lagunar de Términos. El ancho de la franja de cordones es variable, toda vez que la barrera de las lagunas de Carmen y Machona comprende de 150 a 250 m de ancho, mientras que en las inmediaciones de la desembocadura de los ríos Grijalva-Mezcalapa-Usumacinta abarca una franja de 25 km de ancho.

La mayoría de estos cordones tiene de uno a tres metros de altura, y está separada por depresiones someras alargadas o “caños”, con anchura variable aproximada de 20 a 100 m de longitud. Estas depresiones están sujetas a inundación temporal o permanente, con un ambiente de vegetación emergente de pantano tular-popal. Además, se presentan marismas de manglar en aquellas zonas que tienen comunicación con el mar a través de esteros. La disposición espacial de los cordones facilitó la presencia de amplios ambientes lacustres atrás de la franja costera, formando extensas planicies de inundación, marismas y lagunas costeras de barrera, con una longitud de orillas de aguas protegidas de más de 739 km. Estos cuerpos de agua tienen una configuración alargada, con el eje mayor paralelo a la línea de costa.

El complejo deltaico tabasqueño constituye la margen de una cuenca geológica marginal al Golfo de México. Cuenta con un enorme espesor de sedimentos que se hallan en proceso de compactación tanto natural como inducido por la extracción de hidrocarburos. Ello origina la subsidencia de la estructura del terreno. Este fenómeno se traduce en el hundimiento de la superficie deltaica y origina un efecto análogo al

---

16 Dicho de un material: derivado por erosión de un área situada fuera de la cuenca de sedimentación, a la que llega en estado sólido mediante transporte.

del incremento del nivel del mar. El impacto principal es la destrucción por erosión de la línea de costa. El hundimiento del terreno propicia una mayor frecuencia y permanencia de las inundaciones, y un efecto de salinización de suelos y agua. Todo esto ocasiona la modificación y el remplazo de los ecosistemas dulceacuícolas por humedales costeros de aguas salobres, pues favorece los ambientes palustres y llanuras de inundación de marismas con manglar y de halófilas. A estas modificaciones se suma la mayor deficiencia del drenaje superficial.

En esta zona, el complejo deltaico Usumacinta-Grijalva marca claramente la frontera de sedimentos terrígenos costeros y carbonatados (cársticos). Los primeros se dirigen hacia el sur de Campeche, Tabasco y Veracruz, mientras que los segundos hacia el norte de Campeche y Yucatán. Esta característica se refleja no sólo en la granulometría de las playas, sino también en los ambientes sedimentarios de la plataforma continental. Se reconoce al sistema de laguna de Términos como el centro de esta frontera sedimentaria.

Para esta provincia se identificaron nueve sistemas de humedales, de los cuales dos fueron seleccionados como sitios piloto: el sistema de humedales de la cuenca baja del río Coatzacoalcos, en Veracruz, y el sistema lagunar Carmen, Pajonal y Machona, en Tabasco.

#### 4.2.4.4 Costa noroccidental de la Península de Yucatán

Esta región se extiende 650.3 km, cubriendo el flanco oriental de la cuenca del golfo. En Campeche, la costa se orienta con rumbo norte-sur; mientras que en Yucatán, la orientación es de este a oeste. Al circundar la península de Yucatán por el flanco marino del golfo, la línea de costa se eleva en tres grados de latitud. Desde el punto de vista climático se reconoce como otra región, pues durante todo el año la península está sujeta a la influencia de los vientos alisios del este y del noreste. En verano y otoño, la influencia más notoria es la de los ciclones tropicales y, en invierno, la de los "nortes". Estos frentes fríos presentan vientos húmedos y contribuyen a elevar el porcentaje de lluvia invernal (entre 5 y 10% de la total anual). El tipo climático representativo por su temperatura pertenece al cálido, con temperatura media anual entre los 22 y 26 °C.

La distribución de la precipitación pluvial muestra marcados gradientes pluviométricos, toda vez que la costa norte de Yucatán forma una franja entre Celestún y la laguna de Yalahau (Hol Box), con valores entre 600 y 800 mm. En la costa de Campeche la precipitación varía desde 800 mm en el norte hasta 1 300 mm en la laguna de Términos, ubicada en el sur. La costa, de composición de rocas calizas, en donde domina el carbonato de calcio, forma parte de la geología de la península de Yucatán, pues, aunada a una estructura tabular u horizontal, y a las condiciones de humedad, permite la presencia del modelo cárstico en el relieve. Uno de los rasgos más notables es la carencia de ríos, ya que el escurrimiento se lleva a cabo a través de una red subterránea de drenaje, la cual se manifiesta en la llanura costera a través de manantiales cársticos. El afloramiento del agua subterránea imprime condiciones particulares a las marismas de la zona costera.

La geomorfología de la costa noroccidental de Yucatán consta, en su mayoría, de planicies de playas bajas acumulativas, que forman el tramo frontal de las islas de barrera y se extienden por poco más de 608.6 km. El resto (37.2 km) está constituido de costas rocosas, lo que suma un total de 650.3 km de margen frontal.

Algunas playas arenosas, como Punta Celestún y Punta Arenas, están en proceso de crecimiento y expansión con sedimentación activa. Cabe mencionar que en el flanco de barlovento<sup>17</sup> se distinguen cordones de playa y flechas de arena en las inflexiones de la barrera. Dichas formas acumulativas son reelaboradas por el viento, formando playas y cordones de dunas; mientras que por el lado de sotavento<sup>18</sup> de la barrera se establece un ambiente de marisma con una franja de esteros, lagunas y planicies estrechas de inundación con manglar y parches de salitrales. Las orillas internas se desarrollan con una longitud de 941.2 km, superando fácilmente la costa frontal. Cabe reiterar que los innumerables parches de ambiente de marisma se repiten, pero ahora la margen del borde continental se extiende en un área mayor, en donde dominan el manglar y el pastizal inundable.

A lo largo de esta región se identificaron nueve sistemas de humedales costeros, de los cuales se seleccionó al sistema Los Petenes como sitio piloto.

---

17 Parte de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.

18 La parte opuesta a aquella de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.

#### 4.2.4.5 Costa del mar Caribe

La línea de costa caribeña se extiende 600 km desde la localidad de Cabo Catoche hasta la Bahía de Chetumal, siguiendo una dirección generalizada norte-sur hasta colindar con el territorio de Belice. Esta subprovincia fisiográfica contrasta y se diferencia de la del resto de Yucatán por su carácter climático de mayor humedad, además de contar con ciertas características geomorfológicas y oceanográficas distintivas. El clima es cálido subhúmedo, con lluvias en verano, y una precipitación media aproximada de 1 000 mm en el sector noreste (entre Playa del Carmen y Cabo Catoche), y de hasta 1 400 mm en el sur de la costa. Una diferencia natural de carácter regional de la costa del mar Caribe de México está dada por el emplazamiento de una barrera arrecifal coralina<sup>19</sup> que imprime al conjunto costero una estructura única en los componentes naturales. Dicha arquitectura consiste en una barrera de coral estrecha que se desarrolla por una distancia de alrededor de 1 000 km de longitud y que corre paralela a la línea de costa de todo el estado de Quintana Roo, partiendo desde Belice. La barrera se expone en el límite externo de la zona sublitoral<sup>20</sup>, siempre sumergida y raramente emergida, con una traza más o menos continua y ausente por cortos trechos. Forma parte de la segunda barrera arrecifal más extensa del mundo. La barrera absorbe, en su flanco frontal de barlovento, parte de la energía física del choque hidráulico del oleaje, que incide primordialmente del oriente. La configuración y topografía del medio acuático somero de laguna de barrera arrecifal controla la distribución del oleaje. De esta forma, la porción frontal recibe el oleaje del mar abierto con mayor energía física, mientras que en el lado interno a sotavento, éste se filtra y amortigua, excepto en las bocas o cercenaduras de la barrera arrecifal, en donde se generan fuertes corrientes.

El hecho de no contar con una fuente continental de aporte de sedimentos importante no impide una serie de procesos de sedimentación a nivel de fondo, pues la fuente está asegurada de la deriva de las corrientes de playa que provienen de las costas de

---

19 Barrera formada de arrecifes de coral. Es un ecosistema muy frágil que precisa de aguas claras, con baja cantidad de nutrientes.

20 Es la parte más profunda de la playa, por debajo del nivel de marea, y da paso gradualmente a la plataforma interna. Es una zona típicamente marina y muy rica en vida.

Centroamérica, flanqueando la barrera. La superficie de la península carece de drenaje fluvial superficial, pero en cambio se tiene un drenaje subterráneo importante, de ahí que el relieve cárstico sea la expresión típica de la planicie ondulada, entre las que se cuentan toda clase de sumideros, dolinas y formas conjugadas de absorción.

Otro rasgo distintivo es el de la planicie costera, cuya estructura geomorfológica es de amplios cordones de playa consolidados, cubiertos con un manto de arenas sueltas. Por la expresión del relieve, se puede considerar que la primera parte de la costa, entre Cabo Catoche y Cancún, es dominada por cordones arenosos de dunas y de playa.

En resumen, el marco ambiental se caracteriza por poseer alta energía física (corrientes, oleaje), aguas claras, sedimentos arenosos, columna de agua bien oxigenada y alta salinidad. En consecuencia, hay una alta diversidad de conexiones o interacciones tanto internamente como con los sistemas vecinos.

A partir de la playa se presenta un cordón arenoso que varía entre 3 y 4 m de altura, exhibe una vegetación clásica de dunas y palmas sobre el flanco de barlovento, con presencia de matorral arbustivo y pastizal sobre sotavento. En dirección terreno adentro se localizan las tierras bajas con planicies de inundación, que incluyen manglar o vegetación palustre de popal-tular y cuerpos de agua aislados. Estos cuerpos, al volver a ascender, alcanzan entre unos 4 y 7 m del nivel correspondiente a la terraza costera. Se interpreta como una planicie ondulada de playas antiguas, ahora pobladas con selva baja y mediana subperenifolia.

En esta provincia se identificaron 16 sistemas de humedales costeros, de los cuales se seleccionaron como sitios piloto el Sistema Lagunar Nichupté y el Sistema Lagunar Boca Paila.

#### **4.2.5 FACTORES GENERADORES DE CAMBIO EN LA ZONA COSTERA DEL GOLFO DE MÉXICO**

Algunos de los recursos pesqueros de mayor valor presentes en la plataforma continental nerítica<sup>21</sup> del Golfo de México dependen de la integridad ecológica de los

---

21. Dicho de una zona marítima: correspondiente a la plataforma continental.

ecosistemas costeros, incluyendo sus aguas y hábitats (*i.e.*, descarga de ríos, superficie de lagunas costeras y estuarios, cobertura vegetal, dinámica ecológica estuario-mar, turbidez, y carga orgánica e inorgánica, entre otros). Estos sistemas son ricos en especies herbáceas y leñosas, y son un componente prioritario de la integridad ecológica y la estructura funcional de la zona costera. La biodiversidad y cobertura de vegetación son importantes indicadores de la salud y evolución de los humedales costeros del Golfo de México, pues en ellas se refleja el impacto antropogénico. Entre los de mayor efecto están la alteración del ciclo hidrológico, la expansión de la frontera agropecuaria, la introducción de malezas y especies exóticas, y los efectos del cambio climático global, que aumentan la vulnerabilidad de los humedales.

La evaluación de los factores generadores de cambio en los humedales costeros del Golfo de México se realizó teniendo como insumo la apreciación teórica del *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) sobre humedales y bienestar humano. A partir de este análisis se presenta a continuación un desglose de los factores relacionados con la zona bajo estudio.

Los factores generadores de cambio en los humedales costeros del Golfo de México pueden ser de dos tipos. Por una parte existen los factores naturales: fenómenos meteorológicos o geológicos que modifican de forma irreversible en el corto y mediano plazos las condiciones de estos ambientes (huracanes, tormentas, terremotos y erupciones volcánicas, entre otros). Estos factores pueden afectar la configuración de la línea de costa, las coberturas de vegetación y, en ocasiones, incluso los parámetros fisicoquímicos de las zonas de humedales. Entre ellos pueden incluirse de forma directa aquellos relacionados con el cambio climático global<sup>22</sup>.

El segundo tipo de factores generadores de cambio está representado por los antropogénicos, que son aquellos relacionados con los efectos de las actividades humanas sobre el ambiente. Los humedales son utilizados como fuente de insumos de materia y energía para generar bienes, depositarios finales de los desechos de las actividades humanas o bien solamente como medios de comunicación (puertos). Estos factores pueden afectar los ecosistemas ya sea de forma directa (por ejemplo,

---

22. Cabe aclarar que el término Cambio Climático Global incluye el efecto de los factores antropogénicos sobre el planeta, aunque estos cambios se manifiestan como factores naturales.

por la extracción de recursos) o indirecta (por ejemplo, en la modificación de los flujos de agua, lo que genera variaciones en la sedimentación).

Desde una aproximación basada en datos bibliográficos, teóricos y fundamentados en análisis de percepción remota, en los humedales costeros del Golfo de México es posible establecer la presencia de ambos tipos de generadores de cambio. Es incluso factible distinguir, con base en consultas a expertos, la forma en que éstos afectan a cada uno de los sitios piloto. Para ello es conveniente diferenciar los dos tipos de factores y así determinar ante cuáles es posible realizar acciones preventivas o correctivas (factores antropogénicos), y ante cuáles solamente se pueden tomar medidas defensivas y, en ocasiones, correctivas (factores naturales). Esto permite tener una mayor claridad sobre el tipo de acciones a tomar y su efectividad, si se quiere modificar el estado actual de los sitios prioritarios.

El cuadro 2 presenta algunos factores de tipo natural que generan cambios en los humedales costeros del Golfo de México, desde un enfoque teórico.

**Cuadro 2. Factores naturales generadores de cambio.**

Factores naturales generadores de cambio
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cambios en el nivel del mar.</li><li>• Cambios en el aporte de agua dulce.</li><li>• Aumento en la temperatura del agua.</li><li>• Aumento en la temperatura del aire.</li><li>• Cambios en los patrones de viento.</li><li>• Cambios en los patrones de lluvia.</li><li>• Aumento en la frecuencia y severidad de las inundaciones.</li><li>• Mayor incidencia de huracanes y tormentas.</li><li>• Asolvamiento de cuerpos de agua por exceso de sedimentos.</li></ul>

Los factores antropogénicos generadores de cambio en los humedales costeros del Golfo de México pueden ser desglosados en tres subtipos, de acuerdo con el uso que se hace de los recursos del humedal: extracción de recursos, depósito de residuos o uso de espacio físico. El cuadro 3 presenta algunos de ellos, desde un enfoque teórico.

Cuadro 3. Factores antropogénicos generadores de cambio.

Extracción de recursos	Depósito de desechos	Cambios en el uso de suelo (fragmentación o pérdida de hábitat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tala y deforestación.</li> <li>• Uso de métodos de pesca destructivos.</li> <li>• Minería (petróleo).</li> <li>• Pesca artesanal no sustentable.</li> <li>• Pesca industrial no sustentable.</li> <li>• Extracción y tráfico ilegal de especies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasión intencional de especies exóticas.</li> <li>• Invasión accidental de especies exóticas.</li> <li>• Eutrofización por exceso de aportes ricos en nitrógeno y fósforo.</li> <li>• Contaminación por tóxicos y patógenos.</li> <li>• Contaminación por hidrocarburos.</li> <li>• Contaminación por desechos sólidos.</li> <li>• Aguas residuales domésticas e industriales.</li> <li>• Contaminación sónica (ruido).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo urbano.</li> <li>• Desarrollo de infraestructura para acuicultura.</li> <li>• Desarrollo portuario industrial, mercantil o turístico.</li> <li>• Actividades agropecuarias.</li> </ul>

La propensión de cada sitio a sentir los efectos de alguno de estos factores está determinada por su cercanía con los centros de población, el valor económico de los recursos encontrados, las características de la zona costera donde se encuentra y las políticas de desarrollo implementadas.

## 4.3 Diagnóstico hidrológico de la zona costera del Golfo de México

Pedro Hipólito Rodríguez *et al.*

### 4.3.1 INTRODUCCIÓN

En una región hidrológica existen dos zonas críticas de importancia ecológica y social, estrechamente interconectadas: la terrestre y la marina<sup>1</sup>. La primera de ellas está integrada por la cuenca alta, las planicies costeras y la zona intermareal. La segunda, por el litoral costero y la zona marina.

Al examinar cada una de las zonas que componen una región hidrológica se consideran sus respectivas unidades funcionales. En la zona terrestre se reconocen tres de ellas:

1. La cuenca alta o zona de producción es una auténtica “caja negra” controladora de los insumos primarios del ecosistema fluvial, donde el agua, los sedimentos, la materia orgánica particulada, y los materiales y minerales disueltos fluyen de las montañas hacia los canales, al valle aluvial y a la desembocadura.
2. La zona de transferencia o transporte está integrada por la red de ríos que la constituyen, y es por donde se transportan los materiales, minerales y nutrientes.
3. La zona de almacenamiento o zona costera juega un papel de importancia vital por su alta productividad biológica. En ella, los materiales se depositan y retienen, resultando disponibles en forma de nutrientes y alimentos para los numerosos seres vivos que la pueblan, incluidas las sociedades humanas<sup>2</sup>.

---

1 Toledo, 2003.

2 Ídem 1.

La región marina se compone de dos unidades funcionales. El litoral costero es un área cubierta de agua en forma permanente y sujeta a condiciones cambiantes por el flujo de las mareas. La zona marina es una porción delimitada generalmente por el borde externo de la plataforma continental. Sus masas de agua tienen la doble influencia de las aguas dulces continentales y las aguas marinas transportadas por las corrientes oceánicas.

Estas diferentes porciones de una región hidrológica se conectan espacial y temporalmente por flujos de materiales, energía y biota<sup>3</sup>. Como muestra Palma (2006), el litoral es una línea donde se manifiesta un complejo juego de interacciones entre el mar y los sistemas terrestres. Los humedales son los sitios donde suceden tales interacciones.

Actualmente se reconoce la importancia de los humedales por los bienes y servicios que proporcionan a la sociedad. Como parte del sistema hidrológico de las cuencas, los humedales almacenan y regulan los flujos de las aguas superficiales y subterráneas, y contribuyen a su calidad por la filtración de sedimentos y sustancias químicas. También fungen como protección de las zonas costeras, y contribuyen al control de inundaciones y reducción de los impactos de huracanes.

Sin embargo, en México muchos de estos ecosistemas enfrentan un grave deterioro por la extracción y contaminación de sus aguas, la desecación para la construcción de infraestructura urbana o turística, y su conversión a usos productivos (agrícolas, acuícolas y pecuarios). Su sobreexplotación continuará conforme aumente la demanda de agua para los diferentes usos humanos. Por lo tanto, es indispensable definir estrategias y políticas que consideren su identificación, delimitación, preservación, protección y restauración, y que promuevan el uso racional de sus recursos<sup>4</sup>. La figura 1 muestra los principales sistemas del Golfo de México.

### **4.3.2 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Para administrar sus funciones, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha dividido el territorio mexicano en regiones hidrológicas administrativas (que contienen más

---

<sup>3</sup> Ídem 1.

<sup>4</sup> CONAGUA-CONACYT, 2006.

de una región hidrológica) y subregiones hidrológicas (las cuales también contienen más de una cuenca hidrológica). El área de estudio comprende las cuencas hidrológicas de las vertientes del Golfo de México y mar Caribe. Esta zona se compone de 14 subregiones hidrológicas, contenidas en diez regiones hidrológicas y cinco regiones administrativas, con una superficie total de 47 497 410.46 ha (474 974.11 km<sup>2</sup>). El rango altitudinal es amplio, desde 0 hasta 5 600 msnm.

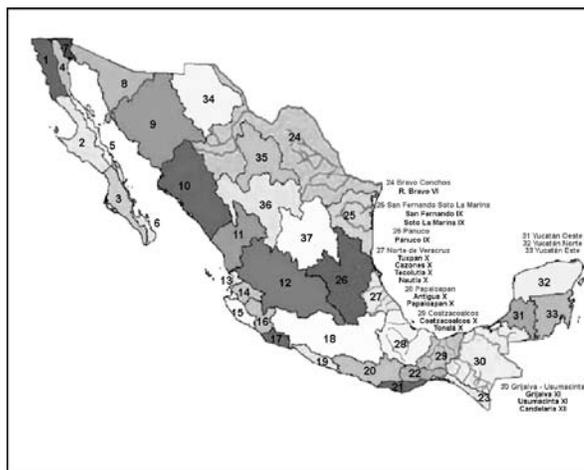
Figura 1. Principales lagunas y esteros del Golfo de México.



Fuente: Zárate *et al.*, 2004.

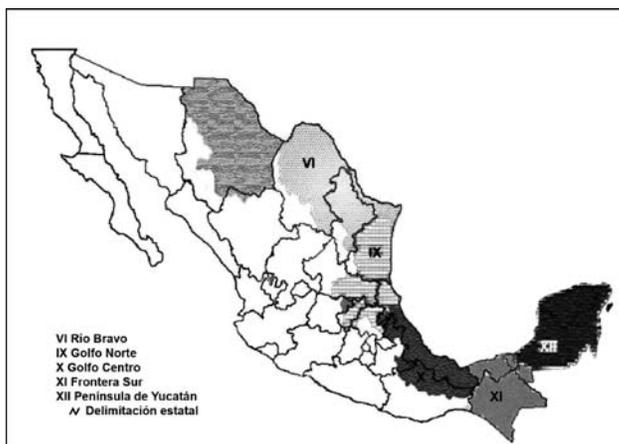
El presente análisis se realiza a escala de región hidrológica y región administrativa, con base en la información disponible de la CONAGUA, y abarca 17 estados de la república mexicana (figuras 2 y 3). Para producir datos más precisos, en los estudios futuros deberán contemplarse sólo aquellas cuencas que desembocan en el Golfo de México y realizar el balance hidrológico con mayor detalle.

Figura 2. Regiones hidrológicas y principales ríos que desembocan en el Golfo de México.



Fuente: modificado de CONAGUA, 2005.

Figura 3. Regiones hidrológicas administrativas de la CONAGUA en la vertiente del Golfo de México.



Fuente: modificado de CONAGUA, 2005.

### 4.3.3 BALANCE HIDROLÓGICO POR REGIÓN ADMINISTRATIVA Y REGIÓN HIDROLÓGICA

El balance hidrológico permite estimar la disponibilidad de agua en cuencas y regiones hidrológicas. Para ello, se consideran las necesidades de agua de las diferentes actividades productivas y los caudales ecológicos necesarios para garantizar la preservación de las funciones y los servicios de los ecosistemas. La relación fundamental para llevar a cabo este balance es la ecuación de continuidad. El principio de continuidad consiste básicamente en cuantificar las entradas y salidas de agua en la cuenca, así como su cambio de almacenamiento<sup>5</sup>, de acuerdo con la siguiente ecuación<sup>6</sup>:

$$P=Q + ETR \pm DS \quad (1)$$

Donde:

$P$  es la precipitación (o el agua que cae en la cuenca).

$ETR$  es la evapotranspiración real (o el agua que regresa a la atmósfera por evaporación directa y por transpiración de la vegetación).

$Q$  es la cantidad de agua que escurre por la superficie y converge a través de la red de drenaje hasta alcanzar los cauces principales.

$\Delta S$  es el cambio en el almacenamiento del sistema y puede ser subterráneo (por el agua infiltrada en los acuíferos) o superficial (por el agua que llega a lagos, lagunas o esteros).

Todos estos valores tienen un componente temporal (anual o mensual) y se presentan en los cuadros 2 y 4 para las distintas regiones administrativas e hidrológicas del área de estudio, respectivamente.

La ecuación del balance hidrológico puede ser muy compleja o muy simple, dependiendo de la cantidad de información disponible y de la escala espacial del área de estudio. Un balance hidrológico por regiones o subregiones hidrológicas representa

---

5 Lafragua et al., 2003.

6 Fernández, 1996.

la disponibilidad de agua a una escala muy grande y no permite identificar las necesidades de agua para una cuenca en particular; se usan ecuaciones simples, utilizando información promedio anual de las variables en cuestión. En los siguientes cuadros se describen las características principales de las regiones hidrológicas y administrativas en la vertiente del Golfo de México: extensión territorial, precipitación, temperatura media anual y escurrimiento medio superficial. Los cálculos del balance hidrológico se realizaron a partir de estos datos.

**Cuadro 1. Características de las regiones hidrológicas administrativas.**

Región hidrológica	Extensión territorial continental (km <sup>2</sup> )	Precipitación media anual (1941-2004) (mm)	Temperatura media anual (°C)	Escurrimiento natural medio superficial interno (hm <sup>3</sup> )
VI. Río Bravo	379.6	414	19.7	8 962
IX. Golfo Norte	127.2	816	19.9	22 070
X. Golfo Centro	104.6	1 891	22.0	98 930
XI. Frontera Sur	101.8	2 260	24.0	139 839
XII. Península de Yucatán	137.8	1 163	25.9	4 330

hm<sup>3</sup>: hectómetro cúbico; 1 hm<sup>3</sup> = 1 000 000 m<sup>3</sup>.

Fuente: modificado de CONAGUA, 2005.

**Cuadro 2. Balance hídrico de las regiones hidrológicas administrativas en la vertiente del Golfo de México.**

Región	Precipitación	Escurrimiento	ETR	ΔS
	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>
VI. Río Bravo	157.15	8 962	155.29	-8 960.1
IX. Golfo Norte	103.80	22 070	88.71	-22 055
X. Golfo Centro	197.80	98 930	118.82	-98 851
XI. Frontera Sur	230.07	139 840	134.70	-139 740
XII. Península de Yucatán	160.26	4 330	140.02	-4 309.8

Fuente: modificado de CONAGUA, 2005.

Cuadro 3. Características de las regiones hidrológicas del Golfo de México y mar Caribe.

Región hidrológica	Extensión territorial continental (km <sup>2</sup> )	Precipitación media anual 1941-2003 (mm)	Escorrentamiento natural medio superficial interno (hm <sup>3</sup> )	Importaciones (+) o exportaciones (-) de otros países (hm <sup>3</sup> )
24. Bravo-Conchos	229 740	422	7 398	- 432
25. San Fernando-Soto La Marina	54 961	666	4 236	
26. Pánuco	96 989	942	19 087	
27. Norte de Veracruz	26 592	1 575	16 034	
28. Papaloapan	57 355	1 809	50 887	
29. Coatzacoalcos	30 217	2 269	44 141	
30. Grijalva-Usumacinta	102 465	1 903	73 467	44 080
31. Yucatán Oeste	25 443	1 196	591	
32. Yucatán Norte	58 135	1 064	0	
33. Yucatán Este	38 308	1 243	1 125	864
<b>Nacional</b>	<b>1 959 248</b>	<b>772</b>	<b>347 080</b>	<b>49 312</b>

hm<sup>3</sup>: hectómetro cúbico; 1 hm<sup>3</sup> = 1 000 000 m<sup>3</sup>.

Fuente: modificado de CONAGUA, 2005.

Cuadro 4. Balance hídrico de las regiones hidrológicas en la vertiente del Golfo de México.

Región hidrológica	Precipitación hm <sup>3</sup>	Escorrentamiento hm <sup>3</sup>	ETR hm <sup>3</sup>	ΔS hm <sup>3</sup>
24. Bravo-Conchos	96 950	7 398	95 573	-6 020.3
25. San Fernando-Soto La Marina	36 604	4 236	32 610	-241.96
26. Pánuco	91 364	19 087	78 219	-5 942.4
27. Norte de Veracruz	41 882	16 034	27 658	-1 809.7
28. Papaloapan	103 760	50 887	62 111	-9 242.8
29. Coatzacoalcos	68 562	44 141	40 031	-15 610
30. Grijalva-Usumacinta	194 990	73 467	127 730	-6 210.6
31. Yucatán Oeste	30 430	591	26 753	3 085.4
32. Yucatán Norte	61 856	0	55 154	6 701.3
33. Yucatán Este	47 617	1 125	40 511	5 980.4

Fuente: modificado de CONAGUA, 2005.

## 4.3.4 DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO POR REGIÓN ADMINISTRATIVA

El análisis por región hidrológica que se presenta a continuación se fundamenta, principalmente, en los programas hidráulicos regionales 2002-2006, publicados por la Comisión Nacional del Agua.

### 4.3.4.1 Región VI. Río Bravo

La Región VI Río Bravo tiene una extensión administrativa de 379 604 km<sup>2</sup> (cerca del 20% del territorio nacional). Cuenta con una superficie hidrológica de más de 388 212 km<sup>2</sup> y está compuesta de cuatro regiones hidrológicas: Bravo-Conchos, San Fernando-Soto La Marina (parcial), Cuencas Cerradas del Norte y Mapimí.

La región se sitúa al norte del Trópico de Cáncer, en la zona extratropical, por lo que registra escasas precipitaciones. La precipitación es casi exclusivamente de verano, con lluvias aisladas, intensas y de corta duración, y de mayor frecuencia en las zonas montañosas. La precipitación se debe a movimientos convectivos por la invasión de aire húmedo proveniente del Golfo de México y la entrada de los vientos alisios sobre la altiplanicie mexicana. El periodo de lluvias comprende los meses de junio a octubre y el periodo de estiaje, de noviembre a mayo, siendo marzo el mes más seco y septiembre el más lluvioso. Durante el invierno, la zona se encuentra influenciada por los vientos secos provenientes del oeste, por lo que la precipitación es escasa y en algunas ocasiones se presenta en forma de nieve en las partes altas. Por su parte, la porción oriental de la región recibe un porcentaje de lluvia invernal mayor, como resultado de la presencia de "nortes".

Los tipos de clima son templado y semifrío, en las partes más elevadas de la altiplanicie; semicálido, hacia la costa oriental, y seco, en la altiplanicie mexicana, el cual domina en la región. La temperatura es elevada en las planicies y fresca en las zonas altas del altiplano. Cabe destacar que ésta es una de las regiones del país con mayores extremos en la variación de la temperatura.

La evaluación de las demandas de agua de los distintos sectores socioeconómicos ha mostrado que en la región Río Bravo se está llegando al límite de la oferta del

recurso hídrico. Se estima, incluso, que la disponibilidad natural en ciertas zonas ha sido rebasada, como lo muestra el estado de sobreexplotación de varios acuíferos<sup>7</sup>.

#### 4.3.4.2 Región IX. Golfo Norte

La Región IX, Golfo Norte abarca una superficie de 127 138 km<sup>2</sup>, lo cual representa 6.5% del territorio nacional. Para efectos de planeación, la región ha sido dividida en tres subregiones hidrológicas: San Fernando, Soto-La Marina y Pánuco. Éstas abarcan, respectivamente, el 11, 22 y 67% de la superficie total regional. El cuadro 5 muestra sus características.

**Cuadro 5. Subregiones hidrológicas de planeación en la Región IX. Golfo Norte.**

Subregión hidrológica	Municipios	Superficie municipal (km <sup>2</sup> )	Población (habitantes)	Número de cuencas	Superficie hidrológica (km <sup>2</sup> )
San Fernando	5	13 750	71 897	1	17 905
Soto La Marina	12	27 863	425 848	1	24 794
Pánuco	137	85 525	4 238 224	5	84 956
<b>Total</b>	<b>154</b>	<b>127 138</b>	<b>4 735 969</b>	<b>7</b>	<b>127 655</b>

Fuente: Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región IX, Golfo Norte, CONAGUA, 2003b.

La región se caracteriza por un relieve que varía desde zonas planas y de lomerío suave, en la planicie costera, hasta las serranías de gran altitud y pendiente abrupta de la Sierra Madre Oriental. Estos gradientes propician una gran diversidad de flora y fauna, que se ven amenazados por uno de los principales problemas de la región: la deforestación. La región presenta una alta incidencia ciclónica, lo que causa severas inundaciones en las partes bajas, pone en situaciones de riesgo a las poblaciones y genera daños en las áreas productivas. Las sequías también son comunes.

Las características climáticas presentan una gama muy amplia: desde clima semicálido con invierno benigno en la cuenca del río San Fernando, hasta semicálido-subhúmedo con lluvias en verano, en la cuenca del río Soto La Marina. En la cuenca

<sup>7</sup> CONAGUA, 2003a.

del río Pánuco, el clima varía de semiseco a templado subhúmedo con lluvias en verano. El 70% de la precipitación se concentra en el periodo de junio a octubre.

Para usos consuntivos se aprovechan 5 370 hm<sup>3</sup>: 512 hm<sup>3</sup> para uso público-urbano (9.5%), 4 513 hm<sup>3</sup> para el sector agrícola (84%), y 345 hm<sup>3</sup> (6.4%) para la industria (ver cuadro 6). Del total extraído, 1 458 hm<sup>3</sup> corresponden a aguas subterráneas y 3 912 hm<sup>3</sup> se aprovechan de aguas superficiales. Adicionalmente se extraen 1 655 hm<sup>3</sup> de agua para la generación de energía en hidroeléctricas; sin embargo, se considera como un uso no consuntivo.

**Cuadro 6. Resumen de usos del agua por región hidrológica en la Región IX. Golfo Norte (hm<sup>3</sup>).**

Subregión	Agrícola y pecuario	Público-urbano	Industrial	Suma
San Fernando	25.4	7.5	0.1	33
Soto La Marina	941.6	71.5	0.9	1 014
Pánuco	3 546.0	133.0	344.0	4 323
<b>Total</b>	<b>4 513</b>	<b>512</b>	<b>345</b>	<b>5 370</b>

Fuente: Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2020 de la Región IX. Golfo Norte, CONAGUA, 2000a.

Respecto a la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, la Región IX, Golfo Norte sufre fuertes rezagos, sobre todo en ciudades urbanas medias y en las zonas rurales. Cada año se generan alrededor de 120 hm<sup>3</sup> de aguas residuales municipales, 271 hm<sup>3</sup> de aguas residuales industriales y 246 mil toneladas de contaminantes, medidos como carga orgánica (DBO)<sup>8</sup>. De esta carga contaminante, sólo se remueve el 9%.

Los métodos de riego son tradicionales en la mayor parte de los distritos y unidades de riego; la eficiencia promedio en el uso del agua se estima en un 45%. Dado que la agricultura consume cerca del 85% del agua extraída, es urgente implementar medidas para mejorar las eficiencias y así liberar importantes volúmenes para otros usos.

#### 4.3.4.3 Región X. Golfo Centro

La Región X, Golfo Centro cubre una extensión de 104 631 km<sup>2</sup> (5% del territorio nacional). Para efectos de planeación, ha sido dividida en seis subregiones de acuerdo con sus condiciones hidrológicas (cuadro 7).

<sup>8</sup> Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Cuadro 7. Subregiones de planeación, Región X. Golfo Centro.

Consejo de cuenca	Subregión	Municipios	Superficie municipal (km <sup>2</sup> )	Población (hab.)	Núm. de cuencas	Superficie hidrológica
Tuxpan al Jamapa	Norte	109	23 023	2 753 339	7	22 710
	Centro	63	10 509	2 212 972	4	10 085
Papaloapan	La Cañada	80	12 240	637 801	2	11 088
	Medio Papaloapan	96	16 506	707 009	5	18 379
	Bajo Papaloapan	63	18 777	1 789 726	5	16 324
Coatzacoalcos	Coatzacoalcos	32	23 576	1 116 070	7	28 103
<b>Regional</b>		<b>443</b>	<b>104 631</b>	<b>9 216 917</b>	<b>30</b>	<b>106 689</b>

Fuente: Censo definitivo 2000, con población proyectada a diciembre con tasas del CONAPO y Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025.

Las características climáticas presentan una gama muy amplia: desde climas cálidos húmedos, en las zonas costeras de las cuencas, hasta fríos secos en las partes altas de la cuenca del río La Antigua. La precipitación media anual es de 1 823 mm, y puede variar desde 500 mm en la porción occidental (en las zonas de Perote y Tehuacán) hasta más de 4 000 mm en sitios cercanos a Tuxtepec (Oaxaca), Cuetzalan (Puebla) y Catemaco (Veracruz). El 77% de la precipitación se concentra en el periodo de junio a octubre. La evaporación potencial es de aproximadamente 853 mm al año.

La región se encuentra expuesta a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos que producen inundaciones. Se dan aproximadamente diez eventos ciclónicos al año, y cada tres o cuatro años, en promedio, uno de ellos causa severos daños. Por su lado, las sequías afectan con un periodo de recurrencia aproximado de diez años. Las pérdidas económicas por la sequía que se presentó en el año 2002 se estimaron en setenta millones de pesos.

Para usos consuntivos se aprovechan 4 580 hm<sup>3</sup>. Del volumen total, 730 hm<sup>3</sup> se destinan al uso público urbano, 1 772 hm<sup>3</sup> al sector agrícola, 1 703 hm<sup>3</sup> a la industria y 375 hm<sup>3</sup> a otros usos. Del total extraído, 3 857 hm<sup>3</sup> corresponden a aguas superficiales y 723 hm<sup>3</sup> a aguas subterráneas. Estos datos se pueden apreciar en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Resumen de usos del agua por sector usuario (hm<sup>3</sup>).**

Sector	Superficial	Subterráneo	Total
Público-urbano	471	259	730
Agrícola	1 431	341	1 772
Industrial	1 609	94	1 703
Otros	346	29	375
<b>Regional</b>	<b>3 857</b>	<b>723</b>	<b>4 580</b>

Fuente: CONAGUA, 2003c, Gerencia Regional X. Golfo Centro.

La región tiene fuertes rezagos en cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, pues ocupa el último lugar nacional en agua potable y el décimo primero en alcantarillado. El mayor problema se localiza en comunidades rurales y en la subregión Medio Papaloapan.

El sector agrícola utiliza el 39% de las extracciones totales. De esta cifra, 81% corresponde a fuentes superficiales y 19% a subterráneas. Los métodos de riego son tradicionales en su mayoría, y la eficiencia promedio en el uso del agua se estima en 39% en distritos y 45% en unidades de riego. Dada la magnitud de los volúmenes ocupados en el riego, aumentos modestos en la eficiencia de los sistemas de conducción, distribución y aplicación del agua permitirían liberar volúmenes apreciables para otros usos en diversas regiones.

El sector industrial utiliza el 37% de las extracciones, de las cuales 94% corresponden a fuentes superficiales y 6% son subterráneas. Se estima que un 70% de la industria se autoabastece y el resto obtiene agua de las redes municipales. Las industrias instaladas en la región son de alto consumo de agua: azucarera, celulosa y papel, acero, textil, alimentos y bebidas, química y petroquímica.

La mayoría de los ríos que cruzan por los principales centros de población reciben descargas de aguas residuales, generalmente sin tratar, así que el grado de contaminación limita el aprovechamiento del recurso. El sector público urbano produce 394 hm<sup>3</sup> de aguas residuales al año y únicamente se tratan 25 hm<sup>3</sup>. Existe una red de monitoreo de contaminación en los ríos y se ha podido determinar que se vierten alrededor de 246 mil ton/año de DBO en los diferentes cuerpos de agua de esta región. En total se generan 1 550 hm<sup>3</sup> de aguas residuales, de los cuales el sector industrial aporta el 75%, el municipal el 22% y el resto los otros sectores.

Para generación de energía en hidroeléctricas se utilizan 18 900 hm<sup>3</sup>, los cuales son considerados como uso no consuntivo. En las 16 plantas de generación de energía existentes se produce el 13.2% del total nacional, mediante diez hidroeléctricas, cinco termoeléctricas y una nucleoeléctrica. Estas últimas utilizan agua en sus sistemas de enfriamiento.

#### 4.3.4.4 Región XI. Frontera Sur

La Región XI, Frontera Sur tiene una extensión territorial de 101 813 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 5.19% del territorio nacional. Está integrada por tres de las regiones hidrológicas con mayores escurrimientos del país: costa de Chiapas, ríos Grijalva y Usumacinta y, en forma parcial, Coatzacoalcos. De esta última, sólo la parte tabasqueña de la cuenca del río Tonalá pertenece a la región.

El clima es predominantemente cálido-húmedo, con una temperatura media de 24 °C y precipitación media anual de 2 300 mm. En algunas zonas de la sierra chiapaneca, la lámina de precipitación rebasa los cuatro mil milímetros.

La disponibilidad total de agua en la región Frontera Sur es de 165.5 km<sup>3</sup> (miles de millones de m<sup>3</sup>), de los cuales, el 90% proviene de fuentes superficiales y el 10% restante de fuentes subterráneas. Esta región se caracteriza por ser la de mayor escurrimiento del país, con 151.7 km<sup>3</sup>. Tal cantidad incluye 48.8 km<sup>3</sup> que escurren de las cuencas altas de los ríos Grijalva y Usumacinta en el territorio de la República de Guatemala. A pesar del enorme potencial hidrológico (los usos consuntivos representan apenas el 1% de la disponibilidad total del recurso), la distribución espacial y temporal



la frontera agrícola, actividades pecuarias y la tala inmoderada de especies maderables. El resultado es la pérdida de suelo por erosión y disminución de su fertilidad, el asolvamiento de cauces y obras hidráulicas, y el incremento de la vulnerabilidad ante inundaciones. Por último, la contaminación del agua es producto de las descargas de aguas residuales de los centros urbanos, agrícolas e industriales, y de la disposición inadecuada de desechos sólidos, lo cual limita la disponibilidad del recurso.

Del escurrimiento total regional se aprovechan alrededor de 1 300 hm<sup>3</sup>. De esta cantidad, 69% se utiliza con fines agrícolas, 23% para el uso público-urbano y el 8% restante, en la industria. Por otra parte, se han identificado 25 acuíferos, con una recarga anual de 2 400 hm<sup>3</sup> y una extracción de 526 hm<sup>3</sup>. El destino de aprovechamiento del agua subterránea es 56% para uso agrícola, 15% para el público-urbano y el 29% restante para la industria.

El volumen de los usos no consuntivos es de 49.34 km<sup>3</sup>, utilizado en su totalidad para la generación de energía eléctrica. La generación de energía se realiza en las siete presas hidroeléctricas del estado de Chiapas, entre las que destaca el sistema hidroeléctrico del Grijalva: Chicoasén, Malpaso, La Angostura y Peñitas. La capacidad instalada de generación es de 3 928 MW, que representa el 39% de la capacidad de generación en plantas hidroeléctricas del país y el 11% de la capacidad total instalada nacional.

#### 4.3.4.5 Región XII. Península de Yucatán

La Región XII, Península de Yucatán tiene una superficie de 137 795 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 7% del territorio nacional. Para efectos de planeación, la región está dividida en tres subregiones: Candelaria, Poniente y Oriente. En el cuadro 9 se presenta la superficie ocupada por cada subregión en los tres estados de la península.

La región se encuentra ubicada en la franja tropical; presenta un clima cálido con lluvias en verano de dos tipos: el semiárido en la zona costera del estado de Yucatán y el cálido en el resto de la península. Este último varía desde seco hasta subhúmedo. En las variaciones climáticas se distinguen dos épocas muy marcadas: la de lluvias, que incluye los fenómenos extremos como huracanes y tormentas tropicales (de mayo a octubre), y la temporada de "nortes" (de noviembre a abril).

**Cuadro 9. Superficie en km<sup>2</sup> por entidades y subregión de planeación.  
Región XII. Península de Yucatán.**

Subregión	Campeche	Yucatán	Quintana Roo	Total
Candelaria	18 910	0	0	18 910
Poniente	36 679	0	0	36 679
Oriente	0	39 671	42 535	82 206
Total	55 589	39 671	42 535	137 795
% regional	40.34	28.79	30.87	100

Fuente: Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región XII, Península de Yucatán, CONAGUA. 2003d.

La temperatura media anual en la subregión Candelaria es de 26.6 °C, en la Poniente de 25.7 °C y en la Oriente de 25.6 °C. Los valores más elevados se presentan de mayo a agosto. Los registros de lluvias anuales van desde los 458 mm en la costa norte de Yucatán a los 1 615 mm en la cuenca del río Chumpán, en el sur de Campeche. La precipitación media anual de la región es de 1 157 mm. La evapotranspiración real corresponde a 88% del volumen de lluvia.

La conformación de la Región XII, Península de Yucatán es distinta a la del resto del país, pues en ella no aparecen montañas, grandes elevaciones de terreno o escurrimientos superficiales de importancia. Las cuencas de la península de Yucatán prácticamente carecen de ríos o arroyos. El agua se infiltra a través del suelo poroso o por medio de sumideros, lo que origina un solo manto subterráneo de movimiento lento: el acuífero de Yucatán.

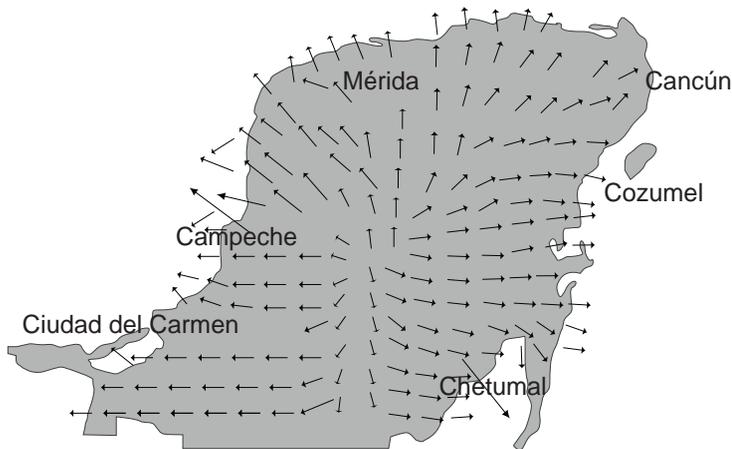
Los pocos escurrimientos superficiales existentes alcanzan un volumen promedio anual de 4 394.87 hm<sup>3</sup> y se concentran en las subregiones que comprenden el estado de Campeche y el sur de Quintana Roo. En el resto de la región, los arroyos o corrientes son intermitentes y normalmente descargan en sumideros que funcionan cuando tienen suficiente carga hidráulica.

El acuífero de Yucatán es la principal fuente de agua para todos los usos y también el principal cuerpo receptor de la precipitación que se infiltra y de las aguas residuales. A partir de los análisis y las estimaciones previas de la CONAGUA, se establece que este acuífero es libre y se encuentra sobre una interfase de agua salada, con grandes espesores de agua dulce en el sur, que van disminuyendo hasta tener capas delgadas en la línea de costa.

Igualmente se ha determinado que el acuífero tiene una alta dinámica de desplazamiento: su velocidad de flujo se estima en 40 m/hora. El acuífero es alimentado por la infiltración de aguas de lluvia y los volúmenes que se descargan después de los usos superficiales. El agua parte del punto topográficamente más alto, ubicado al sur de Xpujil, y desde allí se establecen flujos radiales en dirección a las costas de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, como se aprecia en la figura 5.

La recarga natural por la infiltración de la lluvia se estima en 23 408.88 hm<sup>3</sup>, a los cuales se les debe sumar una importación proveniente de Guatemala y Belice del orden de 1 906.82 hm<sup>3</sup>, con lo que registra una recarga total de 25 135.70 hm<sup>3</sup>. En contraste, la extracción por bombeo<sup>9</sup> es de apenas 1 548.15 hm<sup>3</sup> y se realiza mediante 22 740 aprovechamientos. Por lo tanto, se ha determinado que el acuífero de Yucatán se encuentra subexplotado.

Figura 5. Modelo de escurrimiento y drenaje subterráneo en la cuenca de la península de Yucatán.

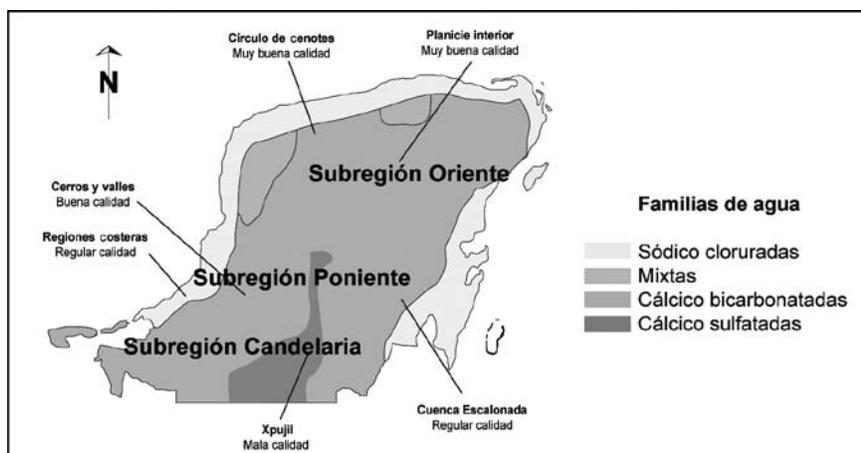


Fuente: Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XII, Península de Yucatán, CONAGUA, 2003d.

9 Gerencia Regional Península de Yucatán (datos de abril, 2002).

Las condiciones de calidad del agua en el acuífero varían de acuerdo con la magnitud de las influencias antropogénicas, los fenómenos naturales y la fluctuación de volumen estacional y anual. La calidad del agua subterránea depende principalmente de tres factores: la composición geoquímica del material del que está constituido el acuífero de Yucatán, el comportamiento hidrodinámico de los flujos subterráneos y el tiempo de permanencia en la matriz que la contiene. En la figura 6 se muestra la calidad del agua del acuífero de Yucatán.

Figura 6. Calidad del agua en la región.



Fuente: Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XII. Península de Yucatán, CONAGUA, 2003d.

En la región se utilizan al año más de 1 500 hm<sup>3</sup> para los distintos usos, de los cuales el 1.6% proviene de fuentes superficiales y el 98.4% restante, del acuífero. En el cuadro 10 se presentan los datos concentrados de la región. En él se puede observar que el uso agrícola y el público urbano son los de mayor demanda de agua.

La demanda actual para uso público urbano es de 472 hm<sup>3</sup>. Este volumen es de particular importancia en la zona, debido a los efectos de la generación de aguas residuales y su vertido en el acuífero sin el saneamiento adecuado. La provisión de alcantarillado y plantas de tratamiento representa un punto crítico en la gestión hídrica de la región, pues al no existir sistemas apropiados de conducción y saneamiento de aguas servidas se corre el riesgo de contaminar la fuente principal de abastecimiento.

Cuadro 10. Demanda total de los usos del agua. Península de Yucatán.

Usos	Volumen de extracción (hm <sup>3</sup> )			
	Superficial	Subterráneo	Total	%
Agrícola	23.549	815.00	838.550	54.63
Pecuario	0.166	40.104	40.270	2.6
Público-urbano	0.139	471.862	472.001	31.12
Industrial	0.170	52.153	52.323	3.38
Servicios	0.008	107.927	107.935	6.97
Otros	0.104	36.814	36.918	1.29
<b>Subtotal consuntivos</b>	<b>24.136</b>	<b>1 523.860</b>	<b>1 547.996</b>	<b>100.00</b>
Acuicultura	0.154	0.000	0.154	100.00
Agrícola	0.000	0.000	0.000	0.0
Pecuario	0.000	0.000	0.000	0.0
Subtotal no consuntivos	0.154	0.000	0.154	100.00
<b>Total</b>	<b>24.290</b>	<b>1 523.360</b>	<b>1 548.150</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Gerencia Regional Península de Yucatán (datos a abril de 2002).

Se estima que la cobertura regional actual de alcantarillado sanitario es apenas del 8% y a esta baja cifra se debe sumar la ineficiencia de operación en las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes. Si se considera a las fosas sépticas como parte de la infraestructura de alcantarillado, se alcanza una cobertura de 63%. Sin embargo, las fosas sépticas que descargan directamente en cavidades son una fuente importante de contaminación hacia el manto freático.

El sector agrícola demanda 838 hm<sup>3</sup> tanto de agua superficial como subterránea, lo cual representa el 55% del volumen total de extracción. Los datos estimados de la demanda de agua del sector para el año 2006 eran de 1 000 hm<sup>3</sup>, poniendo en evidencia el alto impacto de la agricultura en el uso del agua y la imperiosa necesidad de aumentar las eficiencias.

# 4.4 Diagnóstico del cambio del uso de suelo en la zona costera del Golfo de México

Leticia Gómez *et al.*

## 4.4.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la tasa de pérdida de suelo supera por mucho a la de su formación, lo cual desestabiliza peligrosamente el equilibrio natural y es consecuencia directa de diversas actividades humanas. Las tasas de deforestación han aumentado rápidamente<sup>1</sup>, sobre todo en las zonas tropicales<sup>2</sup>. La deforestación de selva y el cambio de suelo a otros usos se relacionan con la pérdida de biodiversidad, la disminución del hábitat de especies y el cambio climático global<sup>3</sup>, además de tener implicaciones económicas y sociales a diferentes escalas. La deforestación no sólo conlleva a la eliminación de grandes superficies de selva, sino que también la fragmenta. La deforestación es una de las actividades humanas que afecta directamente al ambiente y constituye una de las principales fuentes de cambio en el uso de suelo<sup>4</sup>. Las actividades humanas que mayor influencia tienen en el cambio de uso de suelo pueden agruparse en tres grandes categorías: expansión de cultivos y pastos, explotación forestal y desarrollo de infraestructura<sup>5</sup>.

---

1 Turner II *et al.*, 2001.

2 Achard *et al.*, 1998 y 2002.

3 Woodwell *et al.*, 2002; Robins, 1996; Wilson, 1988.

4 Lambin *et al.*, 2001.

5 Meyer y Turner II, 1992; Myers, 1991; Ojima *et al.*, 1994; Achard *et al.*, 1998 y 2002; Angelsen, 1999; Lambin *et al.*, 2001; Turner II *et al.*, 2001; Carr *et al.*, 2004.

En México se considera que alrededor de 90% del suelo está afectado por algún proceso de degradación. La urbanización, la ganadería y la explotación forestal han inducido cambios importantes en el uso de suelo, contribuyendo a la pérdida de la vegetación. Cerca del 40% de la superficie de los seis estados del Golfo de México está conformado por regiones perturbadas<sup>6</sup>. En los últimos años, Campeche ha perdido vegetación costera a una tasa de 4 445 ha al año y actualmente sólo existe 36% de la superficie de vegetación primaria en los seis estados del golfo. De seguir las tendencias, se estima que los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo perderán su vegetación primaria en 11, 55, 25, 32 y 28 años, respectivamente<sup>7</sup>. El cambio y la fragmentación de la cobertura vegetal se localiza principalmente en Veracruz, Tabasco y Campeche, con un nivel de impacto alto debido a la construcción de canales, ductos, terracerías y vías de comunicación. La deforestación en Tamaulipas y Veracruz se debe también a las actividades portuarias e industriales, mientras que la urbanización y el turismo son causas relevantes en Veracruz y Quintana Roo. La pérdida de cubierta vegetal ha originado erosión en 314 mil km<sup>2</sup> en los seis estados del Golfo.

El efecto del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal sobre las zonas de recarga de agua y las regiones de humedales aún no ha sido considerado en México. Se conoce que uno de los procesos implicados en la pérdida de la biodiversidad en nuestro país es el cambio de uso de suelo. En México, la expansión agropecuaria ha originado la fragmentación de la cubierta vegetal, transformando lagunas costeras, dunas y manglares en ecosistemas muy deteriorados. Se calcula que los humedales estadounidenses han sido destruidos a un ritmo de 200 mil hectáreas anuales y la agricultura ha sido responsable del 87% de esta pérdida.

La modificación de uso de suelo y el cambio climático son fenómenos que tienden a intensificar sus efectos mutuamente. Para ilustrar este punto basta con pensar en una superficie de manglar convertida en desarrollo inmobiliario y el resultado en el balance de dióxido de carbono. Por su parte, entre las principales consecuencias del cambio climático destacan la intensificación de las sequías; la

---

6 Zárata *et al.*, 1999.

7 Zárata y Alafita, 2001.

disminución de las reservas hídricas por mayor evaporación y evapotranspiración vegetal; el incremento de fenómenos de erosión y salinización de suelos en áreas costeras, y el aumento en intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Estos cambios hidrológicos conllevan invariablemente efectos en la fertilidad de los suelos, disminuyendo la capacidad productiva agrícola, y originando nuevas formas de apropiación y uso del suelo.

Las fuerzas o factores del cambio de uso de suelo pueden ser de orden social, de cambio económico, de condiciones agrícolas, de tecnología hidrológica y de política nacional; pero es a menudo el factor económico el modificador de estas fuerzas. Por ejemplo, cuando la actividad forestal se vuelve menos rentable, se puede incrementar la agricultura o viceversa<sup>8</sup>. Además, la dirección que toman las políticas públicas repercute, de manera directa o indirecta, sobre las formas de uso del suelo.

## **4.4.2 DIAGNÓSTICO DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO ENTRE 1976 Y 2000**

Para caracterizar el uso de suelo y la vegetación de la zona de estudio se realizó el análisis cartográfico de dos fechas: 1976, serie I<sup>9</sup>, y 2000, serie III<sup>10</sup>. Estos mapas corresponden a la cartografía de uso de suelo y vegetación, a escala 1:250 000 en coberturas digitales, proporcionada por el Instituto Nacional de Ecología y el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Para identificar el efecto del cambio de uso del suelo en el clima de la región del Golfo de México fue necesario homologar los tipos de vegetación de las coberturas de uso de suelo y vegetación de 1976 y 2000 con las categorías del United States Geological Service (USGS). El cuadro 1 muestra las clases utilizadas. Es importante destacar que en la cartografía de uso de suelo a escala 1:250 000, bajo la clasificación del USGS, los humedales quedan incluidos en la clase de vegetación hidrófila (popal, tular, manglar). El cuadro 1 muestra las clases utilizadas.

---

8 Duram et al., 2004.

9 INE-IG, 2002a.

10 INE-IG, 2002b.

**Cuadro 1. Clases de tipos de vegetación del Golfo de México homologadas de acuerdo con la clasificación USGS.**

Clase	Clave	Cobertura vegetal o uso de suelo
1	AH	Asentamientos humanos (urbano).
2	PI/AT	Pastizal inducido y agricultura de temporal.
3	PC/AR	Pastizal cultivado y agricultura de riego.
7	PN	Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal).
8	M	Matorral espinoso tamaulipeco.
9	VS	Vegetación secundaria arbustiva y herbácea (de los tipos de vegetación arbóreos).
10	S	Sabana.
11	SBC/BQ/SM	Selvas bajas caducifolias, bosques de encino, selvas medianas y vegetación espinosa.
13	SAP	Selvas perennifolias y subperennifolias.
14	BP	Bosques de pino, oyamel y ayarín.
15	BPO	Bosque de pino-encino y encino-pino.
16	H <sub>2</sub> O	Cuerpo de agua.
17	PO-TU	Popal-tular.
18	VH	Vegetación de galería (incluye bosque de galería, selva de galería, vegetación de galería, manglar y comunidades inundables).
19	DV	Área sin vegetación aparente.

En términos generales, se pueden agrupar las categorías de vegetación y uso de suelo en cuatro grandes clases: vegetación primaria y vegetación secundaria arbórea; vegetación secundaria (arbustiva y herbácea); áreas transformadas por actividades humanas (cultivos, pastizales cultivados e inducidos, y asentamientos urbanos), y cuerpos de agua junto con áreas sin vegetación aparente. Al utilizar este marco de referencia para la zona de estudio, se puede decir que para la cobertura de 1976, la mayor superficie es ocupada por áreas de vegetación primaria y secundaria arbórea, con 23 491 993 ha; mientras tanto, las áreas completamente transformadas dominan en la cobertura del 2000, con 20 759 471 ha (cuadro 2).

**Cuadro 2. Comparación general de cuatro grandes categorías entre las coberturas de 1976 y 2000.**

Categorías	Cobertura de 1976 (hectáreas)	Cobertura de 2000 (hectáreas)
Vegetación primaria con vegetación secundaria arbórea	23 491 992.67	16 683 448.17
Vegetación secundaria arbustiva y herbácea	7 860 862.14	8 613 084.07
Áreas transformadas <sup>1</sup>	14 847 006.63	20 759 470.56
Otras categorías <sup>2</sup>	609 806.11	452 236.49

<sup>1</sup> Las áreas transformadas comprenden las diferentes clases de agricultura, los pastizales cultivados e inducidos, las plantaciones forestales y los asentamientos humanos.

<sup>2</sup> Las otras categorías están formadas por los cuerpos de agua y las áreas sin vegetación aparente.

En un aspecto más detallado, las coberturas de 1976 y 2000 difieren ligeramente, porque la primera tiene 29 comunidades vegetales y siete usos de suelo, en tanto que la segunda tiene treinta comunidades vegetales y ocho usos de suelo. La comunidad vegetal primaria (incluye vegetación secundaria arbórea) con mayor superficie para ambas coberturas fue la selva alta y mediana subperennifolia, con 5 611 922 ha (cobertura de 1976) y 4 125 288 ha (cobertura del 2000). Por otro lado, para la cobertura de 1976, la comunidad vegetal primaria con menor superficie es la pradera de alta montaña con 4 582 ha; en tanto que para la cobertura de 2000, lo es el matorral subtropical, con 2 360 ha (cuadro 3).

En la planicie costera del Golfo de México existe un predominio de tipos de vegetación de selva alta y mediana perennifolia y subperennifolia, misma que ha pasado de 9 067 000 ha, en 1976, a 5 761 000 ha en el año 2000 (es decir, cerca de 33 000 km<sup>2</sup> de pérdida). Del mismo modo, existe una pérdida cercana a 764 mil ha de selvas bajas caducifolias y subcaducifolias; mientras que los bosques de pino y encino, localizados en las cabeceras de las cuencas, han perdido cerca de 199 mil ha en dicho periodo (ver cuadro 3).

**Cuadro 3. Comunidades vegetales primarias con vegetación secundaria arbórea de las coberturas de 1976 y 2000 con la superficie correspondiente en hectáreas.**

Comunidades vegetales de la cobertura de 1976	Superficie (ha)	Comunidades vegetales de la cobertura del 2000	Superficie (ha)
Selva alta y mediana subperennifolia	5 611 922	Selva alta y mediana subperennifolia	4 125 288
Selva alta y mediana perennifolia	3 455 149	Selva alta y mediana perennifolia	1 635 841
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	1 928 623	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	1 164 718
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	1 560 055	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	1 361 362
Matorral submontano	1 436 680	Matorral submontano	1 129 982
Selva baja subperennifolia	1 334 384	Selva baja subperennifolia	751 455
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	1 313 548	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	1 142 809
Bosque de encino	1 171 877	Bosque de encino	913 162
Popal-tular	1 062 717	Popal-tular	1 058 717
Bosque mesófilo de montaña	937 845	Bosque mesófilo de montaña	753 498
Bosque de pino	726 787	Bosque de pino	541 062
Manglar	629 984	Manglar	474 359
Matorral espinoso tamaulipeco	433 152	Matorral espinoso tamaulipeco	204 295
Mezquital (incluye huizachal)	398 842	Mezquital (incluye huizachal)	243 705
Matorral crasicaule	357 594	Matorral crasicaule	284 395
Vegetación halófila y gipsófila	245 280	Vegetación halófila y gipsófila	215 669
Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	202 806	Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	196 367
Selva baja espinosa	159 127	Selva baja espinosa	58 253
Matorral desértico rosetófilo	146 755	Matorral desértico rosetófilo	116 867
Chaparral	119 939	Chaparral	118 013
Selva baja perennifolia	61 336	Selva baja perennifolia	28 957
Bosque de tascate	39 784	Bosque de tascate	26 025
Matorral desértico micrófilo	39 212	Matorral desértico micrófilo	32 261
Palmar	38 014	Palmar	27 404
Vegetación de dunas costeras	34 278	Vegetación de dunas costeras	40 928
Bosque de oyamel (incluye avarín y cedro)	21 880	Bosque de oyamel (incluye avarín y cedro)	17 704
Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	12 048	Vegetación de galería (incluye bosque de galería selva de galería y vegetación de galería)	10 601
Matorral subtropical	7 793	Matorral subtropical	2 360
Pradera de alta montaña	4 582	Pradera de alta montaña	3 900
		Matorral sarcocasicuale de neblina	3 490

Nota: el proceso de homologación de coberturas genera inconsistencias. Esto debe considerarse al interpretarse los resultados.

En lo referente a las comunidades vegetales características de los humedales costeros, ambas coberturas están conformadas por las comunidades de manglar, popal-tular y vegetación de galería (que incluye al bosque de galería, selva de galería y vegetación de galería). La comunidad vegetal con mayor cobertura en ambas capas es la de popal-tular, con 1 062 717 y 1 058 717 ha, respectivamente. La comunidad con menor superficie para ambas coberturas es la vegetación de galería, con 12 048 y 10 601 ha, respectivamente. La comunidad vegetal con mayor pérdida de superficie registrada durante este periodo es el manglar, con cerca de 156 mil hectáreas deforestadas.

En cuanto a las clases de uso de suelo, la mayor superficie la ocupa el pastizal cultivado, tanto para 1976 como para 2000, con 7 254 936 y 10 149 775 ha, respectivamente (ver cuadro 4). En 1976, el uso de suelo con menor superficie es la plantación forestal, con 15 495 ha; mientras que para la cobertura del 2000, lo es el riego suspendido, con 1 850 ha. Cabe destacar que la plantación forestal disminuyó en más de tres mil hectáreas durante el lapso estudiado.

**Cuadro 4. Usos de suelo de las coberturas de 1976 y 2000, su superficie en hectáreas y porcentaje de cambio correspondiente.**

Usos de suelo de la cobertura de 1976	Superficie (ha)	Usos de suelo de la cobertura de 2000	Superficie (ha)	% de cambio
Pastizal cultivado	7 254 936	Pastizal cultivado	10 149 775	40
Agricultura de temporal	5 525 121	Agricultura de temporal	7 670 024	39
Pastizal inducido	753 106	Pastizal inducido	865 259	15
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	700 285	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	1 494 106	113
Sabana	505 591	Sabana	227 254	-55
Agricultura de humedad	51 943	Agricultura de humedad	74 769	44
Asentamiento humano	40 530	Asentamiento humano	263 961	551
Plantación forestal	15 495	Plantación forestal	12 473	-20
		Riego suspendido	1 849	N/A

### 4.4.3 ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE USO DE SUELO

Los tipos de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo 1976-2000 se agruparon en *cambios positivos*, *cambios negativos* y *conservación* tanto para la región Golfo de México como para los ocho sitios de estudio. A continuación se presentan las definiciones aplicables:

*Cambios negativos*: transformación de áreas de vegetación natural a zonas urbanas, agricultura de temporal o de riego, pastizales inducidos o áreas sin vegetación aparente.

*Cambios positivos*: áreas que pasaron de zonas urbanas, agrícolas de riego o temporal, y pastizales inducidos a zonas de vegetación natural (matorrales, selvas, bosques y humedales, entre otros).

*Conservación*: áreas que permanecen con vegetación natural o áreas sin cambios, incluyendo zonas urbanas, agricultura, pastizales y cuerpos de agua.

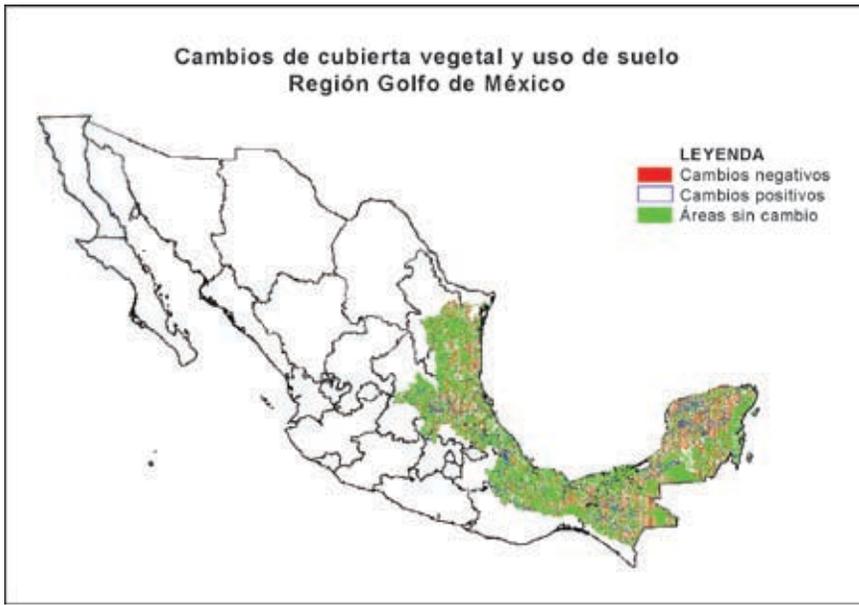
Del mismo modo se identificaron cambios incongruentes de 1976 a 2000, y se refieren a modificaciones en las coberturas que no pueden ocurrir en el terreno bajo condiciones de sucesión natural, tales como el paso de un cuerpo de agua a una selva baja, matorral a bosque de latifoliadas o matorral a selva baja. Al parecer, estas inconsistencias ya han sido verificadas en la cartografía original proporcionada por el INE y descritas en Velásquez *et al.* (2001)<sup>11</sup>.

Considerando la delimitación de la planicie costera de la zona del Golfo de México y las regiones administrativas IX, X, XI y XII de la CONAGUA, se identificaron cambios positivos en un total de 2 760 408 hectáreas. Los mayores cambios ocurrieron en los estados de Yucatán, Tamaulipas y Chiapas. Los cambios negativos se identificaron en una superficie total de 11 723 376 ha, principalmente distribuidos en los estados de Yucatán y Chiapas. Finalmente, las superficies sin cambio o conservadas se localizaron en un total de 28 229 852 ha. Esto quiere decir que de las 47 497 410 hectáreas totales, el 5.8% sufrió cambios positivos, el 24% cambios negativos y el 59% permaneció sin cambios. Estos resultados están representados gráficamente en la figura 1.

---

11 Velásquez *et al.*, 2001.

Figura 1. Cambios de cubierta vegetal.



El principal controlador del cambio de uso de suelo en la zona de estudio es la apertura de zonas de vegetación natural a pastizales. La segunda causa es la expansión de la frontera agrícola. En tercer término se ubica el crecimiento urbano, ya sea turístico, industrial o comercial. El análisis detallado de los humedales muestra que los sitios con mayor cambio de uso de suelo (tasas de deforestación) son:

- Las desembocaduras de los ríos Coatzacoalcos y Papaloapan (uso pecuario y urbano).
- La desembocadura del río Pánuco (crecimiento urbano).
- El sistema lagunar Nichupté (crecimiento urbano, actividad e infraestructura turística).

Asimismo, debe ponerse especial atención en aquellas regiones costeras bien conservadas, pero que pueden sufrir un impacto alto del cambio de uso de suelo

generado por actividades turísticas. En particular deben respetarse los programas de manejo de los sitios piloto Los Petenes y Punta Allen.

El estado de deterioro de la vertiente del Golfo de México presenta una situación crítica. Con base en los resultados aquí detallados, el uso de suelo predominante está ligado con actividades agropecuarias. La agricultura de riego ha crecido más del 100% en los últimos 24 años, mientras que el pastizal cultivado, la agricultura de temporal y la agricultura de humedad han incrementado su superficie cerca de 40%. A su vez, el pastizal inducido ha aumentado 15% en dicho periodo. También destaca la enorme transformación de vegetación natural en asentamientos humanos, con más de 550% de cambio entre 1976 y 2000. En cuanto a la vegetación hidrófila, se ha perdido el 25% de los manglares y el 12% de la vegetación de galería en la zona de estudio durante el periodo antes citado.

Desgraciadamente, este fenómeno de degradación ambiental se presenta en las partes altas y bajas de las cuencas. Es por ello que los cambios de uso de suelo se estudian para la región en su totalidad y sus distintas cuencas. El cambio de uso del suelo es, por lo tanto, un fenómeno de gran importancia para la evaluación de la vulnerabilidad de los humedales al cambio climático. En efecto, bajo las actuales demandas de agua por la actividad agropecuaria y una posible disminución de la precipitación, algunos usos del suelo pueden volverse poco rentables. Por otro lado, la cobertura vegetal natural también se verá amenazada por el cambio en el régimen climático. La severidad de las consecuencias de estas modificaciones depende de las políticas públicas y medidas de adaptación que se desarrollen e implementen en la actualidad.

# Siglas y abreviaturas

ACI	Área Costera Integral.
AICAS	Área de Importancia para la Conservación de las Aves.
ANP	Área Natural Protegida.
BIE	Banco de Información Económica.
BM	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, o Banco Mundial.
CBD	Convención sobre Diversidad Biológica.
CC	Cambio Climático.
CBD	Convención de la Biodiversidad.
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres.
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
CER	Certificados de Reducciones de Emisiones.
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático.
CICY	Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán.
CINVESTAV	Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
CGPC	Coordinación General de Protección Civil.
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
COLMEX	Colegio de México.
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal.
CONAGUA	Comisión Nacional de Agua.
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca
CONAPO	Consejo Nacional de Población.
CRIP	Centro Regional de Investigación Pesquera.
CRU	Climate Research Unit.
CSTD	Centros de soporte para la toma de decisiones.
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno.
DGPC	Dirección General de Protección Civil.
DOF	<i>Diario Oficial de la Federación.</i>
DQO	Demanda química de oxígeno
ECOSUR	Colegio de la Frontera Sur.
ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático.
EPA	United States Environmental Protection Agency

<b>EPOMEX</b>	Programa de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la UAC.
<b>EVI</b>	Environmental Vulnerability Index.
<b>FAPRACC</b>	Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climatológicas.
<b>FGRA</b>	Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P.
<b>FIDE</b>	Fideicomiso para el Ahorro de Energía.
<b>FJBS</b>	Fundación Javier Barros Sierra, A.C.
<b>FONATUR</b>	Fondo Nacional de Fomento al Turismo.
<b>FONDEN</b>	Fondo de Desastres Naturales.
<b>FOPREDEN</b>	Fondo para la Prevención de Desastres Naturales.
<b>GCM</b>	Modelos de Circulación General de la Atmósfera o General Circulation Models.
<b>GEF</b>	Fondo para el Medioambiente Mundial o Global Environment Facility.
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero.
<b>GEQR</b>	Gobierno del Estado de Quintana Roo.
<b>GT-ADAPT</b>	Grupo para Políticas y Estrategias de Adaptación que coordina el INE.
<b>GESAMP</b>	Grupo de Expertos en Aspectos Científicos de Protección del Medio Ambiente Marino de la Organización de las Naciones Unidas o Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
<b>GSE</b>	Grupo de Seguimiento y Evaluación (de la Península de Yucatán).
<b>HABJ</b>	Honorable Ayuntamiento Benito Juárez.
<b>IIB</b>	Instituto de Investigaciones Biológicas (Universidad Veracruzana).
<b>IMTA</b>	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Ecología.
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
<b>INI</b>	Instituto Nacional Indigenista.
<b>INIFAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
<b>INP</b>	Instituto Nacional de Pesca (Centro Regional de Pesca Veracruz).
<b>INVIVIENDA</b>	Instituto Veracruzano de Desarrollo Urbano Regional y Vivienda
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático o Intergovernmental Panel on Climate Change.
<b>IUCN</b>	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
<b>LAN</b>	Ley de Aguas Nacionales.
<b>LEAD</b>	Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente.
<b>LGEEPA</b>	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
<b>LGDFS</b>	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

<b>LOAPF</b>	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desarrollo Limpio.
<b>MRI</b>	Meteorological Research Institute.
<b>NAPA</b>	Programa Nacional de Acción para la Adaptación o National Adaptation Programs of Action.
<b>NAWCP</b>	Plan Norteamericano de Conservación de Humedales
<b>NCAR</b>	<b>Centro</b> Nacional de Investigaciones Atmosféricas.
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
<b>OMM</b>	Organización Meteorológica Mundial.
<b>ONG</b>	Organismo no gubernamental.
<b>OXFAM</b>	Oxford Committee for Famine Relief.
<b>PEACC</b>	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.
<b>PECC</b>	Programa Especial de Cambio Climático de México.
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos.
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto.
<b>PINE</b>	Producto Interno Neto Ecológico.
<b>PNANP</b>	Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
<b>PNB</b>	Producto Nacional Bruto.
<b>PND</b>	Plan Nacional de Desarrollo.
<b>PNPC</b>	Programa Nacional de Protección Civil.
<b>PNUD</b>	
<b>(o UNDP)</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
<b>POET</b>	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya.
<b>RAMSAR</b>	Sitio Ramsar.
<b>RBLP</b>	Reserva de la Biosfera Los Petenes.
<b>RMP</b>	Región Marina Prioritaria.
<b>RTP</b>	Región Terrestre Prioritaria.
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
<b>SAR</b>	Segundo Reporte de Evaluación del IPCC.
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
<b>SDSM</b>	Modelo de Reducción de Escala Espacial Estadístico o Statistical Downscaling Model
<b>SE</b>	Secretaría de Economía.
<b>SECTUR</b>	Secretaría de Turismo.
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de Desarrollo Social.
<b>SEGOB</b>	Secretaría de Gobernación.
<b>SEMAR</b>	Secretaría de Marina.

<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<b>SEMARNAP</b>	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
<b>SENER</b>	Secretaría de Energía.
<b>SEPESCA</b>	Secretaría de Pesca.
<b>SHCP</b>	Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>SINAPROC</b>	Sistema Nacional de Protección Civil .
<b>SLCPM</b>	Sistema Lagunar Carmen-Pajonal-Machona.
<b>SMN</b>	Servicio Meteorológico Nacional.
<b>SRE</b>	Secretaría de Relaciones Exteriores.
<b>SRES</b>	Informe Especial sobre los Escenarios de Emisiones o Special Report on Emissions Scenarios.
<b>SS</b>	Secretaría de Salud.
<b>TAR</b>	Tercer Reporte de Evaluación del IPCC.
<b>UAC</b>	Universidad Autónoma de Campeche.
<b>UAM</b>	Universidad Autónoma Metropolitana.
<b>UGA</b>	Unidades de Gestión Ambiental.
<b>UMAS</b>	Unidades de Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre.
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México.
<b>UNCCD</b>	Convención para Combatir la Desertificación.
<b>UNDP</b>	United Nations Development Program.
<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization u Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
<b>UNICAR</b>	Universidad Autónoma del Carmen.
<b>UQR</b>	Universidad de Quintana Roo.
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme.
<b>USEPA</b>	Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América.
<b>USGS</b>	United States Geological Service.
<b>WHSRN</b>	Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras o Western Hemispheric Shorebird Reserve Network.
<b>WWF</b>	World Wide Fund for Nature.
<b>ZOFEMATAC</b>	Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros.

# BIBLIOGRAFÍA

## CAPÍTULO 1

### SECCIÓN 1.1

Day, J.W., A. Díaz de León, G. González Sansón, P. Moreno-Casasola, A. Yáñez-Arancibia. 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Resumen Ejecutivo. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México, D.F.

### SECCIÓN 1.2

CENAPRED. 2001. *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, atlas nacional de riesgos de la república mexicana*. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Sistema Nacional de Protección Civil, México. pp. 106-141.

Rosengaus, M., M. Jiménez Espinosa y M. Vásquez Conde. 2002. *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México*. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, México. 108 pp.

### SECCIÓN 1.3

Cervantes, M. 2007. Comunicación personal.

Convención de Ramsar sobre los humedales. 1971. *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. UNESCO. Ramsar, Irán. <http://www.ramsar.org/indexsp.htm>, [http://www.ramsar.org/key\\_conv\\_e.htm](http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm).

Finkl, C.W. 2004. Coastal Classification: Systematic Approaches to Consider in the Development of a Comprehensive System. *Journal of Coastal Research* 20 (1): 166-213.

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 2000. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley and Sons, New York.

Lot, A. 2004. Flora y vegetación de los humedales de agua dulce en la zona costera del Golfo de México. En: Caso, M., I. Pisanti y E. Ezcurra (eds). *Diagnóstico ambiental del Golfo de*

- México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México.
- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis*. 2005. World Resources Institute, Washington, D.C. 68 pp. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>.
- Mitsch, W. y J. Gosselink. 1993. *Wetlands*. Segunda ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 722 pp.
- Ramsar COP07. 1999. Séptima Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (COP-7), San José, Costa Rica.
- Salinas, E., Treviño, J. y Campos, F. 2002. Identificación y clasificación de humedales interiores del estado de Tamaulipas por percepción remota y sistemas de información geográfica. *Boletín de Investigaciones Geográficas* 49: 74-91.

## SECCIÓN 1.4

- Saaty, T. 1997. That is not the Analytic Hierarchy Process: What the AHP is and what it is not. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 6: 320-339.

## SECCIÓN 1.5

- Burton, I. and B. Lim. 2001. *Adaptation Policy Framework*. Draft Report. UNDP, New York.
- Canziani, O. 2004. La problemática del calentamiento terrestre. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. [http://www.ecoportal.net/layout/set/print/content/view/full/25012/\(printversion\)/1](http://www.ecoportal.net/layout/set/print/content/view/full/25012/(printversion)/1).
- Canziani, O. y Díaz, S. 1997. *Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad para América Latina*. Capítulo 6. Informe Especial. *Organización Meteorológica Mundial, World Meteorological Organization*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *United Nations Environment Programme*, Nueva York. pp. 36-38.
- Carter, T., M. Parry, H. Harasawa, and S. Nishioka. 1994. *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*. Part of the IPCC Special Report to the First Session of the Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change, Working Group II of the Intergovernmental Panel on climate Change, Department of Geography-University College London, UK, and Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Japan. p. X.

- SEMARNAT. 2007. *Cambio climático*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F. [http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queessearnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx).
- CICC. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. [http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias\\_libro\\_completo\\_compress2.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias_libro_completo_compress2.pdf).
- CMNUCC. 1992. [http://unfccc.int/portal\\_espanol/items/3093.php](http://unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php).
- CMNUCC (UNFCCC). 2005. *Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change*. Final draft report. United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCC Secretariat-Stratus Consulting Inc., SC10341.
- Convención Marco de las Naciones Unidas. [http://unfccc.int/portal\\_espanol/essential\\_background/kioto/\\_protocol/text\\_of\\_the\\_kioto\\_protocol/items/3323.php](http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/kioto/_protocol/text_of_the_kioto_protocol/items/3323.php).
- IPCC. *Glosario de términos*. <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>.
- McCarthy, J., O. Canziani, N. Leary, D. Dokken and K. White, K. 2001. *Climate change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Chapter 7. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. pp. 89, 405-406.
- Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas. 1998. art. 3. Organización de las Naciones Unidas, New York. [http://unfccc.int/portal\\_espanol/essential\\_background/kioto/\\_protocol/text\\_of\\_the\\_kioto\\_protocol/items/3330.php](http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/kioto/_protocol/text_of_the_kioto_protocol/items/3330.php).
- SEMARNAT. 2006. *Capacidades y sinergias. El desafío ambiental en México*. Fondo para el Medio Ambiente Mundial-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

## CAPÍTULO 2

### SECCIÓN 2.1

- CICC. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. [http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias\\_libro\\_completo\\_compress2.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias_libro_completo_compress2.pdf), p. 27.
- CMNUCC. 1992. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

- CMNUCC. 1998. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York.
- Convención de Ramsar sobre los humedales. 1971. *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Ramsar, Irán. <http://www.ramsar.org/indexsp.htm>, [http://www.ramsar.org/key\\_conv\\_e.htm](http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm).
- Convention on Biological Diversity*. <http://www.biodiv.org/default.shtml>.
- Gagnon-Lebrun, F. and S. Agrawala. 2006. Progress on Adaptation to Climate Change in Developed Countries: An Analysis of Broad Trends, ENV/EPOC/GSP(2006)1/FINAL, OECD, Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/49/18/37178873.pdf>.
- INE-SEMARNAT. 2006. México, *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México, EPA, Global Environment Facility. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc3.pdf>.
- Klein, R.J.T. 2001. *Adaptation to Climate Change in German Official Development Assistance - An Inventory of Activities and Opportunities, with a Special Focus on Africa*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn, Germany. 42 pp.
- Ministry of Environment and Forest. 2005. Government of the People's Republic of Bangladesh. *National Adaptation Programme of Action (NAPA)*. Final Report. <http://unfccc.int/resource/docs/napa/ban01.pdf>, 63 pp.
- Ramsar COPO8. 2002. Octava Reunión de la Conferencia de las Partes (COP-8) de la Convención Ramsar sobre Humedales, Valencia, España. [http://www.ramsar.org/wurc/wurc\\_library.htm](http://www.ramsar.org/wurc/wurc_library.htm).
- UNEP. 1994. *Assessment and monitoring of climatic change impacts on mangrove ecosystems*. United Nations Environment Programme, Regional Seas Report and Studies 154.
- United Nations Convention to Combat Desertification*. 2007. <http://www.unccd.int/>.
- Yáñez-Arancibia, A., R.R. Twilley y A.L. Lara-Domínguez. 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y bosques* 4(2): 3-19. <http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/resumeness/4.2/pdf/Yanez%20et%20al%201998.pdf>.

## SECCIÓN 2.2

- Bitrán, D. 2001. *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-1999*. Serie Impactos Socioeconómicos de los

- Desastres en México. Vol. 1. Coordinación de Investigación, Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México. p. 18.
- CENAPRED. 2001. *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, Atlas nacional de riesgos de la república mexicana*. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Sistema Nacional de Protección Civil, México. pp. 9, 10, 21-25, 141.
- CENAPRED. 2006. *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la república mexicana en el año 2005*. Serie Impacto Socioeconómico de los Desastres Naturales. Vol. 7. Área de Estudios Socioeconómicos y Sociales, Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos, Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, D.F.
- CICC. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. [http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias\\_libro\\_completo\\_compress2.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias_libro_completo_compress2.pdf), p. 105, 130-131, 108, 143.
- Landa, R. 2006. Definición de medidas de adaptación a nivel estatal, Propuesta Proyecto PNUD-GEF, en Tlaxcala, México. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Global del Ambiente, Fomento de Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. Preparación de una propuesta preliminar de la Estrategia Nacional de Adaptación para el sector agua. Propuesta preliminar en materia de reducción de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en México del sector agua.
- Munich Re Group. 2006. <http://www.munichre.com/en/homepage/default.aspx>.
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. 2007. México. <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/>.
- SEMARNAT. 2008. El Fondo Verde, propuesto por el Presidente Calderón, fortalecerá el protocolo de Kioto: Elvira Quesada. Comunicado 097/08. Coordinación General de Comunicación Social. Dirección de Información. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. <http://www.presidencia.gob.mx/prensa/semarnat/?contenido=35748>.

## SECCIÓN 2.3

- Aguilar, 2004. *Hacia una estrategia nacional de acción climática, México 2006*. Síntesis Ejecutiva. Respuesta de México ante el cambio climático global. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. p. 274.

- Anderson. 2000. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley (eds). 2003. Southwestern Social Science Association. *Social Science Quarterly* 84 (2): 20.
- Blaikie et al. 1994. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley (eds). 2003. Southwestern Social Science Association. *Social Science Quarterly* 84 (2): 20.
- Burton et al. 1993. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley (eds). 2003. Southwestern Social Science Association. *Social Science Quarterly* 84 (2): 20.
- CICC. 2006. Hacia una estrategia nacional de acción climática. Síntesis ejecutiva. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, México. p. 34.
- Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley. 2003. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Southwestern Social Science Association. *Social Science Quarterly* 84 (2): 20.
- Environmental Vulnerability Index (EVI). South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC), United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.vulnerabilityindex.net/>.
- Hewitt, 1997. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley (eds). 2003. Southwestern Social Science Association. *Social Science Quarterly* 84 (2): 20.
- Kaspersen y Turner. 1995. Social Vulnerability to Environmental Hazards. Cutter, S.L., B.J. Boruff and W.L. Shirley (eds). 2003. Southwestern Social Science Association. *Social Science Quarterly* 84 (2): 20.
- Levina, E. and D. Tirpak. 2006. Adaptation to Climate Change: Key Terms. Organization for Economic Co-Operation and Development International Energy Agency (OECD). <http://www.oecd.org/dataoecd/36/53/36736773.pdf>, 25 pp.
- Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. <http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/>.
- O'Brien, K., S. Eriksen, A. Schjolden and L. Nygaard. 2004. *What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research*. CICERO Working Paper 2004:04. <http://www.cicero.uio.no>.
- The Heinz Center for Science, Economics and Environment. 2007. *State of the Nation's Ecosystems 2007*. <http://www.heinzctr.org/ecosystems/index.shtml>.
- Thywissen, K. 2006. Core terminology of disaster reduction. United Nations University-Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). <http://www.ehs.unu.edu/moodle/mod/glossary/view.php?id=1>. En: On Better terms, <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/eng/doc16631/doc16631-3.pdf>.

Vergara, W. 2005. *Adapting to climate change. Lessons Learned, Work in Progress, and Proposed Next Steps for World Bank in Latin America*. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working. Paper 25. 46 pp.

World Bank. 2003. Poverty and climate change, reducing the vulnerability of the poor through adaptation. p. 26. [http://siteresources.worldbank.org/INTCC/8173721115381292846/20480623PovertyAndClimateChange ReportPart12003.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTCC/8173721115381292846/20480623PovertyAndClimateChangeReportPart12003.pdf).

## SECCIÓN 2.4

CICC. 2007. Estrategia nacional de cambio climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. [http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias\\_libro\\_completo\\_compress2.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/Documents/Estrategias_libro_completo_compress2.pdf), pp. 105-116.

CICC. 2006. Hacia una estrategia nacional de acción climática. Síntesis ejecutiva. Respuesta de México ante el cambio climático global. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. 2. Vulnerabilidad y adaptación. También reportados en la Estrategia 2007.

GEF Support for Adaptation to Climate Change. 2006. Global Environment Facility, Washington, D.C. [http://www.gefweb.org/projects/focal\\_areas/climate/documents/Insrt\\_6\\_GEFsupport.pdf](http://www.gefweb.org/projects/focal_areas/climate/documents/Insrt_6_GEFsupport.pdf), 2 pp.

Levina, E. and Tirpak, D. 2006. Adaptation to climate change: key terms. Organization for Economic Co-Operation and Development International Energy Agency (OECD). <http://www.oecd.org/dataoecd/36/53/36736773.pdf>, 25 pp.

Maass, J.M. 2004. La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. En: Cotler, H. (comp.). El manejo integral de cuencas en México, estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 264 pp.

Ministerio de Medio Ambiente de España. 2006. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Oficina Española de Cambio Climático. [http://www.mma.es/secciones/cambio\\_climatico/areas\\_tematicas/impactos\\_cc/pdf/pna\\_v3.pdf](http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pdf/pna_v3.pdf). 59 pp.

UNDP. 2007. Capacity Assessment User's Guide. Draft. Knowledge Management Specialist, United Nations Development Program, Capacity 2015 for Latin America, Panama City, [www.capacity.undp.org](http://www.capacity.undp.org). p. 77.

UNDP. 1998. Capacity Assessment and Development in a Systems and Strategic Management Context. Technical Advisory Paper no. 3. Management Development and Governance Division, Bureau for Policy Development. <http://www.pogar.org/publications/other/undp/governance/capsystech3-98e.pdf>.

## SECCIÓN 2.5

Baethgen, W.E. 2007. Climate changes in the agricultural sector of developing countries: mitigation, adaptation and decision making. *Multiciencia Journal* 8: 122-136. [http://www.multiciencia.unicamp.br/art07\\_8\\_i.htm](http://www.multiciencia.unicamp.br/art07_8_i.htm).

Burton, I. and M. Van Aalst. 2004. Look before you leap. A risk management approach for incorporating climate change adaptation into World Bank operations. Prepared for the Global Climate Change Team, The World Bank. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/10/06/000160016\\_20041006165241/Rendered/PDF/300650PAPER0Look0Before0You0Leap.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/10/06/000160016_20041006165241/Rendered/PDF/300650PAPER0Look0Before0You0Leap.pdf).

Canziani, O. 2004. La problemática del calentamiento terrestre. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. [http://www.ecoportal.net/layout/set/print/content/view/full/25012/\(printversion\)/1](http://www.ecoportal.net/layout/set/print/content/view/full/25012/(printversion)/1).

Carabias, J. y R. Landa. 2005. Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. El Colegio de México, Universidad Nacional Autónoma de México, Fundación Gonzalo Río-Arronte, México.

Few, R., H. Osbahr, L.M. Bouwer, D. Viner and F. Sperling. 2006. Linking climate change adaptation and disaster risk management for sustainable poverty reduction Mexico Country study. Vulnerability and Adaptation Resource Group (VARG). European Comision. [www.climatevarg.org](http://www.climatevarg.org), [http://ec.europa.eu/development/icenter/repository/env\\_cc\\_varg\\_adaptation\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/development/icenter/repository/env_cc_varg_adaptation_en.pdf).

UNESCO. 2007. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [http://www.unesco.org/science/disaster/about\\_disaster.shtml](http://www.unesco.org/science/disaster/about_disaster.shtml)

UNESCO. 2005. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Prevención de desastres naturales, Oficina de Información Pública. [http://www.unesco.org/bpi/pdf/memobpi06\\_prevention\\_es.pdf](http://www.unesco.org/bpi/pdf/memobpi06_prevention_es.pdf), 2 pp.

## SECCIÓN 2.6

CENAPRED-SEGOB-CEPAL. 2005. Características e impacto socioeconómico de los huracanes "Stan" y "Wilma" en la república mexicana en el 2005. <http://www.cepal.cl/publicaciones/xml/0/27710/L751-3.pdf>.

- Comisión Nacional de Seguros y Fianzas. 2006. Huracanes de 2004 y 2005 y su impacto en el sector asegurador mexicano. XVIII Seminario Internacional de Seguros y Fianzas, México D.F. [http://portal.cnsf.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/CNSF/SUPERIOR/ACERCA\\_DE\\_LA\\_CNSF/EVENTOS/EVENTOS\\_2006/GERARDO%20SANCHEZ.PDF](http://portal.cnsf.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/CNSF/SUPERIOR/ACERCA_DE_LA_CNSF/EVENTOS/EVENTOS_2006/GERARDO%20SANCHEZ.PDF).
- INEGI. Banco de Información Económica (BIE). Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/?c=72>.
- Keyes, M. y J. Anduaga. 1997. Costos de la reforestación semi-mecanizada y manual en potreros de la Chontalpa, México: un estudio comparativo. *Madera y Bosques* 3(2): 29-45. <http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/resumeness/3.2/pdf/Keyes%20y%20Anduaga%201997.pdf>.
- Levina, E. and D. Tirpak. 2006. Adaptation to climate change: key terms. Organization for Economic Co-Operation and Development International Energy Agency (OECD). <http://www.oecd.org/dataoecd/36/53/36736773.pdf>, 25 pp.
- Magaña, V. y C. Gay. 2001. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambiental, social y económico. Instituto Nacional de Ecología, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.inegob.mx/dgicurg/cclimatico/download/vulnerabilidad.pdf>.
- Munich Re Group. 2008. Company Profile. [http://www.munichre.com/en/corporate/company\\_profile/default.aspx](http://www.munichre.com/en/corporate/company_profile/default.aspx).
- Olivo, M.L., E. Letterny, C. Platt y M. Sosa. 2001. Pérdidas de tierra en la costa venezolana debido al incremento del nivel del mar. *Interciencia* 26(10): 463-468. [http://www.interciencia.org/v26\\_10/olivo.pdf](http://www.interciencia.org/v26_10/olivo.pdf), pp.
- OXFAM. 2007. Adaptarse al cambio climático. Qué necesitan los países pobres y quién debería pagarlo. Informe de OXFAM 104. OXFAM Internacional. <http://www.servindi.org/pdf/OxfamCambioClimaMay07.pdf>, <http://www.oxfam.org/es/about/>, 49 pp.
- Proceso. 2007. Requiere Veracruz 12,500 mdp para el sistema carretero. Sección Estados. Proceso. [www.proceso.com.mx/noticia.html?sec=2&nta=36163](http://www.proceso.com.mx/noticia.html?sec=2&nta=36163).
- SIGMA SWISS RE. 2006. Swiss Reinsurance Company. 2006. Natural catastrophes and man-made disasters 2005: high earthquake casualties, new dimension in windstorm losses. Sigma series 2. Zurich, Switzerland. p. 40. [http://www.swissre.com/resources/e109a780455c56b897efbf80a45d76a0-Sigma2\\_2006\\_e.pdf](http://www.swissre.com/resources/e109a780455c56b897efbf80a45d76a0-Sigma2_2006_e.pdf)
- Smith, J. and S. Hitz. 2003. Background paper: estimating global impacts from climate change. OCDE, Paris. pp. 101. <http://www.oecd.org/dataoecd/9/60/2482270.pdf>.
- Stern Review on the Economics of Climate Change. 2004. [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm), 576 pp.

Tol, R., T. Downin, O. Kuik and J. Smith. 2003. Distributional aspects of climate change impacts. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, París. p. 30. <http://www.oecd.org/dataoecd/7/14/2483223.pdf>.

## CAPÍTULO 3

### SECCIÓN 3.1

CICC. 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. México. [http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/estrategia.aspx), 160 pp.

CICC. 2006. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, México, D.F. p. 72.

SEGOB. 2005. Evaluación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), en el ejercicio 2004. Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano, Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-México), Secretaría de Gobernación, México, D.F. p. 24.

Levina, E., J. Jacob, L.E. Ramos e I. Ortiz. 2007. Marco de políticas de adaptación al cambio climático en zonas costeras: caso Golfo de México. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

LGEEPA. 2007. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988, última reforma publicada el 12 de febrero de 2007, artículos 7, 20, bis 4.

LOAPF. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículos 27, 30, 32 bis, 39, 42 bis.

SEGOB. 2001. Programa Nacional de Protección Civil 2001-2006, Secretaría de Gobernación. [http://www.proteccioncivil.gob.mx/upLoad/Publicaciones/Programa\\_Nac.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/upLoad/Publicaciones/Programa_Nac.pdf), ISBN 970-628-595-4.

SEGOB. 2005. Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación. <http://www.inami.gob.mx/leyes/reglamentointeriorsecretariagobernacion.pdf>, 61 pp.

SEGOB. 2006. *Reglas del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales*. Secretaría de Gobernación, México, D.F., 15 de agosto de 2006.

*Tercera evaluación externa del Fondo para Desastres Naturales (FONDEN)*. 2007. Programa de Estudios Avanzados en Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente (LEAD-Méxi-

co), Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México (COLMEX), Secretaría de Gobernación, México, D.F.

Velázquez, R.D. 2005. *Diagnóstico del marco jurídico y reglamentario*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Global del Ambiente.

## SECCIÓN 3.2

Cervantes, M. 2007. Comunicación personal.

CONANP. 2008a. ¿Qué son las AP? Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México, D.F. [http://www.conanp.gob.mx/q\\_anp.html](http://www.conanp.gob.mx/q_anp.html).

CONANP. 2008b. Santuarios. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F. <http://www.conanp.gob.mx/santuarios.html>.

*Diccionario ecológico*. 2008. Perú Ecológico. [http://www.peruecologico.com.pe/glosario\\_c.htm](http://www.peruecologico.com.pe/glosario_c.htm).

Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 1995-2000. 1996. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (retomado de INE, 1996).

## SECCIÓN 3.3

LGEEPA. 2008. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación* (28 de enero de 1988). Última reforma publicada el 16 de mayo de 2008, 101 pp.

LGEEPA. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada el 16 de mayo de 2008, título primero, artículo 3, fracción XXIII.

SEMARNAT-GEOR-UQR. 2004. *Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Costa Maya*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Quintana Roo, Universidad de Quintana Roo. pp. 37.

SEMARNAT-GEOR-HABJ. 2005. *Programa de Ordenamiento Ecológico local del Municipio Benito Juárez Quintana Roo*. Comité Técnico para la Formulación, Expedición y Ejecución del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio Benito Juárez, Quintana Roo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Estado de Quintana Roo, Honorable Ayuntamiento Benito Juárez 2002-2005. pp. 68.

Universidad Autónoma de Campeche. 2004. *Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Candelaria*. Investigador responsable: Biól. Marco Antonio Arteaga Aguilar, Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable, Laboratorio de Análisis Territorial.

## SECCIÓN 3.4

- CONAGUA. 2000. *Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2020 de la Región IX, Golfo Norte*. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- CONAGUA. 2003a. *Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006*. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2003b. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006*. Gerencia Regional XI Frontera Sur. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.

## CAPÍTULO 4

### SECCIÓN 4.1

- INEGI. 2000. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. 1991. VII Censo Agrícola Ganadero 1991. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INE-SEMARNAT. 2006. *México, Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-México, Environmental Protection Agency, Global Environment Facility*, México. pp. 116-117.
- PNUD. 2004. *Marco general de políticas de adaptación al cambio climático, desarrollando estrategias, políticas y medidas*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Cambridge University Press.
- Sánchez. 1990. La industria petrolera como factor de cambios territoriales en la economía nacional a partir de los años setentas. *Boletín de Investigaciones Geográficas* 21: 75-95.
- SEDESOL. 2000. *México 2020: un enfoque territorial del desarrollo, vertiente urbana, síntesis ejecutiva*. Secretaría de Desarrollo Social-Colegio de Arquitectos de la Ciudad de México, A.C., Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. p. 18.
- Zárate, L., T. Saavedra, J.L. Vázquez, A. Rojas, A. Yáñez-Arancibia y E. Rivera. 1999. Terms of reference towards an integrated management policy in the coastal zone of the Gulf of Mexico and the Caribbean. *Ocean and coastal management* 42: 345-368.

## SECCIÓN 4.2

- Day, J., A. Díaz de León, G. González Sansón, P. Moreno-Casasola y A. Yáñez-Arancibia. 2004. Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Resumen Ejecutivo. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. INE-SEMARNAT, Instituto de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México, D.F.
- Gallardo, J., E. Velarde y R. Arreola. 2004. Aves del Golfo de México y las Áreas Prioritarias para su Conservación. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México, D.F.
- Ortiz, M. y G. De la Lanza. 2006. *Descripción regional de la zona costera: diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, México. D.F.

## SECCIÓN 4.3

- CONAGUA. 2000a. *Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2020 de la Región IX, Golfo Norte*. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2000b. *Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2020 de la Región XI, Frontera Sur*. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2003a. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006*. Gerencia Regional VI Río Bravo, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2003b. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región IX, Golfo Norte*. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2003c. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006*. Gerencia Regional X Golfo Centro, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2003d. *Programa Hidráulico Regional 2002-2006*. Gerencia Regional XII Península de Yucatán, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA. 2005. *Estadísticas del Agua en México*. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- CONAGUA-CONACYT. 2006. *Demandas del Sector*. Convocatoria CNA-CONACYT 2006/01, Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua, México, D.F.

- Fernández, F. 1996. *Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación*. Editorial Síntesis, S.A.
- INEGI. 2000. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Lafragua, J., A. Gutiérrez, E. Aguilar, J. Aparicio, R. Mejía, O. Santillán, M.A. Suárez y M. Preciado. 2003. Balance hídrico del valle de México. *Anuario IMTA*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos.
- Toledo, A. 2003. *Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, El Colegio de Michoacán.
- Zárate, D., A. Yañez, J.W. Day, M.K. Ortiz, A. Lara, C. Ojeda, J. Morales y S. Guevara. 2004. Lineamientos para el programa regional de manejo integrado de la zona costera del Golfo de México y el Caribe. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, México, D.F.

## SECCIÓN 4.4

- Achard, F., H.D. Eva, A. Glinni, P. Mayaux, T. Richards and H.G. Stibing. 1998. Identification of deforestation hot spot areas in the humid tropics. *Trees*. Vol. 4. Publication Series, Luxemburgo.
- Achard, F., H.D. Eva, A. Glinni, P. Mayaux, T. Richards and H.J. Stibing. 2002. Determining of deforestation rates of World's Humid Tropical Forest. *Science* 297: 999-1002.
- Angelsen, A. 1999. Agricultural expansion and deforestation: modeling the impact of population, market forces and property rights. *Journal of Development Economics* 58:185-218.
- Carr, M.C. y M. Griffiths y Mani. 2004. Roads population pressure and deforestation in Thailand 1976-1989. *Policy Research Working* 1726: 21-28.
- Duram, L., J. Bathgate and C. Ray. 2004. A local example of land-use change: Southern Illinois – 1807, 1938, and 1993. *The Professional Geographer* 56(1): 127-140.
- INE-IG. 2002a. *Uso de suelo y vegetación 1976 escala 1:250,000, cobertura preparada para el análisis de cambio de uso del suelo*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía (ed.)

- INE-IG. 2002b. *Uso de suelo y vegetación 2000 escala 1:250,000, cobertura preparada para el análisis de cambio de uso del suelo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología (ed.), Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía (ed.)
- Lambin, E.F., B.L. Turner, J.G. Helmut, S.B. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O.T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E.F. Morán, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G.D. Stone, U. Svedin, T.A. Veldkamp, C. Vogel, y J. Xu. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- Meyer, W. y Turner B. II. 1992. Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematic* 23: 39-61.
- Myers, N. 1991. The world's forest and human populations: the environmental interconnections. En: Davis, K. and M. Bernstaus. *Resources environment and population. Present Knowledge future options*. Oxford University Press, New York. pp. 237-251.
- Ojima, D.K., A. Galván y B.N. Turner II. 1994. The global impact of land use change. *BioScience* 44: 300-305.
- Robins, A. 1996. Transfer in cognition. *Connection Science* 8:185-203.
- Turner, B.L., II et al., 2001. Deforestation and agricultural change in the Southern Yucatan Peninsular Region: integrative land change for global change studies. *Forestry, Ecosystems, and Management* 154(3): 343-370.
- Velásquez, A. G. Bocco y J.L. Palacio. 2001. *Análisis de cambio de uso del suelo*. Informe técnico. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Wilson, E.O. 1988. The current state of biodiversity p 3-8. En: Wilson, E.O and F.M. Peter (eds.). *Biodiversity*. National Academic Press, Washington, D.C.
- Woodwell (ed.). 2002. *The role of terrestrial vegetation in the global carbon cycle: measurement by remote sensing*. SCOPE 23. Published on behalf of the scientific committee on problems of the environment. John Wiley & Sons, Chichester. pp. 91-110.
- Zárate, L.D., T. Saavedra, J.L. Vázquez, A. Rojas, A. Yáñez-Arancibia and E. Rivera. 1999. Terms of reference towards an integrated management policy in the coastal zone of the Gulf of Mexico and the Caribbean. *Ocean and Coastal Management* 42: 345-368.
- Zárate, L.D. y H. Alafita. 2001. *Diagnóstico ambiental de la región SSE de México, implicaciones del Plan Puebla Panamá*. Informe Técnico, Instituto de Ecología, A.C.



El volumen I de *Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México*, editado por Jacinto Buenfil Friedman se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A. de C.V. (IEPSA), Calzada de San Lorenzo 244, 09830, México, D.F., durante el mes de octubre de 2009.

Se tiraron 500 ejemplares

