



Programa de adaptación al **cambio climático** en áreas naturales protegidas del complejo del **Caribe de México**

- Reserva de la Biosfera Sian Ka'an
- Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an
- Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil
- Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro
- Parque Nacional Arrecifes de Xcalak





**Programa de adaptación
al cambio climático en áreas
naturales protegidas del
complejo del Caribe de México**

Resumen ejecutivo

México 2011



Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo del Caribe de México

Felipe Calderón Hinojosa

Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos

Juan Rafael Elvira Quesada

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Luis Fueyo Mac Donald

Comisionado Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Primera edición, 2011

D.R. © 2011 Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Camino al Ajusco 200, col. Jardines en la Montaña,

CP 14210, Delegación Tlalpan, México D.F.

www.conanp.gob.mx

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) Damas 49,

col. San José Insurgentes, CP 03900,

Delegación Benito Juárez, México, D.F.

www.fmcn.org

The Nature Conservancy (TNC)

Río San Ángel 9, col. Guadalupe Inn, CP 01020,

Delegación Benito Juárez, México, D.F.

www.nature.org

Coordinación institucional

Andrew Rhodes Espinoza, CONANP

Alejandra Calzada Vázquez Vela, CONANP

Fernando Camacho Rico, CONANP

Vanessa Valdez Ramírez, FMCN

Forma de citar:

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.-The Nature Conservancy. 2011.

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

Impreso y hecho en México

Printed and made in Mexico

Autores

Ignacio J. March, TNC

Hernando Cabral, TNC

Yven Echeverría, TNC

Francisco Ursúa Guerrero, CONANP

María del Carmen García Rivas, CONANP

Omar Ortiz Moreno, CONANP

Mariana Bellot Rojas, CONANP

Juan Manuel Frausto, FMCN

Agradecimientos

Esta guía fue producida a través del proyecto conjunto Desarrollo de Programas Piloto de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas del Sureste de México entre la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México (CONANP) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), con el apoyo de la Embajada Británica en México, el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Gobierno Británico, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, el Servicio Forestal de los Estados Unidos, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y Espacios Naturales para el Desarrollo Sustentable, A.C.

Se agradece el apoyo de El Colegio de la Frontera Sur-ECOSUR, Unidad Chetumal, por haber sido la institución anfitriona del primer taller que permitió generar los resultados que aquí se presentan. También queremos reconocer la valiosa ayuda durante los talleres a Alejandra Calzada de la CONANP, y Vanessa Valdez, Rossana Landa, Cecilia Blasco y Gael Almeida del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Queremos hacer un agradecimiento especial a María del Carmen García Rivas, Directora del Parque Nacional Arrecifes de Xcalak y de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro y a todo su equipo de trabajo por las facilidades ofrecidas durante los recorridos de campo.

También se agradece la participación en los talleres realizados en este proyecto de las siguientes personas: Héctor Lizárraga (SEDUMA, Gobierno de Quintana Roo), Ana Minerva Arce Ibarra, Laura Carrillo, Christian Hernández, Sofía Mardero Adiel Pérez y Eloy Sosa de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR); Albert Franquesa Rinos de Amigos de Sian Ka'an; Jorge Gómez Poot, Eulogio Puc Kinil y Gerardo Ríos de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); y Enrique Martínez Meyer del Instituto de Biología de la UNAM.

Producción: Ideas Sustentables

www.ideasustentables.com

Coautores*

Ana R. Barragán

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Luis Bourillón

Comunidad y Biodiversidad (COBI)

Sophie Calmé

ECOSUR / Universidad de Sherbrooke

Nataly Castelblanco

Amigos de Sian Ka'an

Pierre Charruau

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

José Juan Domínguez Calderón

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Celene Espadas Manrique

Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)

José Manuel Espinoza Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Miguel García Salgado

Oceanus, A.C.

Citlali García Sotelo

Comunidad y Biodiversidad (COBI)

Aquileo Guzmán Perdomo

Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT

Wady Hadad

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Héctor Hernández Arena

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Víctor Hernández

SEDUMA, Gobierno de Quintana Roo

Yadira Hernández Gómez

SEDUMA, Gobierno de Quintana Roo

Yadira Hernández Gómez

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Rossana Landa

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza

Denice Lugo

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza

Benjamin Morales

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Gabriela Nava Martínez

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Yareni Perera Romero

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Celia Pigueron

Comisión Intersecretarial sobre Cambio climático (SEMARNAT)

Carmen Pozo

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Victoria Romero Hernández

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Isael Victoria Salazar

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Fernando Secaira

The Nature Conservancy

Nuno Simoes

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Nuria Torrescano Valle

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Mirna Valdez Hernández

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Rogel Villanueva Gutiérrez

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

* En orden alfabético



Presentación

Dada la importancia de reducir los efectos del cambio climático en los ecosistemas de México, así como de contribuir a la reducción de gases efecto invernadero por la pérdida de vegetación, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) elaboró la Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas (ECCAP), la cual permite incorporar el componente del cambio climático en las políticas y acciones de la Comisión, fortalecer las capacidades de la institución y responder a los compromisos establecidos por México en materia de mitigación y adaptación al cambio climático.

Para apoyar la ECCAP, la CONANP, en conjunto con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), A.C. y The Nature Conservancy (TNC) -Programa para México y Centroamérica, generaron el proyecto Desarrollo de Programas Piloto de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas del Sureste de México.

El objetivo es plantear en cuatro complejos de áreas naturales protegidas del sureste de México una metodología para realizar programas enfocados a diseñar e implementar medidas de adaptación ante los impactos esperados del cambio climático; lo anterior, con base en las evidencias científicas y casos de estudio en distintas partes del mundo, y la experiencia y conocimiento de investigadores, personal de la Comisión y pobladores locales. Este proyecto se enfoca, no sólo en las áreas naturales protegidas seleccionadas, sino en los paisajes donde están ubicadas y las comunidades humanas que habitan en las áreas naturales protegidas.

Ante la incertidumbre en torno a los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, los ecosistemas y las especies de flora y fauna, la metodología tiene su base principal en la aplicación del principio precautorio y pretende detonar la concurrencia de diversos actores interesados en la conservación del capital natural y el mantenimiento de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos que benefician a las poblaciones humanas. Los productos generados por este proyecto incluyen estimaciones fundamentadas de los principales impactos del cambio climático para diversos tipos de ecosistemas en la región, así como sobre especies de importancia clave; de igual manera, se identificaron estrategias que contribuyan a la resiliencia y la conectividad ecológica, parámetros fundamentales para el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales, evitar la menor pérdida de biodiversidad posible y conservar los recursos y servicios ecosistémicos de los que dependen las comunidades humanas en esta región de México.

Este proyecto nos ha permitido definir una agenda regional para la adaptación al cambio climático en lo referente a conservación de biodiversidad y mantenimiento de servicios ecosistémicos, así como iniciativas que promueven la concurrencia entre sectores vinculados a los recursos naturales y el desarrollo sustentable. En tal virtud, estaremos listos para avanzar en una segunda fase que nos permita trazar programas y acciones de medidas concretas de adaptación al cambio climático. El éxito de la adaptación en las áreas naturales protegidas dependerá, en gran medida, de la coordinación de esfuerzos y sinergias entre diversos actores que, junto con la CONANP, buscan la conservación de la biodiversidad del país y el desarrollo sustentable de la población que en ellas habitan.

Luis Fueyo Mac Donald
Comisionado Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México

Resumen

Actualmente son numerosas las evidencias de los impactos que el cambio climático ha generado por las actividades humanas en las especies, los ecosistemas y los servicios que éstos generan en beneficio de los seres humanos. No obstante, también son numerosas las incertidumbres acerca de cómo responderán los distintos sistemas naturales del planeta y las especies. Esta incertidumbre se amplifica por el efecto sinérgico o en cascada que los impactos del cambio climático puedan tener sobre los componentes y procesos bióticos que alteren los ecosistemas, así como por la resiliencia¹ de las especies y sus poblaciones.

Sin embargo, las incertidumbres asociadas al cambio climático no pueden ser una excusa para no hacer nada y posponer toda acción hasta que tengamos un conocimiento científico detallado de los impactos y las respuestas al cambio climático. Resulta inteligente, sin caer en riesgos innecesarios y en el desperdicio de recursos, identificar acciones que, basadas en el principio precautorio, contribuyan a que especies y ecosistemas puedan mantener o incrementar su resiliencia ante los impactos del cambio climático, de manera previsor y antes de que sea demasiado tarde intervenir.

En este reporte se presentan los resultados obtenidos en el proyecto “Desarrollo de programas piloto de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del Sureste de México” realizado conjuntamente por la CONANP, el FMCN y TNC, el cual tiene las siguientes metas principales:

1. Establecer una agenda regional para iniciar la adaptación con base en ecosistemas y que impacte, no sólo en la operación de las áreas protegidas, sino también en las actividades de investigación, el diseño e implementación de políticas y programas de desarrollo sustentable.
2. Producir una metodología de utilidad para llevar a cabo programas de adaptación al cambio climático en grupos de áreas protegidas y los paisajes donde se insertan.
3. Propiciar la inclusión de contenidos sobre adaptación al cambio climático en los programas de manejo de las áreas protegidas.
4. Identificar proyectos piloto de adaptación que estén listos para su implementación.

1 Resiliencia de un ecosistema se refiere a su habilidad para mantener funciones y procesos clave de frente a factores de presión o estrés, tanto a través de la resistencia como a través de la adaptación al cambio (Holling, 1973; Nyström y Folke, 2001).

5. Plantear iniciativas que promuevan la concurrencia entre sectores y que generen condiciones favorables para las acciones de adaptación que benefician a la biodiversidad.

Es fundamental indicar que este proyecto tiene un enfoque de paisaje y que considera a grupos seleccionados de áreas protegidas insertas en paisajes más amplios que comparten procesos ecológicos regionales (Ervin *et al.*, 2010). No resulta adecuado pensar en estrategias de adaptación considerando las áreas protegidas como islas independientes del contexto regional y de los paisajes, terrestres o marinos, que las rodean.

En este reporte se presentan los principales resultados sobre la identificación de estrategias de conservación para el complejo de áreas protegidas del Caribe de México. Se identificaron los impactos en los principales ecosistemas de la región: selvas medianas, selvas bajas inundables, cenotes y lagunas de agua dulce, sabanas, manglares, dunas costeras, playas arenosas, pastos marinos y arrecifes de coral. Los manglares y los arrecifes de coral están entre los ecosistemas más amenazados debido a que son varios los efectos que impactan sobre éstos de manera adicional a las amenazas no asociadas al cambio climático (por ejemplo, contaminación, destrucción de manglares por expansión de desarrollos turísticos, entre otros).

Las anomalías en temperatura y precipitación probablemente causarán alteraciones en la fenología de muchas especies, por lo que se espera que las respuestas de las diversas especies de flora y fauna serán diferentes. Esto puede dar lugar a “asincronías fenológicas,” como la falta de polinizadores cuando ocurre la floración y viceversa. Así mismo, al proyectarse una disminución progresiva en la precipitación total anual, se esperarían afectaciones en el gran acuífero cárstico de la Península de Yucatán, que impactarían en los cuerpos de agua que dependen de éste y en su biodiversidad (cenotes y lagunas costeras de agua dulce).

El incremento del nivel del mar, estimado de 4 a 9 mm anuales, en combinación con eventos meteorológicos extremos (huracanes y tormentas tropicales) más frecuentes y de mayor intensidad, tiene como efectos directos la erosión de las dunas costeras y playas de



arena, y la mortalidad de manglares por los cambios de salinidad y regímenes de inundación de manera abrupta. La pérdida de playas arenosas constituye una amenaza adicional a las tortugas marinas, ya que se perderían importantes áreas de anidación.

Las selvas de esta región adaptadas al impacto constante de huracanes y tormentas tropicales se verían amenazadas por el incremento en la intensidad de estos fenómenos, que provocarían una mayor destrucción de ramas y fustes de árboles, y consecuentemente una mayor acumulación de material combustible que incrementaría los riesgos de incendios catastróficos en los ecosistemas no adaptados al fuego. Así mismo, las diversas alteraciones ecológicas y perturbaciones en las selvas pueden constituir ventanas de oportunidad para la introducción y expansión de especies exóticas invasoras.

Los arrecifes de coral son, de todos los ecosistemas en la región, los que probablemente reciben un mayor número de impactos por el cambio climático. Por un lado, la afectación de manglares repercutiría en la disponibilidad de refugios de peces juveniles, fundamentales para mantener la salud de los corales, por ejemplo, en el control de algas, entre otras funciones. La erosión de la costa puede incrementar una mayor depositación de sedimentos sobre los corales y afectar la cobertura de pastos marinos. Desde hace décadas se ha registrado que el incremento de la temperatura del mar eleva la mortalidad de corales duros por blanqueamiento, y que la depositación de carbono en el mar y la acidificación resultante induce un déficit en la disponibilidad de carbonato de calcio, materia prima que es esencial para el crecimiento de los arrecifes de coral.

La afectación en ecosistemas y especies por los diversos factores asociados al cambio climático impactarán igualmente a los recursos naturales de los que dependen las actividades humanas y la economía regional. De esta manera, se prevé una baja en la disponibilidad de agua de calidad para consumo humano, tanto por una baja en la recarga del acuífero y una sobre extracción, como una mayor intrusión de agua de mar a este acuífero subterráneo.

Probablemente habrá una disminución importante en los recursos forestales que se aprovechan en las selvas, tanto maderables, como no maderables. Con la afectación a manglares y arrecifes de coral, los recursos pesqueros podrían irse reduciendo paulatinamente, impactando a las actividades pesqueras comerciales (por ejemplo, Langosta y caracol) y de subsistencia. La afectación de playas y la disminución de manglares y arrecifes, importante infraestructura natural de protección ante tormentas y huracanes tropicales, afectarían la calidad escénica y por ende la actividad turística, fuente económica por excelencia en esta región. Eventos meteorológicos de mayor frecuencia e intensidad podrían afectar de manera importante la infraestructura asociada a las actividades turísticas (hoteles, carreteras, etc.). Los impactos antes mencionados podrían significar una pérdida de conectividad ecológica entre los ecosistemas de toda la región y esto muy probablemente afecta la resiliencia de especies y sistemas naturales.

De no contarse con estrategias orientadas a buscar una adaptación inteligente y planificada de las actividades humanas ante el cambio climático, se esperan respuestas humanas inadecuadas que podrían agravar aún más la salud ecológica y la sustentabilidad en la región; entre otras, se puede mencionar a una extracción excesiva de agua del acuífero cárstico, la transformación de zonas importantes para la captación de agua que alimenta al acuífero, el incremento de esfuerzo pesquero fuera de esquemas de sustentabilidad y la construcción desordenada de infraestructura asociada al turismo.

Finalmente, se presentan 24 estrategias consideradas importantes, no sólo para contribuir a mantener la resiliencia de especies y ecosistemas, sino para enfrentar amenazas que pueden exacerbarse con el cambio climático y para mantener las actividades económicas y los recursos naturales de los que depende la región. Entre las más relevantes están el manejo y protección de zonas de recarga del acuífero, detonar un verdadero uso y manejo sustentables del agua, promover la conectividad ecológica a través de diversos instrumentos, optimizar el monitoreo de especies y ecosistemas que permitan dar seguimiento a los impactos del cambio climático en la región y a las medidas de manejo que se implementen para la adaptación.



Estrategias generales de adaptación para la conservación de la biodiversidad y la sustentabilidad

A continuación se presentan las estrategias de adaptación consideradas prioritarias para lograr tres objetivos meta:

- Mantener o incrementar la resiliencia de los principales ecosistemas y objetos focales de conservación.
- Enfrentar amenazas que pudieran exacerbarse por los impactos del cambio climático.
- Mantener el aprovechamiento sustentable de recursos naturales de gran relevancia en la región y de las actividades humanas.

a) Gran Acuífero Cárstico de la Península de Yucatán

Objeto de conservación	Estrategias para mantener o incrementar la resiliencia del objeto de conservación		Estrategias para enfrentar amenazas exacerbadas por el cambio climático		Estrategias para el mantenimiento y conservación del recurso natural o actividad económica potencialmente afectados	
	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables
Gran Acuífero Cárstico de la Península de Yucatán	Manejo de áreas de recarga y manto freático para reducir la sobreexplotación y contaminación del acuífero	Recuperar y proteger la funcionalidad hidrológica y ecológica mediante coaliciones a nivel cuenca	Manejo integrado –captación, almacenamiento, uso eficiente, tratamiento de aguas residuales y disposición adecuada para reducir sobreexplotación –para aumentar cantidad y calidad	Revisión, implementación y observancia de leyes, normatividad y políticas públicas existentes relacionadas con el aumento del agua. Asegurar que estos instrumentos tengan un enfoque más versátil para enfrentar el CC	Regular la extracción por medio del establecimiento de cuotas de extracción y cobros acordes con la cantidad y uso del agua, considerando también los procesos de regulación del ciclo hidrológico	Investigar el comportamiento del acuífero para determinar su capacidad de extracción



b) Selvas medianas y bajas

Objeto de conservación	Estrategias para mantener o incrementar la resiliencia del objeto de conservación		Estrategias para enfrentar amenazas exacerbadas por el cambio climático		Estrategias para el mantenimiento y conservación del recurso natural o actividad económica potencialmente afectados	
	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables
Selvas Medianas y Bajas	Promover la conectividad entre los paisajes, diseñando y protegiendo corredores y áreas de conectividad, removiendo barreras de dispersión, y facilitar el movimiento de especies y flujo genético, y mantener los procesos ecosistémicos	Evaluación de programas de monitoreo realizados en ecosistemas de la PY buscando identificar vacíos de información para diseñar e implementar protocolos de monitoreo que den seguimiento a impactos del CC sobre la biodiversidad y permitan el manejo adaptativo	Promover la inclusión de los bosques de la región a la iniciativa REDD+ México –Proyectos Piloto	Incentivar la diversificación productiva basada en recursos forestales	Incentivar la silvicultura comunitaria y fortalecer las capacidades de la cadena productiva forestal, promoviendo mayor diversidad natural y restauración de especies en los bosques para aumentar la diversidad de especies aprovechables y manteniendo poblaciones genéticamente viables y favoreciendo genotipos con rangos amplios de tolerancia a condiciones de sequía y mayores temperaturas	Fortalecer las políticas e instrumentos que incentivan el desarrollo forestal sustentable considerando criterios de biodiversidad y enfoque al beneficio social

c) Arrecifes de Coral, Pastos Marinos y Macroalgas

Objeto de conservación	Estrategias para mantener o incrementar la resiliencia del objeto de conservación		Estrategias para enfrentar amenazas exacerbadas por el cambio climático		Estrategias para el mantenimiento y conservación del recurso natural o actividad económica potencialmente afectados	
	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables
Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Establecer protección especial de áreas con procesos ecológicos clave y de mayor densidad de depredadores tope y herbívoros, y especies constructoras de arrecifes	Establecer políticas e instrumentos que incentiven y vinculen la protección de los hábitat críticos para la conectividad y la resiliencia de los paisajes con enfoque integral de manejo costero y cuencas	Establecer políticas de ordenamiento territorial para la construcción de infraestructura limpia y uso turístico, con un enfoque dirigido a las consecuencias y efectos del CC (por ejemplo, incremento nivel del mar, huracanes, oleaje exacerbado)	Integrar el concepto de CC en ejercicios de planeación	Manejo de recursos pesqueros con visión de co-manejo y tecnologías innovadoras	Fortalecer en capacidades y financiamiento a los actores involucrados en el co-manejo

De acuerdo con Grimsditch y Salm (2006), las principales estrategias para contribuir a la resiliencia de los arrecifes de coral ante el cambio climático son el monitoreo, el trasplante y restauración de arrecifes, el establecimiento de áreas protegidas, el manejo costero integrado y el manejo de pesquerías con un enfoque de sustentabilidad.

Es importante indicar que existe un conjunto de herramientas orientadas a diseñar e implementar acciones enfocadas a mantener o incrementar la resiliencia de arrecifes (TNC, 2008)² y también de las agregaciones reproductivas de peces arrecifales (SPAGs: Spawning aggregations). Estas herramientas, dirigidas a personal que maneja las áreas protegidas, incluyen metodologías, recursos de información y procedimientos orientados a diseñar, implementar

y monitorear acciones de manejo que contribuyan a mantener la resiliencia de estos ecosistemas. Una de las acciones que sin duda contribuyen a incrementar la resiliencia de las comunidades de peces, invertebrados y de arrecifes de coral y pastos marinos son los refugios pesqueros o bancos pesqueros. Éstos son áreas designadas con fundamentos técnicos en donde no se desarrollan actividades de pesca para permitir la reproducción y crecimiento de organismos que posteriormente colonizan o migran a las áreas designadas para la pesca. Ésta es una estrategia de conservación para una pesca sustentable que está siendo impulsada en distintas partes de México con el fin de establecer redes de refugios pesqueros que garanticen el mantenimiento de stocks pesqueros ante un esfuerzo de captura cada vez más grande.

d) Manglares y humedales costeros

Objeto de conservación	Estrategias para mantener o incrementar la resiliencia del objeto de conservación		Estrategias para enfrentar amenazas exacerbadas por el cambio climático		Estrategias para el mantenimiento y conservación del recurso natural o actividad económica potencialmente afectados	
	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables
Manglares y humedales costeros	Fortalecer las capacidades de las AP para el diseño, desarrollo e implementación de los programas de uso público con el enfoque de manejo adaptativo para atender las áreas de mayor presión turística dentro y fuera de las AP	Establecer políticas e instrumentos que incentiven la protección de los hábitat críticos para la conectividad y la resiliencia mediante un esquema de pago por servicios ambientales y otros instrumentos que incluyan integrar el concepto de CC en ejercicios de planeación	Movimientos de especies y el flujo genético para mantener los procesos ecosistémicos y la dinámica poblacional de las especies, mediante el fortalecimiento de corredores biológicos y la extensión de áreas periféricas	Promover la restauración, conservación y uso sustentable de ecosistemas dentro y fuera de AP que proveen servicios ambientales y beneficios económicos a comunidades humanas, beneficien a la biodiversidad y a la resiliencia de los ecosistemas. Así mismo, constituyen una protección sustentable ante los impactos asociados a eventos extremos causados por el CC	Restauración y conservación de humedales y manglares para protección y mantenimiento de las poblaciones de especies con valor para las pesquerías	Estimaciones de costo-beneficio de la inacción, con el fin de justificar la inversión por parte del sector pesquero y actores clave en la restauración y conservación de ecosistemas

2 <http://www.reefresilience.org/>



e) Dunas y playas arenosas

Objeto de conservación	Estrategias para mantener o incrementar la resiliencia del objeto de conservación		Estrategias para enfrentar amenazas exacerbadas por el cambio climático		Estrategias para el mantenimiento y conservación del recurso natural o actividad económica potencialmente afectados	
	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables	Manejo	Condiciones favorables
Dunas y playas arenosas	Restauración de manglares, vegetación de duna costera y estructura arrecifal, pastos marinos para protección de líneas de costo e infraestructura turística	Estimaciones del costo-beneficio de la inacción con el fin de justificar la inversión por parte del sector turístico y actores claves en la restauración de ecosistemas	Promover la conectividad entre los paisajes y la protección de áreas aledañas para facilitar los movimientos de especies y el flujo genético para mantener los procesos ecosistémicos y la dinámica poblacional de las especies, mediante el fortalecimiento de corredores biológicos y la extensión de áreas periféricas	Promover la restauración, conservación y uso sustentable de ecosistemas dentro y fuera del AP que proveen servicios ambientales y beneficios a la biodiversidad y a la resiliencia de los ecosistemas; que constituyan una protección sustentable ante los impactos asociados a eventos extremos causados por el CC	Fortalecer las capacidades de las AP para el diseño, desarrollo e implementación de los programas de uso público con el enfoque de manejo adaptativo para atender las áreas de mayor presión turística dentro y fuera de las AP	Establecer políticas e instrumentos que incentiven la protección de los hábitat críticos para la conectividad y la resiliencia mediante un esquema de PSA y otros instrumentos que incluyan la integración del concepto de CC en ejercicios de planeación

f) Estrategias regionales

Una de las estrategias más importantes para mantener la resiliencia de ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, es el mantenimiento -o la restauración, en su caso- de la conectividad ecológica entre los hábitat (por ejemplo, selvas-manglares-arrecifes de coral-pastos marinos), tanto dentro como hacia afuera de las áreas protegidas. Por esta razón, las acciones que se implementan dentro de la iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano (sección México), que fomentan la continuidad de las selvas entre las Reservas de la Biosfera de Calakmul y Sian Ka'an, son de la mayor importancia. Aunque de todos los corredores biológicos de esta iniciativa, éste es el menos deforestado (Reyes-Díaz *et al.*, 2008), la conversión de selvas a pastizales a la agricultura continúa de manera paulatina.

Así mismo, resulta fundamental que el manejo de los recursos naturales, sobre todo hacia afuera de las áreas protegidas, mantenga la conectividad de procesos ecológicos entre los manglares y los arrecifes de coral (Mumby, 2006); se considera de la más alta

prioridad implementar esfuerzos que contribuyan a mantener las superficies de manglares que se ubican fuera de las áreas protegidas en todo el sector costero entre Sian Ka'an y Xcalak, así como al suroeste de Uaymil. La conectividad de los procesos ecológicos regionales es fundamental para la resiliencia de los ecosistemas (Miller y Ayre, 2008; Bennett y Mulongoy, 2006. Ortiz-Lozano *et al.*, 2009).

El mantenimiento de la conectividad entre las áreas protegidas establecidas debe considerar incluir la conexión de áreas críticas de hábitat y que el manejo, tanto de las áreas protegidas, como de los sitios especiales, estén embebidas en regímenes de manejo más amplios a nivel de paisajes completos, tanto terrestres, como marino-costeros (McLeod *et al.*, 2009). Entre los sitios especiales o con hábitats críticos se puede enlistar los siguientes (Sadovy, 2006 y Palumbi, 2001, citados por McLeod *et al.*, 2009.):



- 1) Sitios de crianza.
- 2) Agregaciones reproductivas de peces (SPAGs).
- 3) Áreas con elevada diversidad de especies o alta concentración de endemismos.

- 4) Áreas con una elevada variedad de hábitats con mucha proximidad.
- 5) Áreas que demuestran una gran productividad.
- 6) Áreas con surgencias predecibles.
- 7) Áreas con elevada retención efectiva de larvas.

g) Integración de estrategias en un programa de adaptación para el complejo de áreas protegidas en el Caribe de México

A continuación se presentan las 24 estrategias identificadas para este complejo de áreas protegidas en tres grupos, según su prioridad

—muy alta, alta y media, y se indica si son de manejo o propician condiciones favorables para implementar medidas de adaptación:

Prioridad	Descripción de la estrategia	Tipo de estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
MUY ALTA	Capacidades para el manejo del turismo Fortalecer las capacidades de las AP para el diseño, desarrollo e implementación de los programas de uso público con el enfoque de manejo adaptativo para atender las áreas de mayor presión turística dentro y fuera de las AP.	X		Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: actividades turísticas desordenadas.
MUY ALTA	Incentivos para proteger hábitats críticos y pagos por servicios ambientales Establecer políticas e instrumentos que incentiven la protección de los hábitats críticos para la conectividad y la resiliencia mediante un esquema de pago por servicios ambientales y otros instrumentos que incluyen integrar el concepto de cambio climático en ejercicios de planeación.		X	Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: actividades turísticas desordenadas.
MUY ALTA	Fortalecimiento actores pesqueros Fortalecer en capacidades y financiamiento a los actores involucrados en el co-manejo.		X	Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de las pesquerías (comercial y deportiva).
MUY ALTA	Investigar el comportamiento del acuífero para determinar su capacidad de extracción.		X	Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: extracción excesiva de aguas subterráneas.
MUY ALTA	Co-manejo pesquero Manejo de recursos pesqueros con visión de co-manejo y tecnologías innovadoras.	X		Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de las pesquerías (comercial y deportiva)



Prioridad	Descripción de la estrategia	Tipo de estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
MUY ALTA	Incentivos para proteger hábitats críticos Establecer políticas e instrumentos que incentiven y vinculen la protección de los hábitat críticos para la conectividad y la resiliencia de los paisajes con enfoque integral de manejo costero y cuencas. Es de especial relevancia la implementación de refugios pesqueros.		X	Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas. Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: actividades turísticas desordenadas.
MUY ALTA	Restauración de infraestructura viva Restauración de manglares, vegetación de duna costera y estructura arrecifal, pastos marinos para protección de línea de costa e infraestructura turística.	X		Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de infraestructura turística por erosión y eventos meteorológicos extremos.
MUY ALTA	Restauración de hábitats para recursos pesqueros. Restauración y conservación de humedales y manglares para protección y mantenimiento de las poblaciones de especies con valor para las pesquerías.	X		Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de la disponibilidad de recursos pesqueros
ALTA	Coaliciones de cuenca Recuperar y proteger la funcionalidad hidrológica y ecológica mediante coaliciones a nivel cuenca.		X	Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: Gran acuífero cársico de la Península de Yucatán (Incluye cenotes y lagunas).
ALTA	Restauración para uso sustentable y servicios ambientales Promover la restauración, conservación y uso sustentable de ecosistemas dentro y fuera del AP que proveen servicios ambientales y beneficios económicos a comunidades humanas, benefician la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas. Así mismo, constituyen una protección sustentable ante los impactos asociados a eventos extremos causados por el cambio climático.		X	Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas.
ALTA	Manejo de aguas residuales Manejo integrado –captación, almacenamiento, uso eficiente, tratamiento de aguas residuales y disposición adecuada para reducir sobreexplotación- para aumentar cantidad y calidad.	X		Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación del recurso agua de buena calidad.

Prioridad	Descripción de la estrategia	Tipo de estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
ALTA	Ordenamiento turístico Establecer políticas de ordenamiento territorial para la construcción de infraestructura limpia y uso turístico, con un enfoque dirigido a las consecuencias y efectos del cambio climático (incremento en el nivel del mar, huracanes, tormentas, corrientes y oleaje exacerbados).	X		Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: pesca ilegal y sobrepesca.
ALTA	Estimación económica de la inacción Estimaciones del costo-beneficio de la inacción, con el fin de justificar la inversión por parte de los sectores turístico y pesquero y actores claves en la restauración de ecosistemas.		X	Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de infraestructura turística por erosión y eventos meteorológicos extremos. Afectación de la disponibilidad de recursos pesqueros.
ALTA	Protección de áreas especiales Establecer protección especial de áreas con procesos ecológicos clave y de mayor densidad de depredadores tope, herbívoros y especies constructoras.	X		Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas.
ALTA	Áreas de recarga Manejo de áreas de recarga y manto freático para reducir la sobreexplotación y contaminación del acuífero.	X		Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: Gran acuífero cárstico de la Península de Yucatán (incluye cenotes y lagunas).
ALTA	Corredores biológicos diversificados Promover la conectividad entre los paisajes, al diseñar y proteger corredores y áreas de conectividad (stepping stones) y remover barreras a la dispersión para facilitar los movimientos de especies y los flujos genéticos, así como para mantener los procesos ecosistémicos.	X		Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: selvas bajas y medianas.
MEDIA	Corredores biológicos y expansión de AP Promover movimientos de especies y el flujo genético para mantener los procesos ecosistémicos y la dinámica poblacional de las especies, mediante el fortalecimiento de corredores biológicos y la extensión de áreas periféricas.	X		Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: humedales costeros, manglares, dunas y playas.



Prioridad	Descripción de la estrategia	Tipo de estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
MEDIA	Refuerzo del marco legal para el manejo del agua. Revisión, implementación y observancia de leyes, normatividad y políticas públicas existentes relacionadas con el manejo del agua. Asegurar que estos instrumentos tengan un enfoque más versátil para enfrentar el cambio climático (son dos estrategias).		X	Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación del recurso agua de buena calidad.
MEDIA	Incentivos para el desarrollo forestal sustentable. Fortalecer las políticas e instrumentos que incentiven el desarrollo forestal sustentable al considerar criterios de biodiversidad y enfoque al beneficio social.		X	Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de los recursos forestales (maderables y no maderables).
MEDIA	Promover la diversificación productiva. Incentivar la diversificación productiva basada en recursos forestales.		X	Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: fuego en ecosistemas no adaptados; afectación de infraestructura por eventos meteorológicos extremos.
MEDIA	Establecer un sistema de cuotas para el uso del agua. Regular la extracción por medio del establecimiento de cuotas de extracción y cobros acordes con la cantidad y uso del agua, considerando también los procesos de regulación del ciclo hidrológico.	X		Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: extracción excesiva de aguas subterráneas.
MEDIA	Impulso a la silvicultura comunitaria. Incentivar la silvicultura comunitaria y fortalecer las capacidades de la cadena productiva forestal, así como promover mayor diversidad natural y restauración de especies en los bosques, con el fin de aumentar la gama de especies aprovechables y mantener poblaciones genéticamente viables y favorecer genotipos con rangos amplios de tolerancia a condiciones de sequía y mayores temperaturas.	X		Estrategia orientada a mantener actividad productiva o recurso natural: afectación de los recursos forestales (maderables y no maderables).
MEDIA	Monitoreo de impactos y manejo adaptativo. Evaluación de los programas de monitoreo realizados en ecosistemas de la Península de Yucatán con la finalidad de identificar vacíos de información para diseñar e implementar protocolos de monitoreo que contribuyan a dar seguimiento a los impactos del		X	Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: selvas bajas y medianas.

Prioridad	Descripción de la estrategia	Tipo de estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
MEDIA	cambio climático sobre la biodiversidad y que permitan plantear acciones de manejo adaptativo.			
MEDIA	Fomentar proyectos REDD+ Promover la inclusión de los bosques de la región a la iniciativa REDD+México- Proyectos piloto.-	X		Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por el CC: fuego en ecosistemas no adaptados, deforestación y transformación de zonas de captación de agua.

Las estrategias de prioridad muy alta inciden en diversos objetos de conservación e implican la participación de los siguientes actores institucionales:

Estrategia de prioridad muy alta	Objetos de conservación					Actores principales
	Acuífero cárstico	Selvas medianas y bajas	Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Manglares y humedales costeros	Dunas y playas arenosas	
Capacidades para el manejo del turismo Fortalecer las capacidades de las AP para el diseño, desarrollo e implementación de los programas de uso público con el enfoque de manejo adaptativo para atender las áreas de mayor presión turística dentro y fuera de las AP.	X	X	X	X	X	Secretaría de Turismo, CONANP.
Incentivos para proteger hábitats críticos y pagos por servicios ambientales Establecer políticas e instrumentos que incentiven la protección de los hábitats críticos para la conectividad y la resiliencia mediante un esquema de pago por servicios ambientales y otros instrumentos que incluyen integrar el concepto de cambio climático en ejercicios de planeación.	X	X	X	X	X	Secretaría de Turismo, CONANP.
Fortalecimiento actores pesqueros Fortalecer en capacidades y financiamiento a los actores involucrados en el co-manejo.	X	X	X	X	X	Instituto Nacional de la Pesca, prestadores de servicios, cooperativas de pesca, CONANP.
Investigación de la dinámica de acuífero Investigar el comportamiento del acuífero para determinar su capacidad de extracción.	X		X	X	X	CONAGUA, CICY, ECOSUR, UNAM, IMTA.
Co-manejo pesquero Manejo de recursos pesqueros con visión de co-manejo y tecnologías innovadoras.			X	X	X	Instituto Nacional de la Pesca, prestadores de servicios, cooperativas de pesca, CONANP.
Incentivos para proteger hábitats críticos Establecer políticas e instrumentos que incentiven y vinculen la protección de los hábitats críticos para la conectividad y la resiliencia de los paisajes con enfoque integral de manejo costero y cuencas. Es de especial relevancia la implementación de refugios pesqueros.			X	X	X	Corredor Biológico Mesoamericano - México, SEMARNAT, CONANP, COBI.



Estrategia de prioridad muy alta	Objetos de conservación					Actores principales
	Acuífero cárstico	Selvas medianas y bajas	Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Manglares y humedales costeros	Dunas y playas arenosas	
Restauración de infraestructura viva Restauración de manglares, vegetación de duna costera y estructura arrecifal, pastos marinos para protección de línea de costa e infraestructura turística.			X	X	X	CONANP, SEMARNAT, CONANP, CENAPRED.
Restauración de hábitats para recursos pesqueros Restauración y conservación de humedales y manglares para protección y mantenimiento de las poblaciones de especies con valor para las pesquerías.			X	X		Instituto Nacional de la Pesca, prestadores de servicios, cooperativas de pesca, CONANP.

Perspectivas para el monitoreo

En las acciones de monitoreo de los impactos y las perturbaciones inducidas por el CCG es fundamental considerar indicadores biológicos que posiblemente ya sean registrados de manera sistemática en las ANP o en la región, y que pueden resultar prácticos en términos de costo (cuadro 1). La CONANP, a través de su Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (SIMEC),³ realiza en distintas zonas de la Península de Yucatán actividades de monitoreo que pueden revelar información sobre los impactos que podrían estar asociados al CCG (cuadro 2). Sobre este respecto, se ha observado que muchos insectos han

respondido rápidamente al CCG y se tienen ya evidencias sólidas. Por ejemplo, 16 especies de mariposas en el centro de España han movido sus rangos altitudinales por 212 metros en los últimos 30 años (Wilson *et al.*, 2005). Si bien en esta región no hay un gradiente de altitud significativo, las mariposas y otros insectos pueden ser también indicadores en este caso, ya que pueden mostrar cambios de distribución en los ejes latitudinal y longitudinal. Es por ello que dentro de este proyecto se ha propuesto utilizar a las mariposas como indicadores biológicos de cambios ambientales, incluyendo los inducidos por el CCG (Pozo, *com. pers.*).

Cuadro 1. Esfuerzos de monitoreo de especies y ecosistemas realizados en la región.

Especie, grupo o proceso que ha sido monitoreado en la región	Fuente
Arrecifes de coral	Gutiérrez y García, 1995; Gutiérrez et al., 1996; Nuñez <i>et al.</i> , 1999; Ruiz <i>et al.</i> , 1999; Walker et al., 2004; Wilkinson y Souter, 2008; Amigos de Sian Ka'an - GVI México, 2009; Arias <i>et al.</i> , 2009; García Salgado <i>et al.</i> , 2006, 2008; McField y Kramer, 2007.
Quirópteros	Colmenero <i>et al.</i> , 1992.
Aves acuáticas	Correa <i>et al.</i> , 1990-1992.
Agregaciones reproductivas de peces arrecifales	Amigos de Sian Ka'an y COBI, 2010; Franquesa, 2008; Research Planning, 2003; Sosa <i>et al.</i> , 2002.
Bosques tropicales	Cortina <i>et al.</i> , 1999.
Fuego	CONABIO.
Cocodrilo americano (<i>Crocodylus acutus</i>)	Charruau desde 2003 en Banco Chinchorro.

3 http://www.conanp.gob.mx/acciones/monitoreo_simec.php

Cuadro 2. Actividades de monitoreo biológico realizadas por la CONANP en la Península de Yucatán y el Caribe Mexicano.

Área Natural Protegida	Especie o grupo biológico bajo monitoreo
Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam	Tiburón Ballena (<i>Rhincodon typus</i>)
Parque Nacional Costa Occidental, de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	Corales de Dedo (<i>Porites porites</i>)
Parque Nacional Arrecife Alacranes	Tortuga Verde (<i>Chelonia mydas</i>)
Parque Nacional Arrecifes de Cozumel	Corales
Reserva de la Biosfera Ría Lagartos	Avifauna
Reserva de la Biosfera Sian Ka'an	Langosta espinosa (<i>Panulirus argus</i>)
Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro	Cocodrilo americano (<i>Crocodylus acutus</i>)

El diseño de nuevos esfuerzos de monitoreo para registrar, tanto los impactos del CCG en la región, como el desempeño de las acciones de adaptación implementadas, deberá tomar como base trabajos valiosos elaborados para planear el monitoreo de la salud de ecosistemas y especies en esta región. Por ejemplo, para la medición de avances en las acciones de conservación del complejo Sian Ka'an-Arrecifes de SK-Uaymil, se elaboró un plan de monitoreo que sin duda es una base importante (Cepeda *et al.*, 2007). En lo que respecta al monitoreo en el arrecife mesoamericano, existe un manual de métodos para homologar los esfuerzos de monitoreo que se efectúen en toda la región (Almada *et al.*, 2003). Otra fuente sustancial para diseñar sistemas de monitoreo ecológico en arrecifes de coral es el trabajo sobre los arrecifes australianos (Hill y Wilkinson, 2004).

Como resultado del proyecto para la conservación y uso sostenible del Sistema Arrecifal Mesoamericano, se publicó la Línea base del estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano en 2006, y contiene los resultados del monitoreo de arrecifes de coral, pastos marinos,

manglares y contaminación marina. Éste fue un gran esfuerzo en donde se unificaron las metodologías de muestreo para los cuatro países (México, Belice, Guatemala y Honduras). A la fecha se continúa con este monitoreo en las diversas áreas de la región del SAM. En 2008 se publicaron los resultados y tendencia del monitoreo de 2004 a 2008 en cuanto a los arrecifes de coral (García Salgado *et al.*, 2008).

Es importante recalcar que los esfuerzos de monitoreo y estudio de los impactos asociados al cambio climático en este complejo de áreas protegidas se enmarquen en el contexto más amplio de todo el Caribe, y de esta forma contribuir a entender la dinámica de estos impactos a una escala mayor en toda la región del Caribe (Rivera, Monroy *et al.*, 2004).

A continuación se presentan indicadores y grupos biológicos que pueden ser de interés para evaluar el impacto del CCG sobre los ecosistemas, objetos focales de conservación y los servicios ecosistémicos en este complejo de áreas protegidas en el Caribe de México.

a) Gran acuífero cárstico y selvas medianas y bajas

Indicador	VARIABLES	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
Mariposas diurnas (16 spp. pre-seleccionadas)	Datos de abundancia; paralelamente registros de temperatura y humedad, floración de plantas nectaríferas.	Sistema de monitoreo de ECOSUR con trampeo.
Fuego	Magnitud, frecuencia y distribución de incendios; causas y comportamiento. Acumulación de combustibles.	Sistemas de monitoreo de CONANP, CONABIO, ECOSUR-Universidad de Clark.
Árboles perennifolios	Estructura poblacional y fenología.	Red de parcelas permanentes (en formación); parcelas del inventario forestal
Vegetación	Cobertura de cada tipo de vegetación.	Serie INEGI (cada 5 años)
Agua subterránea	Calidad, características químicas, profundidad del lente de agua dulce, volúmenes de extracción, aspectos estructurales (cavernas, canales, etc).	Registros CONAGUA; Cenotes-ECOSUR, CINVESTAV, UADY. CINDAQ UCIA -CICY Proyecto Amigos de Sian Ka'an en Tulum y Akumal



Adicionalmente se identificó a una serie de especies y grupos biológicos que pueden ser de interés para evaluar los impactos

del cambio climático y por ello ser indicadores candidatos para esfuerzos de monitoreo específicamente enfocados a ello:

Objeto de conservación	Especie o Grupos de especies	Calidad como Indicador
Acuífero (Cenotes y cuerpos de agua dulce)	Tenguayaca (<i>Petenia splendida</i>)	Media
	Zooplankton	Alta
	Especies endémicas en cenotes	Alta
Selvas medianas y bajas	Lepidópteros (Mariposas)	Alta
	Quirópteros (Murciélagos)	Por determinar
	Árboles Perennifolios (Ej. <i>Manilkara</i>)	Alta
	Micorrizas	Alta
	Líquenes	Alta
	Abejas	Alta
	Hormigas	Alta
	Comunidades de roedores	Alta
Escarabajos coprófagos	Alta	

b) Arrecifes, pastos marinos y macroalgas

Indicador	Variable	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
Arrecifes: herbívoros, peces loro Sacridae, corales duros, macroalgas y depredadores tope.	Abundancia, densidad, tallas, cobertura de coral vivo, mortalidad, presencia, blanqueamiento y enfermedades, reclutamiento, complejidad de estructura, cobertura de algas	AGRA (Protocolo). SAM-PMS. Videotranssectos. Ecosistémico.
Estadísticas pesqueras.	Desembarques (captura), toneladas por mes y zona. Esfuerzo de pesca (número de pescadores y embarcaciones, tiempos).	Programa de estadísticas pesqueras.
Agregaciones reproductivas de meros.	Abundancia y tallas de meros.	ECOSUR, ASK, CONANP
Pastos marinos	Cobertura. Preferencia del pasto por las tortugas marinas.	Braun-Blanquet (Protocolo)
Larvas y post-larvas de peces, langosta y caracol.	Densidad (No/m ³), número/colector.	Monitoreo de larvas y poslarvas.
Elementos abióticos	Calidad del agua. Tasa de sedimentación. Color del océano. Corrientes.	<i>Healthy Reef</i> - Guía de indicadores.
Variables socioeconómicas y generadores de cambio.	Aportación económica de actividades marinas. Uso de recursos naturales. Percepción de recursos naturales. Índice de desarrollo costero. Índice de desarrollo turístico. Índice de sostenibilidad del turismo.	Completar con <i>Healthy Reef</i> -Guía de indicadores. CINVESTAV (Xcalak)

En adición a lo anterior, se identificaron especies o grupos de especies que podrían ser indicadores candidatos para evaluar

los impactos del cambio climático sobre el objeto focal de conservación:

Objeto de conservación	Especie o Grupos de especies	Calidad como Indicador
Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Hervíboros, peces loro (Scaridae)	Alta
	Corales blandos	Baja
	Corales duros	Alta
	Fauna coralívora	Media
	Pastos marinos	Alta
	Depredadores tope (meros y afines, Serranidae)	Alta
	Caracol rosado (<i>Strombus gigas</i>)	Baja
	Langosta (<i>Panulirus argus</i>)	Media
	Productores primarios (Algas carnosas)	Alta

c) Manglares y humedales costeros

Indicador	Variables	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
4 especies de mangle	- Potencial de migración/crecimiento del sistema de manglar (formación de suelo, aporte de sedimento vía laguna costera o arrastre de la selva, potencial de formación de raíces nuevas, salinidad)	Programa de evaluación del sistema de manglar en la PY. PSA en humedales CONAFOR. Inventario Nacional de Manglares. Cambio de uso de suelo y cartografía de manglares.
Cocodrilos (<i>Crocodylus acutus</i> y <i>C. moreletii</i>)	- Estructura poblacional - Abundancia - Condición de salud	Proyecto de monitoreo
Manatí (<i>Trichechus manatus</i>)	- Presencia de hembras con cría - Distribución espacial (abundancia) - Alimento disponible - Condición de salud	Conservación del Manatí en la costa de Quintana Roo
Especies de peces con valor comercial (estadios juveniles)	- Estimaciones de abundancia	Refugios pesqueros Diagnóstico pesquero Monitoreo de larvas

d) Dunas costeras y playas arenosas

Especie o grupo de especies	Indicador / variables	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
Tortugas marinas	Número de nidos y sobrevivencia. Superficie disponible para la anidación. Éxito de anidación. Condición de salud	Proyecto Nacional de Monitoreo Comité Estatal de Tortugas Marinas
Cocodrilo americano	Número de nidos. Éxito de anidación	
Dunas	Superficie Estructura Estabilidad	

Carranza (2010) sugiere realizar el monitoreo sistemático de las playas arenosas, ya que los factores de erosión costera, asociados o no al cambio climático tienen un impacto diferencial en las playas.

Algunos de las variables que podrían irse registrando de manera sistemática para evaluar los efectos asociados al cambio climático pueden incluir los siguientes:

- Salinidad y pH en sitios seleccionados de los humedales costeros.
- Salinidad y pH en aguas subterráneas.
- Niveles máximos de marea alta.
- Distancia de intrusión del mar durante eventos extremos.
- Saturación de aragonita (CaCO_3) en sitios seleccionados de los arrecifes y mar abierto incluyendo zonas de surgencia y SPAGs.



Es importante mencionar que la Red Mexicana de Manejo Integral Costero-Marino ha efectuado una propuesta de sistema de indicadores que permitan la medición de los impactos del cambio climático sobre las áreas costeras y marinas de México (Azuz *et al.*, 2010a, 2010b). El sistema propuesto enumera una amplia diversidad de indicadores útiles para medir los impactos, no sólo sobre las actividades humanas, la economía y la infraestructura, sino también sobre los aspectos ecológicos en distintos ecosistemas, por lo que resulta un excelente punto de partida para comenzar a definir

acciones en las áreas naturales protegidas para poder medir algunos de estos indicadores de manera sistemática.

Finalmente es importante indicar que los esfuerzos para un monitoreo coordinado en el contexto del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) deben mantenerse o iniciarse según sea el caso, y para ello se han hecho diversos trabajos que es necesario retomar. El monitoreo debe abarcar la eficiencia del manejo de las áreas de conservación y de los rendimientos pesqueros.

Conclusiones

Las perturbaciones e impactos asociados al CCG sobre ecosistemas y especies requiere que la planeación de nuevas áreas protegidas y el manejo de existentes y futuras incorporen información actualizada, producida por universidades y centros de investigación a través de estudios especializados (Halpin, 1997; Hannah *et al.*, 2007; Pyke y Fischer, 2005; Shadie y Epps, 2008; Vandall *et al.*, 2006). Por ello es fundamental que se elaboren agendas regionales de investigación en materia de cambio climático y se inviertan recursos para realizar estudios estratégicos para la adaptación.

No obstante, las evidencias de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad y ecosistemas en distintas partes del planeta son una razón más que suficiente para comenzar a determinar con la mejor información disponible, estrategias y medidas de adaptación basadas en el principio precautorio y buscando contribuir a la resiliencia, tanto de ecosistemas, como de las comunidades humanas y las actividades económicas en la región, es decir, una adaptación con base en ecosistemas.

En este reporte se presenta una primera aproximación sobre las estrategias de adaptación que pueden considerarse, no sólo para contribuir a conservar la biodiversidad y ecosistemas dentro de las áreas protegidas existentes, sino sobre todo para buscar mantener

su conectividad hacia el resto de los paisajes donde están insertas. De esta resiliencia dependerá que los ecosistemas, en el contexto de anomalías abruptas en las condiciones climáticas que conlleva el cambio climático, puedan mantener su capacidad de proveer servicios ecosistémicos, indispensables para las actividades económicas que sostienen a la población humana en esta región.

La complejidad de la problemática del impacto del cambio climático sobre los ecosistemas y las actividades productivas en el Caribe Mexicano, visualizada en este proyecto, deja en claro la enorme necesidad de avanzar para contar con una legislación que considere el cambio climático, y para contar con las capacidades institucionales y los recursos humanos que permitan implementar con eficiencia las medidas de adaptación y, al mismo tiempo, enfrentar las amenazas no asociadas al cambio climático, sobre todo al interior de las áreas naturales protegidas.

Una manera eficiente para enfrentar los impactos asociados al cambio climático en el Caribe de México es detonar un plan o programa regional de adaptación que involucre a los diversos sectores. En un contexto más amplio, es decir, considerar varios otros sectores, y no sólo al ambiental, se han propuesto las siguientes amenazas asociadas al cambio climático (CRC-URI-IRG, 2009.):



Sector	Amenazas asociadas al cambio climático
Maricultura	<ul style="list-style-type: none"> El incremento en la temperatura del agua puede generar cambios impredecibles sobre la productividad en la acuicultura. Los cambios en las condiciones ambientales pueden incrementar el stress y la vulnerabilidad a patógenos en los cultivos. Un decaimiento general en la productividad oceánica reduce los alimentos de peces silvestres utilizados como insumos para la maricultura. Cambios en los patrones climáticos y los eventos meteorológicos extremos reducen la productividad y pueden afectar las operaciones al dañar infraestructura y los bancos de organismos.
Recreación y turismo	<ul style="list-style-type: none"> Las tormentas, la erosión y la precipitación causan daños a la infraestructura y la pérdida de playas. Se compromete la calidad del agua y se incrementan los cierres de playas. Incrementos en los costos de seguros en el turismo en costas de alto riesgo.
Recursos de agua dulce	<ul style="list-style-type: none"> Mayor intrusión de agua salada en fuentes de agua dulce. Incremento de agua salada en estuarios y ríos costeros. Decremento de la precipitación, facilitando la intrusión de agua de mar y exacerbando los problemas de disponibilidad de agua.
Asentamientos humanos	<ul style="list-style-type: none"> Inundaciones costeras provocando la necesidad de reacomodos tierra adentro. Daño a edificios e infraestructura por el incremento de tormentas intensas y exposición a las inundaciones. Incremento del nivel del mar que aumenta los niveles del agua durante las tormentas. Se reduce el área libre bajo los puentes. Sumergimiento de estructuras de defensa costera. Degradación de la infraestructura natural que defiende la costa de la erosión.
Salud humana	<ul style="list-style-type: none"> Stress por periodos extremadamente calurosos. Pérdidas de vidas y enfermedades causados por los eventos meteorológicos extremos. Mal alimentación y escasez de alimentos durante eventos extremos. Aumento en la dispersión de enfermedades como el dengue y la malaria, enfermedades infecciosas gastrointestinales y algas tóxicas (Ciguatera)
Diversos	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de tierras y propiedades. Conflictos en el uso del agua causados por la escasez Migración de población humana a las urbes ante una baja en la productividad oceánica.

Es cuando pueden implementarse medidas de adaptación en beneficio de más de un sector, y por ello promover la concurrencia de capacidades y recursos. Así se generan medidas de adaptación con base en ecosistemas, en beneficio de la sustentabilidad y la adaptación de manera paralela.

Por ejemplo, al considerar distintas metas prioritarias, el Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island y el Grupo de Recursos Internacionales (2009) propusieron las siguientes medidas de adaptación ante el cambio climático en zonas costeras:

Medidas de adaptación	Descripción
Ecosistemas costeros funcionales y saludables como meta prioritaria	
Protección y restauración de humedales costeros	Proveen áreas de crianza para las pesquerías, así como servicios ambientales para las comunidades y sus modos de vida. Sirven como un filtro natural para el agua y dan amortiguamiento a los ecosistemas costeros.
Acuerdos de conservación de ecosistemas marinos	Acuerdos formales e informales entre las partes para intercambiar beneficios y emprender acciones, transferir ciertos derechos y responsabilidades con el fin de restaurar y proteger ecosistemas costeros y marinos.
Áreas marinas protegidas	Protegiendo las zonas de entremareas, sus rasgos culturales, flora y fauna, con un manejo integral que puede conjuntar una serie de medidas de adaptación.
Pagos por servicios ambientales	Diseñando una serie de instrumentos financieros a través de los cuales los beneficiarios de los servicios ecosistémicos compensan a quienes mantienen estos servicios, constituyendo una manera de financiar el desarrollo sustentable.
Construyendo un ambiente menos expuesto como meta prioritaria	
Alimentación de dunas y playas arenosas	Involucra el añadir arena para agrandar las playas arenosas y dunas, y en algunos casos sembrar pastos y vegetación nativa. La tasa y el nivel de depositación de arena puede irse ajustando conforme se incrementa el nivel del mar.
Estándares de construcción	Delinean los requerimientos técnicos mínimos para diseñar y construir residencias e infraestructura comercial, con el fin de incrementar la seguridad y el bienestar de sus ocupantes. Pueden ser prescriptivos u orientados a objetivos específicos.



Medidas de adaptación	Descripción
Construyendo un ambiente menos expuesto como meta prioritaria	
Meter, tierra adentro, el límite permitido para construir en la zona costera	Ampliar la franja costera en la que se prohíbe el desarrollo de obras.
Infraestructura viva para la protección de litorales	Prácticas de manejo que incluyen el establecimiento en sitios estratégicos de rocas, rellenos de arena y otros materiales para favorecer el desarrollo de ecosistemas que constituyan una verdadera infraestructura viva para proteger el litoral.
Estabilización de estructura en el litoral	Protección del litoral estableciendo estructuras artificiales, muros y diques que ofrezcan protección al litoral.
Diversificación de modos de vida como meta prioritaria	
Implementación de buenas prácticas en el sector pesquero	Adaptando el manejo de las pesquerías y fortaleciendo las capacidades para enfrentar retos de largo plazo asociados al cambio climático. Pueden aplicarse a la producción, infraestructura, operaciones y protección de ecosistemas.
Implementación de buenas prácticas en el manejo de la acuicultura	Medidas de auto-fortalecimiento para una mayor costo-efectividad en el sector de la acuicultura (maricultura) para incrementar los beneficios derivados de esta actividad.
Mejores prácticas en las actividades turísticas	Acciones dirigidas a mejorar los servicios turísticos y negocios, minimizando los efectos adversos de estas actividades sobre los ecosistemas y las comunidades locales. Pueden incluir tanto medidas de adaptación como de mitigación.
Seguridad y protección de la población humana como meta prioritaria	
Reducción de riesgo a los desastres con acciones basadas en las comunidades	Una estrategia integral de manejo consistente de medidas orientadas a prevenir, mitigar o ayudar a prepararse ante los efectos de eventos extremos y desastres naturales. Puede conjuntar una serie de medidas diversas de adaptación.
Mapeo de zonas de riesgo por inundaciones	Mapeo a realizarse en las áreas más críticas para la población local y la infraestructura, así como para evitar construir infraestructura en áreas de alta probabilidad de inundación.
Planeación integral y gobernanza como meta prioritaria	
Manejo de las cuencas costeras	Manejo integrado de cuencas en un contexto costero, e incluyendo el manejo de las cuencas y los estuarios y humedales.
Manejo integrado de la zona costera	Estrategia que involucra la planeación y la toma de decisiones en articulación con el mejoramiento de las oportunidades económicas y las condiciones ambientales para las poblaciones costeras.
Planeación del manejo de áreas especiales	Dirigida a la detección y manejo adecuado de áreas que resultan críticas para la protección civil, la conservación de ecosistemas críticos, zonas fundamentales para las pesquerías, etc.

Una conclusión evidente es que, ante la gran incertidumbre, tanto en relación con los impactos del cambio climático en las próximas décadas, como en la respuesta de ecosistemas y poblaciones humanas a los mismos, resulta fundamental efectuar análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático, tanto sobre las especies clave para los ecosistemas, como sobre las poblaciones humanas de la región y sus actividades económicas. Estos análisis de vulnerabilidad deben basarse en el conocimiento científico acumulado y métodos adecuados que permitan determinar los niveles de resiliencia (resistencia y adaptación) de los ecosistemas y los sistemas productivos.

Adicionalmente a los análisis de vulnerabilidad de especies clave, otra prioridad es definir indicadores de resiliencia, tanto para especies, como para ecosistemas. McLeod *et al.* (2009) propone que algunos

indicadores que ayudan a identificar la resiliencia en los corales son reclutamientos altos y periódicos, la presencia de corales libres de enfermedades, rangos amplios de colonias de coral de diverso tamaño y edades (sugiriendo persistencia y reclutamiento a través del tiempo) y poblaciones robustas de peces herbívoros. Para el caso de los manglares, la abundancia de propágulos establecidos y la presencia de un rango amplio de tamaños sugieren un reclutamiento y sobrevivencia efectivos a través del tiempo.

La ampliación de áreas de conservación, sobre todo para contribuir a una mayor conectividad entre áreas protegidas, es sin duda una de las estrategias que podrían privilegiarse a través de incentivos de muy diversa índole. Elizondo y López (2009) documentaron distintas áreas de conservación voluntarias en las zonas de los ejidos ubicados entre las áreas protegidas de Sian Ka'an, Bala'an K'aax, y



Calakmul y sin duda éstas son una importante contribución para la conectividad. Por una parte será fundamental reforzar estas áreas de conservación voluntaria ya existentes, y por otro fomentar otras a través de incentivos.

Otras áreas de conservación que pueden contribuir son las reservas "geohidrológicas," que ya ha comenzado a decretar el estado de Quintana Roo con la primera Reserva Estatal Geohidrológica del Norte de Quintana Roo, con una extensión de 77 mil hectáreas. Con esta estrategia, el estado de Quintana Roo ha buscado proteger áreas de captación y filtrado de agua de lluvia que pueden ser importantes para el mantenimiento del acuífero.

El uso local del recurso agua es sin duda crucial para mantener la salud de los ecosistemas costeros marinos. Aunque existen lineamientos y

estrategias para un manejo del agua más sustentable y responsable (Morales López, 2007),²⁰ éstas son demasiado generales y se sigue sin contar con un marco normativo eficiente.

Finalmente, cabe señalar que los resultados aquí presentados no son sino un punto de partida para contribuir a promover la realización de estudios más asertivos y fundamentales para entender los impactos del cambio climático en los ecosistemas del Caribe Mexicano, y con ello en los servicios ambientales. Se espera que esta información detone una agenda de investigación y desarrollo de alternativas para adaptarse al cambio climático, con base en principios precautorios y a partir del fomento de la concurrencia de sociedades y gobiernos frente a un panorama difícil para el desarrollo sustentable y la conservación de la biodiversidad.

Referencias

- Aguilar-Perera, A., 2006. Disappearance of a Nassau grouper spawning aggregation off the southern Mexican Caribbean coast. *Marine Ecology Progress Series*. 327:289-296.
- Aguilar-Perera, A., Villegas, H. y A. Arrivillaga, 2009. Situación actual del mero de Nassau *Epinephelus striatus* en el arrecife Mesoamericano. TNC,USAID,UADY. México. 26 pp.
- Aguilar-Perera, A. y A. Tuz-Sulub. 2010. Non-native, invasive Red Lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus, 1758]: Scorpaenidae), is first recorded in the southern Gulf of Mexico, off the northern Yucatan Peninsula, México. *Aquatic Invasions*. 5:(2)S9-S12.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni c, H., Bachelet , D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J., Allard, J., Running, S.W., Semerci, A. and N. Cobb, 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660–684.
- Almada-Villela, P.C. , Sale, P.F., Gold-Bouchot , G. y B. Kjerfve, 2003. Manual de Métodos para el Programa de Monitoreo Sinóptico del Sistema Arrecifal Mesoamericano: Métodos Seleccionados para el Monitoreo de Parámetros Físicos y Biológicos para Utilizarse en la Región Mesoamericana. CCAD-GEF. Belice. 149 pp.
- Alongi, D.M., 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 76, 1-13.
- Alvarez, J.H. 2003. Trophic Model of a Fringing Coral Reef in the Southern Mexican Caribbean [Modelo Trófico para un Arrecife de Coral de Tipo Bordo- Barrera en el Sur del Caribe Mexicano] . *Fisheries Centre Research Reports* (2003), vol. 11(6): 227-235.
- Amigos de Sian Ka'an - GVI México, 2009. Reporte Anual 2009. Expedición Marina Pez Maya, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. 137 pp.
- Amigos de Sian Ka'an y Comunidad y Biodiversidad (COBI), 2010. Protección de agregaciones de peces en Sian Ka'an. Informe técnico para PNUD. Quintana Roo, México. 42 pp.
- Anderson, E.R., Cherrington, E.A., Flores, A.I., Pérez, J.B., Carrillo, R. and E. Sempris, 2008. Potential impacts of Climate Change on biodiversity in Central America, México and the Dominican Republic. CATHALAC / USAID. Panama City. 105 pp.
- Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B. and Cazzolla Gatti, R. (eds.), 2010. Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. Gland, Switzerland: IUCN. 164 pp.
- Aragao, L. E. O. C., Malhi, Y., Barbier, N., Lima, A., Shimabukuro, Y., Anderson, L. and Saatchi, S., 2008. Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 363, 1779-1785.
- Arias, J.E., 1998. Trophic models of protected and unprotected coral reef ecosystems in the South of the Mexican Caribbean. *Journal of Fish Biology* (1998) 53 (Supplement A): 236–255.
- Arias, E.J., Acosta, G., Hernández, R.C. y G.L. Franklin, 2009. Biodiversidad y Estado de Conservación del Arrecife Coralino frontal del Caribe Mexicano. CINVESTAV- Unidad Mérida. Informe Final CONACyT. Mérida Yucatán. 124 pp.

²⁰ Morales López, 2007

- Arrivillaga, A., y N. Windevoxhel. 2008. Evaluación Ecorregional del Arrecife Mesoamericano: Plan de Conservación Marina. The Nature Conservancy, Guatemala. 30 p. + Anexos.
- Azuz-Adeath, I., J.L. Ferman, I. Espejel, E. Rivera-Arriaga y G. Seinger, y C. Vázquez González, 2010a. Antecedentes del proceso de construcción de indicadores para la gestión costera y marina ante el cambio climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, Cety-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. México . Pp. 873-900.
- Azuz-Adeath, I., M. C. Arredondo-García, I. Espejel, E. Rivera-Arriaga, G. Seingier y J. L. Ferman., 2010b. Propuesta de indicadores de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino, p. 901-940. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, Cety-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. México . Pp. 901-940.
- Basurto O., Martha y Patricia Díaz de B.. 1991. "Pesquerías de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y zonas aledañas. Plano." Amigos de Sian Ka'an. Boletín No. 8, Junio 1991
- Basurto, Origel Martha. 1992. "Plan de Manejo del Cangrejo Moro, (Menippe mercenaria (Say 1818)) en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an" en Basurto, M. et. al. 1992. Pesquerías alternativas en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Reporte. CRIP Puerto Morelos, Amigos de Sian Ka'an, Cancún, Q.Roo.
- Basurto O., Martha, Edith Zarate B., Luis. F. Perez M., Armando Pool K., Marco A. Martínez., Julieta Villanueva., Silvia Padilla., Pablo Ivan Caballero y Erasmo Aburto. 1992. Pesquerías alternativas en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Reporte. CRIP Puerto Morelos, Amigos de Sian Ka'an. A.C. Cancún, Q. Roo.
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- Batliori, E. y J.L. Febles, 2002. El agua subterránea en el desarrollo regional de la península de Yucatán. Avance y Perspectiva vol. 21: 67-77.
- Battles, J.J., Robards, T., Das, A., Waring, K., Gillies, J.K., Schurr, F., LeBlanc, J., Biging, G and C. Simon, 2006. Climate change impact on forest resources. California Climate Change Center. 45 pp.
- Bennett, G. and K. Jo Mulongoy, 2006. Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23, 100 pp.
- Bernier, P. y D. Schoene, 2009. La adaptación de los bosques y su ordenación al cambio climático: una visión de conjunto. Unasylva 231/232, Vol. 60.
- Bertin, R. I., 2008. Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. Journal of the Torrey Botanical Society, 135, 126-146. Bradley, N.L., A. C. Leopold, J. Ross and W. Huffaker, 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. PNAS-Proc. Natl. Acad. Sci. Vol. 96, pp. 9701-9704.
- Bezaury-Creel J.E. 1990. Censos aéreos para la ubicación de las zonas invadidas por casuarina en la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Amigos de Sian Ka'an A. C.
- Bezaury-Creel, J., Ochoa, L. y J.F. Torres, 2007. Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México. CONABIO, CONANP, The Nature Conservancy, Pronatura A.C., México D.F. Formato CD.
- Bezaury-Creel, J., 2010. Las áreas naturales protegidas costeras y marinas de México ante el cambio climático. In: Rivera Arriaga, E., I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G. J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio climático en México: un enfoque costero y marino. Universidad Autónoma de Campeche, Cety-Universidad. Gobierno del Estado de Campeche. México. Pp.689-736.
- Biringer, J., 2003. Forest Ecosystems Threatened by Climate Change: Promoting Long-term Forest Resilience. In: Hansen, L.J., Biringer, J.L. and J.R. Hoffman (eds.), 2003. Buying time: A user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems. World Wildlife Fund. Washington D.C. Pp. 43-71.
- Björk M., Short F., E. Mcleod, S. Beer. 2008. Managing Seagrasses for Resilience to Climate Change. IUCN, Gland, Switzerland. 56pp.
- Bolio, K.M., 2007. Caracterización y descripción pesquera del sitio de agrupación de peces "El Blanquiza-Santa Julia", Quintana Roo, México: Invierno 2004-Primavera 2005. Tesis Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo. México. 90 pp.
- Botkin, D. B., Saxe, H., Araujo, M. B., Betts, R., Bradshaw, R. H.W., Cedhagen, T., Chesson, P., Dawson, T. P., Etterson, J. R., Faith, D. P., Ferrier, S., Guisan, A., Hansen, A. S., Hilbert, D.W., Loehle, C., Margules, C., New, M., Sobel, M. J. and Stockwell, D. R. B., 2007. Forecasting the effects of global warming on biodiversity. Bioscience, 57, 227-236.
- Buenfil, J. (ed.), 2009. Adaptación a los impactos del cambio climático en los Humedales Costeros del Golfo de México. 2 Vols., Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. México.
- Bueno, R., Herzfeld, C., Stanton, E. y F. Ackerman, 2008. El Caribe y el Cambio climático: Los costos de la Inacción. Stockholm Environment Institute—US Center Global Development and Environment Institute, Tufts University. 35 pp.
- Burke, L. and J. Maidens, 2004. Reefs at risk in the Caribbean. World Resources Institute. Washington D.C., 80 pp.
- Bush, M. B., Silman, M. R., McMichael, C. and Saatchi, S., 2008. Fire, climate change and biodiversity in Amazonia: a Late-Holocene perspective. Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences, 363, 1795-1802.
- Campbell A., Kapos V., Lysenko I., Scharlemann J.P.W., Dickson B., Gibbs H.K., Hansen M., Miles L. 2008. Carbon emissions from forest loss in protected areas. UNEP World Conservation Monitoring Centre. 38 pp.
- Campbell, A., Kapos, V., Scharlemann, J.P., Bubb, P., Chenery, A., Coad, L., Dickson, B., Doswald, N., Khan, M.S., Kershaw, F. and M. Rashid , 2009. Review of the literature on the links between Biodiversity and Climate Change: Impacts, Adaptation and Mitigation. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal. Technical Series No. 42. 124 pp.

- Carranza-Edwards, A. 2010. Causas y consecuencias de la Erosión de playas. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) *Impactos del Cambio climático sobre la Zona Costera*. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México. Pp. 36-50.
- Carpenter, K. E., Abrar, M., Aeby, G., Aronson, R. B., Banks, S., Bruckner, A., Chiriboga, A., Cortes, J., Delbeek, J. C., DeVantier, L., Edgar, G. J., Edwards, A. J., Fenner, D., Guzman, H.M., Hoeksema, B.W., Hodgson, G., Johan, O., Licuanan, W. Y., Livingstone, S. R., Lovell, E. R., Moore, J.A., Obura, D. O., Ochavillo, D., Polidoro, B.A., Precht, W. F., Quibilan, M. C., Reboton, C., Richards, Z. T., Rogers, A. D., Sanciangco, J., Sheppard, A., Sheppard, C., Smith, J., Stuart, S., Turak, E., Veron, J. E. N., Wallace, C., Weil, E. and Wood, E., 2008. One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts. *Science*, 321, 560-563.
- Carrillo-Rivera, J.J., Cardona, A., R. Huizar-Alvarez and E. Graniel, 2007. Response of the interaction between groundwater and other components of the environment in Mexico. *Environ. Geol.*, DOI 10.1007/s00254-007-1005-2.
- Centeno, O. (Comp.), 2008. Identificación de oportunidades para la creación de sinergias y coordinación en la región del arrecife mesoamericano. Memoria Taller Regional. Guatemala Agosto 2007. The Nature Conservancy. 34 pp.
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2005. La pesca ilegal de langosta y caracol rosado en el estado de Quintana Roo. México. 6 pp.
- Cepeda, M.F., Lasch, C., Ortiz, A.O., Ursúa, F., Franquesa A., Bermúdez, D., Morales J. y M. Reza (Comp.), 2007. Programa de Monitoreo del Plan de Conservación del Complejo Sian Ka'an. TNC, CONANP, Amigos de Sian Ka'an, US AID. Mérida, Yucatán. México. 123 pp.
- Charruau, P., 2005. Status and Conservation of the American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in Banco Chinchorro Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. *Herpetological Review*, 2005, 36(4), 390-395.
- Charruau, P., J.B. Thorbjarnarson and Y. Hénaut. 2010. Tropical cyclones and reproductive ecology of *Crocodylus acutus* Cuvier, 1807 (Reptilia: Crocodylia: Crocodylidae) on a Caribbean atoll in Mexico. *Journal of Natural History* 44: 741-761.
- Chávez, E. y E. Hidalgo, 1984. Spatial structure of benthic communities of Banco Chinchorro, México. En: *Advances in reef science. Joint Meeting I.S.R.S. and Atoll Reef Comm. Univ. of Miami. Oct. 26-28. Abst:19-20.*
- Church, J.A., 2001. How Fast Are Sea Levels Rising?. *Science*. 294: 802-803
- Cinner, J., 2000. Socioeconomic Influences on Coastal Resource Use in Mahahual, Mexico. Kingston, Rhode Island USA: Department of Marine Affairs, University of Rhode Island. 102 pp.
- Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. and Schwartz, M. D., 2007. Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 22, 357-365.
- Clewell, A., Rieger, J. and J. Munro, 2005. Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects. Society for Ecological Restoration International. 2nd. ed.
- Coastal Resources Center–University of Rhode Island (CRC–URI) and International Resources Group (IRG), 2009. *Adapting To Coastal Climate Change: A Guidebook for Development Planners*. USAID. NOAA. 147 pp.
- Cochrane, K.; De Young, C.; Soto, D.; Bahri, T. (eds), 2009. *Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530. Rome, FAO. 212 pp.
- Cole, D.N., Yung, L., Zavaleta, E., Aplet, G.H., Chapin, F., Graber, D., Higgs, E., Hobbs, R., Landres, P., Millar, C., Parsons, D., Randall, J., Stephenson, N., Tonnessen, K., White, P. and S. Woodley, 2008. *Naturalness and Beyond: Protected Area Stewardship in an Era of Global Environmental Change*. The George Wright Forum. 25(1): 36-56.
- Colette, A., 2007. *Case studies on Climate Change and World Heritage*. UNESCO World Heritage Centre. Paris. 79 pp.
- Colmenero R. Luz del Carmen, Julio Castillo E. Julio Juárez G. 1992. Evaluación de las condiciones del habitat de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an a través del monitoreo de la quiropterofauna. Reporte Temporada 1992. Amigos de Sian Ka'an A.C., Biosilva A.C. Documento Interno.
- CONABIO. 2009. *Manglares de México: Extensión y distribución*. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- CONANP, 2009. Programa de alerta temprana y control del "Pez León" (*Pterois sp.*). Dirección Regional Península de Yucatán y Caribe Mexicano. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- CONANP, 2010. Estrategia de Cambio climático para Áreas Protegidas. SEMARNAT– Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. UASID-USFS-Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. 40 pp.
- Correa S. Jorge, Jesús García B., Bárbara M. de Montes, Juan Bezaury C. 1990,1991,1992. Evaluación de las condiciones del habitat de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an a través del monitoreo de las aves acuáticas. Planos y reportes de los vuelos. Amigos de Sian Ka'an A.C.
- Cortina, S., Macario, P. y Y. Ogneva-Himmelberger, 1999. Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas. Boletín* 38: 41- 56.
- Cotton, P.A., 2003. Avian migration phenology and global climate change. *PNAS*, 100 (21): 12219–12222.
- Cooper, M.J., Beevers, M.D. and M. Oppenheimer, 2008. The potential impacts of sea level rise on the coastal region of New Jersey, USA. *Climatic Change* (2008) 90:475–492
- Crane Droesch, A., N. Gaseb, P. Kurukulasuriya, A. Mershon, K. Mai, D. Rankine and A. Santos, 2008. *A Guide to the Vulnerability Reduction Assessment*. UNDP Working Paper. 13 pp.
- CRC–URI, IRG, Coastal Resources Center–University of Rhode Island and International Resources Group. 2009. *Adapting To Coastal Climate Change, a Guidebook for Development Planners*. United States Agency for International Development (USAID). 147 pp.

- http://www.usaid.gov/our_work/cross-cutting_programs/water/news_announcements/coastal_climate_change_report.html
- Crooks, S., Herr, D., Laffoley, D., Tamelander, J. and Vandever, J. 2010. Capturing and Conserving Natural Coastal Carbon: Building mitigation, advancing adaptation. 2010. World Bank, IUCN, ESA PWA. 8 pp.
- Crooks, S., D. Herr, J. Tamelander, D. Laffoley, and J. Vandever. 2011. "Mitigating Climate Change through Restoration and Management of Coastal Wetlands and Near-shore Marine Ecosystems: Challenges and Opportunities." Environment Department Paper 121, World Bank, Washington, DC. 59 pp.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J., and B. M. Wotton, 2001. Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience* 51(9): 723-734.
- Díaz Quijano, J.J., 2009. Informe del Incendio en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an 2009. RB Sian Ka'an, Programa de combate y control de incendios forestales. 6 pp.
- Dodd, A., Hardiman, A., Jennings, K. & G. Williams, 2010. Protected areas and climate change: Reflections from a practitioner's perspective. *Utrecht Law Review*. Volume 6, Issue 1.
- Domeier, M.L., P.L. Colin, T.J. Donaldson, W.D. Heyman, J.S. Pet, M. Russell, Y. Sadovy, M. Samoilys, A. Smith, B.M. Yeeting, S. Smith and R.V. Salm. 2002. Transforming coral reef conservation: reef fish spawning aggregations component-working group report. 15 April 2002, The Nature Conservancy, 86 pp.
- Doyle, T.W., K. Krauss, W.H. Conner and A. S. From, 2010. Predicting the retreat and migration of tidal forests along the northern Gulf of Mexico under sea-level rise. *Forest Ecology and Management* 259: 770-777.
- Dudley, N., 2003. No Place to Hide: Effects of Climate Change on Protected Areas. *Equilibrium*, WWF Climate Change Programme. 11 pp.
- Dudley, N., S. Stolton, A. Belokurov, L. Krueger, N. Lopoukhine, K. MacKinnon, T. Sandwith and N. Sekhran (eds.), 2010. *Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change*, IUCN/WWCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank and WWF, Gland, Switzerland, Washington DC and New York, USA. 126 pp.
- Dunlop, M., & Brown, P.R. 2008. Implications of climate change for Australia's National Reserve System: A preliminary assessment. Report to the Department of Climate Change, February 2008. Department of Climate Change, Canberra, Australia. 188 pp.
- Elizondo, C., y D. López, 2009. Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo. *Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Acciones / Número 6*. CONABIO. 126 pp.
- Emanuel, K. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436:686-688.
- Ervin, J., K. J. Mulongoy, K. Lawrence, E. Game, D. Sheppard, P. Bridgewater, G. Bennett, S.B. Gidda and P. Bos. 2010. Making Protected Areas Relevant: A guide to integrating protected areas into wider landscapes, seascapes and sectorial plans and strategies. CBD Technical Series No. 44. Montreal, Canada: Convention on Biological Diversity, 94 pp.
- Falkowski, P. G. 2002. Los secretos del océano podrían salvar al planeta. *Scientific American Latinoamérica*. Septiembre 2002: 40-45.
- Field, J.C., D. F. Boesch, D. Scavia, R. Buddemeier, V. R. Burkett, D. Cayan, M. Fogarty, M. Harwell, R. Howarth, C. Mason, L. J. Pietrafesa, D. Reed, T. Royer, A. Sallenger, M. Spranger, y J. G. Titus, 2001. Potential Consequences of Climate Variability and Change on Coastal Areas and Marine Resources. Chapter 16. p. 461 -487. Derived from: Kleypas, J.A., J.W. McManus, and L.A.B. Menez, Environmental limits to coral reef development: Where do we draw the line? *American Zoologist*, 39:146- 159. In: National Assessment Synthesis Team (nast) Climate Change Impacts on the United States: The Potential Consequences of Climate Variability and Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, 612 pp.
- Foden, W., Mace, G., Vié, J.-C., Angulo, A., Butchart, S., DeVantier, L., Dublin, H., Gutsche, A., Stuart, S. and Turak, E. 2008. Species susceptibility to climate change impacts. In: J.-C. Vié, C. Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds). The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Gland, Switzerland. 11 pp.
- Food and Agricultural Organization, 2005. Impact of climate change, pests and diseases on food security and poverty reduction. Special event background document for the 31st. Session of the Committee on World Food Security. Rome.
- Franco, A.M.A., Hill, J. K., Kitschke, C., Collingham, Y. C., Roy, D. B., Fox, R., Huntley, B. and Thomas, C. D., 2006. Impacts of climate warming and habitat loss on extinctions at species' low-latitude range boundaries. *Global Change Biology*, 12, 1545-1553.
- Franquesa, A., 2008. Verificación de sitios de agregaciones reproductivas de peces arrecifales en la zona de influencia al sur de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Amigos de Sian Ka'an.-TNC. Informe Final. Cancún, México. 39 pp.
- Galbraith, H. and J. Price, 2009. A Framework for Categorizing the Relative Vulnerability of Threatened and Endangered Species to Climate Change. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. 113 pp.
- García-Rivas, M.C., 2010. Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. En: Schüttler, E. & Karez, C.S. (eds). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas*. UNESCO, Montevideo. Pp. 190-192.
- García Salgado M.A. et al. 2006. Línea de Base del Estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Proyecto del Sistema Arrecifal Mesoamericano. 167 pp.
- García Salgado, M.; Nava Martínez, G.; Bood, N.; Mcfield, M.; Molina Ramírez, A.; Yañez Rivera, B.; Jacobs, N.; Burton, S.; Vásquez, M.; Majil, I.; Cubas, A.; Domínguez Calderón, J.J.; Arrivillaga, A. 2008. Status of Coral Reef in the Mesoamerican Region. In *Status of Coral Reefs of the World*. Wilkinson, C. (ed.) AIMS. Australia. Pp. 233-244.
- García-Salgado, M.A., Nava-Martínez, G.G., Vasquez, M., Jacobs, N.D., Majil, I., Molina-Ramírez, M., Yañez-Rivera, B., Cubas, A., Domínguez-Calderón, J.J.,



- Hadad, W., Maldonado, M. and O. Torres. 2010. Declining Trend on the Mesoamerican Reef System Marine Protected Areas. Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008 Session number 18. Pp 883-888.
- García Salgado M.A. y G.G Nava Martínez, 2010. Repoblamiento de la zona de Cayo Centro con individuos de Caracol Rosado (*Strombus gigas*), para protección y manejo del recurso por la comunidad de pescadores de Banco Chinchorro. Proyecto MARFund – Fondo Mexicano para la conservación de la Naturaleza. Proyecto No. M-SA-E-VA17-09-03/ MEX 3-011.
- Gelting, R.J., 1995 Water and Population in the Yucatan Peninsula International Institute for Applied Systems Analysis. Working Paper. 22 pp.
- Gesch, D.B. 2009. Analysis of Lidar Elevation Data for Improved Identification and Delineation of Lands Vulnerable to Sea-Level Rise. *Journal of Coastal Research I* (53): 49–58.
- Gilman, E. L., Ellison, J., Duke, N. C. and Field, C., 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany*, 89, 237-250.
- Glick, P., Staudt, A. and B. Stein, 2009. A New Era for Conservation: Review of Climate Change Adaptation Literature. National Wildlife Federation. March 12, 2009. 69 pp.
- Goldberg, J. and C. Wilkinson, 2005. Global Threats To Coral Reefs: Coral Bleaching, Global Climate Change, Disease, Predator Plagues, and Invasive Species. In: *Status Of Coral Reefs Of The World: 2004*. Pp. 67-92.
- González-Herrera, R., Sánchez, I., and J.Gamboa, 2002. Groundwater-flow modeling in the Yucatan karstic aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal* (2002) 10:539–552.
- Granier C., E., I. Vera M., L. González H. y A. Cardona., 2005. Dinámica de la interfase salina y calidad del agua en la costa nororiental de Yucatán, México. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, V.5, p. 39-48, 2005.
- Guinotte, J.M. and Fabry, V. J., 2008. Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems. *Year in Ecology and Conservation Biology* 2008, 1134, 320-342.
- Gutiérrez, C. D. y C. García. 1995. Tercer informe de monitoreo de arrecifes de Quintana Roo. Amigos de Sian Ka'an A. C. y Biocenosis A. C. Mayo de 1995. Documento Interno.
- Gutiérrez, D., M. Lara-Perez Soto y G. García. 1996. Arrecifes Coralinos de Quintana Roo. Tampalam-Bacalar Chico. Biocenosis A.C. y Amigos de Sian Ka'an A.C. Reporte Interno.
- Halpin, P.N., 1997. Global climate change and natural-area protection: Management responses and research directions. *Ecological Applications* 7 (3): 828-843.
- Hannah, L., 2010. *Climate Change Biology*. Elsevier. NY and London. 402 pp.
- Hannah, I., Midgley, G., Anelman, S., Araújo, M., Hughes, G., Martinez-Meyer, E., Pearson R. and P. Williams, 2007. Protected area needs in a changing climate. *Front Ecol Environ* 2007; 5(3): 131–138.
- Hannah, L. and T.E. Lovejoy (eds.), 2003. *Climate change and Biodiversity: Synergistic Impacts*. Center for Applied Biodiversity Science. Conservation International. *Advances in Applied Biodiversity Science*. Washington, D.C., Number 4. 123 pp.
- Hansen, L.J., Biringer, J.L. and J.R. Hoffman (eds.), 2003. *Buying time: A user's manual for building resistance and resilience to climate change in natural systems*. World Wildlife Fund. Washington D.C. 246 pp
- Hare, J.A., and P. E. Whitfield. 2003. An integrated assessment of the introduction of lionfish (*Pterois volitans/miles* complex) to the western Atlantic Ocean. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 2. 21 pp.
- Harrison, P.A., Berry, P.M., Henriques, C. and Holman, I. P., 2008. Impacts of socio-economic and climate change scenarios on wetlands: Linking water resource and biodiversity meta-models. *Climatic Change*, 90, 113-139.
- Harvey, C.A., Dickson, B., and C. Kormos, 2010. Opportunities for achieving biodiversity conservation through REDD. *Conservation Letters* 3 (2010) 53–61.
- Heberger, M., Cooley, H., Herrera, P., Gleick, P.H. and E. Moore, 2009. The impacts of sea-level rise on the California coast. California Climate Change Center. The Pacific Institute. 101 pp.
- Heller, N.E. and E. S. Zavaleta, 2009. Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation*. 142: 14-32.
- Herrera Silveira, J.A., Medina Gómez, Arellano M. L., Mariño T.I., y Enríquez C. 2008. Distribución espacial de los pastos marinos en Bahía de la Ascensión y sus respuestas adaptativas a la heterogeneidad hidrológica del ecosistema: implicaciones de manejo y su importancia para el sistema arrecifal adyacente. Informe Final, CINVESTAV TNC. 82 pp.
- Herrera-Silveira, J.A., A. Zaldivar-Jimenez, C. Teutli-Hernandez, R. Perez-Ceballos y J. Caamal-Sosa, 2010. Los manglares de Yucatán y el cambio climático global. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual, y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *Cambio climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche CetyS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. México. Pp. 421-436
- Heyman, W.D., B. Luckhurst, M. Paz, and K.L. Rhodes. 2002. Reef fish spawning aggregations monitoring protocol for the wider Caribbean. The Nature Conservancy.
- Higgins, P.A. T., 2007. Biodiversity loss under existing land use and climate change: an illustration using northern South America. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 197-204.
- Hill, J. and C.Wilkinson, 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. Australian Institute of Marine Science. Reefbase, Global Coral Reef Monitoring Network (GCRFN), Reef Check. Australia. 117. Pp.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J. et al., 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Nature* 318, 1737–1742.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4:1-23.
- Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J., Kleypas, J., Lough, J.M.,



- Marshall, P., Nystrom, M., Palumbi, S.R., Pandolfi, J.M., Rosen, B. and J. Roughgarden, 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science* 301:929-933.
- Hughes, T. P., Rodrigues, M. J., Bellwood, D. R., Ceccarelli, D., Hoegh-Guldberg, O., McCook, L., Moltschaniwskyj, N., Pratchett, M. S., Steneck, R. S. and Willis, B., 2007. Phase shifts, herbivory, and the resilience of coral reefs to climate change. *Current Biology*, 17, 360-365.
- ICRI-CAR-CONANP-NOAA-REFF, 2010. Taller de Estrategia Regional para la atención del Pez león. Cancún, México. 27-28 de agosto de 2010. Resumen del taller. 22 pp.
- Instituto Nacional de Ecología, 2009. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. SEMARNAT. México. 281 pp.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2010. Vegetación y Uso del Suelo Serie IV. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Nacional de Ecología, 2007. Ecorregiones terrestres de México. Escala 1 : 1 000 000. México.
- IPCC , 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jardel-Peláez, E.J., J.M. Frausto-Leyva, D. Pérez-Salicrup, E. Alvarado, J.E. Morfín-Ríos, R. Landa y P. Llamas-Casillas. 2010. Prioridades de Investigación en Manejo del Fuego en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México DF. 35 pp.
- Kleypas, J.A., R.A. Feely, V.J. Fabry, C. Langdon, C.L. Sabine, and L.L. Robbins, 2006. Impacts of Ocean Acidification on Coral Reefs and Other Marine Calcifiers: A Guide for Future Research, report of a workshop held 18–20 April 2005, St. Petersburg, FL, sponsored by NSF, NOAA, and the U.S. Geological Survey, 88 pp.
- Krawchuck, M.A., M.A. Moritz, M. Parisien, J. Van Dorn and K. Hayhoe, 2009. Global Pyrogeography: The current and future distribution of Wildfire. *PLoS ONE*. 4(4): e5102.
- Laffoley, D.d'A. & Grimsditch, G. (eds). 2009. The management of natural coastal carbon sinks. IUCN, Gland, Switzerland. 53 pp
- Landa, R., Magaña, V. y C. Neri, 2008. Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 133 pp.
- Laurance, W.F. and G.B. Williamson, 2001. Positive feedbacks among forest fragmentation, drought and climate change in the Amazon. *Conservation Biology*. 15(6):1529-1535.
- Lexer, M.J. and R. Seidl, 2009. Addressing biodiversity in a stakeholder-driven climate change vulnerability assessment of forest management. *Forest Ecology and Management* 258 (2009):158–167.
- Liu, Y., J. Stanturf and S. Goodrick, 2010. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management*. 259: 685-697.
- López-Medellín, X., E. Ezcurra, C. González-Abraham, J. Hak, L.S. Santiago and J. O. Sickman. 2011. Oceanographic anomalies and sea-level rise drive mangroves inland in the Pacific coast of Mexico. *Journal of Vegetation Science* 22: 143–151.
- Loreto, V.R. M. Lara Pérez S y A. Vega Z., 2000. Informe Final de la Caracterización de Arrecifes Coralinos de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Quintana Roo, México. Amigos de Sian Ka'an, A.C., Cancún, Quintana Roo, México.
- Lourdes-Vásquez, M.C. 2004. Informe técnico final. Actualización de bases de datos de invertebrados (Rotífera, Cladocera y Copepoda) y peces. AA011. CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad). México.
- Lozano Ortiz L., Granados Barba A., Solís Weiss V. and M. García Salgado, 2005. Environmental Evaluation and Development Problems of Mexican Coastal Zone. *Ocean and Coastal Management* 48: 161-176.
- Lugo, A. E. and S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 5:39-64.
- Magaña, V. y E. Caetano, 2007. Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo, para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del sistema: cambio climático por estado y por sector. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Dirección General de Investigación sobre Cambio climático Instituto Nacional de Ecología. México. 41 pp.
- March, I.J., Echeverría, Y. y H. Cabral, 2010. Catálogo de Estrategias Generales de Adaptación para la Conservación de la Biodiversidad, el Mantenimiento de Ecosistemas Funcionales y sus Servicios frente a los impactos del Cambio climático” (Versión 2.0). The Nature Conservancy. Programa México y Norte de Centro América. Octubre 2010. 12 pp.
- Massot, M., Clobert, J. and Ferriere, R., 2008. Climate warming, dispersal inhibition and extinction risk. *Global Change Biology*, 14, 461-469.
- Maynard-Ford, M.C., Phillips, E.C., and Chirico, P.G., 2008, Mapping vulnerability to disasters in Latin America and the Caribbean, 1900–2007: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008–1294. 30 pp.
- Mazria, E and K. Kershner, 2007. Nation under Siege: Se Level Rise at our doorstep. A Coastal Impact Study Prepared by The 2030 Research Center. 34 pp.
- McField, M. and P. Richards Kramer. 2007. Healthy Reefs for Healthy People: A Guide to Indicators of Reef Health and Social Well-being in the Mesoamerican Reef Region. With contributions by M. Gorrez and M. McPherson. 208 pp.
- McField M. , N. Bood, A. Fonseca, A. Arrivillaga, A. Franquesa-Rinos, y R. M. Loreto-Viruel, 2008. Status of the Mesoamerica Reef after the 2005 Coral Bleaching Event. Chapter 5. p 45-60. In: C. Wilkinson, and D. Souter . Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152 pp.
- McKenzie, D., Z. Gedalof, D.L. Peterson and P.Mote, 2004. Climatic Change, Wildfire and Conservation. *Conservation Biology*. 18(4): 890-902.



- McLeod, E. and Salm, R. V., 2006. Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. IUCN, Gland, Switzerland. 64 pp.
- McLeod, E., Salm, R., Green, A. and J. Almany, 2009. Designing marine protected area networks to address the impacts of climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7.
- McLeod, E., Hinkel, J., Vafeidis, A.T., Nicholls, R., Harvey, N. and R. Salm, 2010. Sea-level rise vulnerability in the countries of the Coral Triangle. *Sustain Sci*, 16 pp.
- McWilliams, J.P., CoTe, I.M., Gill, J.A., Sutherland, W.J. and A. R. Watkinson, 2005. Accelerating Impacts Of Temperature-Induced Coral Bleaching In The Caribbean. *Ecology*, 86(8), 2005, Pp. 2055–2060.
- Medina, A., Herrera, A.R., Poot, G., Sosa, E., Bolio, K. y W. Haddad, 2004. Estudio preliminar de la agregación del mero *Epinephelus straitus* en el Blanquízal en la costa sur de Quintana Roo, México. *Proc. Gulf Carib. Fish Inst.* 55: 557-569.
- Medina, I., Mariño, I., Arellano L., Caamal, J. 2007. Distribución espacial de los pastos marinos en Bahía de la Ascensión y sus respuestas adaptativas a la heterogeneidad hidrológica del sistema: Implicaciones de manejo y su importancia para el sistema Arrecifal adyacente. *Reporte de Muestreo Secas 2007. CINVESTAV-TNC-CONANP*.
- Millar, C.I., Stephenson, N.L. and S. L. Stephens, 2007. Climate Change and Forests of The Future: Managing In The Face Of Uncertainty. *Ecological Applications*, 17(8): 2145–2151.
- Miller, K.J., and D.J. Ayre, 2008. Protection of genetic diversity and maintenance of connectivity among reef corals within marine protected areas. *Conservation Biology*, Volume 22, No. 5, 1245–1254
- Mohr, J., 2007. Biodiversity, Protected Areas, and Climate Change: A Review and Synthesis of Biodiversity Conservation in Our Changing Climate. 48 pp.
- Morales, J., 1993. Los Huracanes en la Península de Yucatán. Edición de autor. Mérida. 111 pp.
- Morales López, J.A., 2007. Estrategia de Manejo y Conservación de Recursos Hídricos para la Zona de Influencia Norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK). Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales Maestría en Gestión Integrada de Cuencas. 11 pp.
- Mumby, P.J., 2006. Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological Conservation*. 128:215–222.
- Mumby, P.J., A. J. Edwards, J. E. Arias-González, K.C. Lindeman, P. G. Blackwell, A. Gall, M. I. Górczynska, A. R. Harborne, C. L. Pescod, H. R. Colette, C. C. Wabnitz and G. Llewellyn, 2004. Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature* 427: 533-536.
- Munday, P. L., Jones, G. P., Pratchett, M. S. and Williams, A. J., 2008. Climate change and the future for coral reef fishes. *Fish and Fisheries*, 9, 261-285.
- Navarro L., D., R. y M. Medrano. 1991. El incendio en la zona norte de Quintana Roo: Impacto sobre la fauna. *Reporte Técnico. SEDUE*. 35 pp.
- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdes, L., DeYoung, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds). 2009. Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, www.grida.no
- Nicholls, R.J. and A. C. de la Vega, 2008. Implications of Sea-Level Rise for Europe's Coasts: An Introduction. *Journal of Coastal Research* 24 (2): 285–287.
- Nicholls, R.J., F.M.J. Hoozemans, and M. Marchand. 1999. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change* 9: S69-S87.
- Nicholls, R.J. and R. S. J. Tol, 2006. Impacts and responses to sea-level rise: a global analysis of the SRES scenarios over the twenty-first century. *Phil. Trans. R. Soc. A* (2006) 364: 1073–1095.
- Núñez-Lara, E, C. González-Salas, M.A. Ruiz-Zárate, R. Hernández-Landa and J. E. Arias-González, 1999. Condition Of Coral Reef Ecosystems In Central-Southern Quintana Roo (Part 2: Reef Fish Communities). in J.C. Lang (ed.), *Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program*. Atoll Research Bulletin 496. Pp. 338-358
- Nyström, M. and C. Folke, 2001. Spatial resilience of coral reefs. *Ecosystems*. 4:406-417.
- Oliver-Smith, A., 2009. Sea level rise and the vulnerability of coastal peoples: responding to the local challenges of global climate change in the 21st century. intersections 'interdisciplinary security connections'. Publication Series of UNU-EHS. No. 7/2009. 52 pp.
- Orellana, R., Espadas, C., Conde, C. y C. Gay, 2009. Atlas del Cambio climático en la Península de Yucatán. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY). Mérida, Yucatán. México. 111 pp.
- Ortiz-Lozano, L. A.L. Gutiérrez-Velázquez, A. Granados-Barba, 2009. Marine and terrestrial protected areas in Mexico: Importance of their functional connectivity in conservation management. *Ocean & Coastal Management* 52 (2009) 620–627.
- Ortiz-Pérez M.A., A. P. Méndez-Linares. 2000. Repercusiones por Ascenso del Nivel del Mar en el Litoral del Golfo de México. pp- 73 -85. En: Gay García Carlos (Compilador). 2000. México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, 220 p. http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/cambio_climatico/costas.pdf
- Ortuño, F., Jódar, J. y Jesús Carrera, 2008. Cambio climático y recarga de acuíferos en Cataluña. *Impactos hidrológicos*. 10 pp.
- Orr, J. et al., 2005. Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437:681-686.
- Orr, S., A. Cartwright and D. Tickner, 2009. Understanding water risks: A primer on the consequences of water scarcity for government and business. *WWF Water Security Series 4*. World Wildlife Fund – UK. London. 29 pp.
- Palumbi, S.R., 2001. The ecology of marine protected areas. In: Bertness, M.D., Gaines, S.D. and M.E. Hay (eds.) *Marine Community Ecology*. Sunderland. Sinauer.

- Parmesan, C., 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, 13, 1860-1872.
- Pech, D., 2010. Cambio climático global, eventos extremos y biodiversidad costera de la península de Yucatán, p. 263-276. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeth, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *Cambio climático en México un Enfoque Costero- Marino*. Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. México. Pp. 263-275.
- Peterson, A.T., Ortega, M.A., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R. and D. R. Stockwell, 2002. Future projections for mexican faunas under global climate change scenarios. *Letter to Nature*. *Nature*, 416: 626-629.
- Post, E.S., C. Pedersen, C.C. Wilmers and M. C. Forchhammer, 2008. Phenological Sequences Reveal Aggregate Life History Response To Climatic Warming *Ecology*, 89(2): 363-370.
- Primack, R.B., I. Ibáñez, H. Higuchi, S. Don Lee, A. J. Miller-Rushing, A. M. Wilson and J. A. Silander, 2009. Spatial and interspecific variability in phenological responses to warming temperatures. *Biological Conservation* 142 (2009) 2569-2577.
- Pyke, C.R. and D. T. Fischer, 2005. Selection of bioclimatically representative biological reserve systems under climate change. *Biological Conservation* 121 (2005): 429-441.
- Ramírez, P., 2005. Climate, Climate Variability and Climate Change in Central America: Review of experiences, actors and needs in tropical forest climate change vulnerability and adaptation in Central America. Consultancy Report. Turrialba, Costa Rica. August, 2005. 48 pp.
- Research Planning, Inc. (RPI), 2003. Sitios de las agregaciones reproductivas de peces en la zona del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM): Recomendaciones para su monitoreo y manejo. Informe Final de la Consultoría Internacional SAM. 24 pp.
- Reyes-Díaz, J., Mas, J.F. y A. Velázquez, 2008. Monitoreo de los patrones de deforestación en el Corredor Biológico Mesoamericano, México. *Interciencia*. 33(12): 882-890.
- Rivera-Monroy, V.H., R. R. Twilley, D. Bone, D. L. Childers, C. Coronadomolina, I. C. Feller, J. Herrera-Silveira, R. Jaffe, E. Mancera, E. Rejmankova, J. E. Salisbury and E. Weil, 2004. A conceptual framework to develop long-term ecological research and management objectives in the wider Caribbean region. *BioScience*. September 2004. 54(9): 843-856.
- Root, T.L. and S. H. Schneider, 2006. Conservation and Climate Change: the Challenges ahead. *Conservation Biology* Volume 20, No. 3, 706-708.
- Rowell, A. and P.F. Moore, 1999. Global review of forest fires. WWF / IUCN. Gland. 64 pp.
- Royal Society, 2009. The Coral reef Crisis: scientific justification for critical co2 threshold levels of <350 ppm. Output of the technical working group meeting at the Royal Society. London. Citado en: TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity. 2009. TEEB Climate Issues Update. September 2009.
- Ruiz-Zárte, M.A., R.C. Hernández-Landa, C. González-Salas, E. Núñez-Lara and J. E. Arias- González, 1999. Condition Of Coral Reef Ecosystems In Central-Southern Quintana Roo, Mexico (Part 1: Stony Corals And Algae). in J.C. Lang (ed.), *Status of Coral Reefs in the western Atlantic: Results of initial Surveys, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program*. Atoll Research Bulletin 496. Pp. 318-337
- Sadovy, Y., 2006. Protecting the spawning and nursery habitats of fish: the use of MPAs to safeguards critical life-history stages for marine life. *MPA News; international news and analysis on marine protected areas*. 8:1-3.
- Samaniego A., Howald G.R. y Hermosillo M.A. 2003. Mamíferos introducidos en la Reserva de la Biosfera de Banco Chinchorro: Status actual y propuesta de erradicación. Informe.
- Schneider, S.H., S. Semenov, A. Patwardhan, I. Burton, C.H.D. Magadza, M. Oppenheimer, A.B. Pittock, A. Rahman, J.B. Smith, A. Suarez and F. Yamin, 2007. Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 779-810.
- Schuttenberg, H.Z. (Ed.), 2001. Coral Bleaching: Causes, Consequences And Response. Selected Papers presented at the 9th International Coral Reef Symposium on "Coral Bleaching: Assessing and Linking Ecological and Socioeconomic Impacts, Future Trends and Mitigation Planning". Coastal Management Report #2230. Coastal Resources Center. University of Rhode Island. 102 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1997. México: Primera comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. México. 150 pp.
- Semeniuk, V. 1994. Predicting the effect of sea-level rise on mangroves in Northwestern Australia. *Journal of Coastal Research* 10(4): 1050-1076.
- Shadie, P. and Epps, M. (Eds.) (2008). *Securing Protected Areas in the Face of Global Change: Key lessons learned from case studies and field learning sites in protected areas*. IUCN Asia Regional Office, Bangkok, Thailand. 49pp.
- Solana, L. R., 2010. Efectos sociales, económicos y políticos del cambio climático en las pesquerías mexicanas. En: E. Rivera-Arriaga, I. Azuz-Adeth, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). *Cambio climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche, Cetys- Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. México. Pp. 305-318.
- Sosa-Cordero, E., A. Medina-Quej, R. Herrera y W. Aguilar-Dávila. 2002. Agregaciones reproductivas de peces en el Sistema Arrecifal Mesoamericano: Consultoría Nacional - México. Informe preparado para el consultor internacional, Research Planning Inc., y Proyecto SAM-Banco Mundial-Belice.

- Sosa-Cordero, E., M.L.A. Liceaga-Correa and J.C. Seijo, 2002. The Punta Allen lobster fishery: current status and recent trends. Case studies on fisheries self-governance
- Sosa Ferreira, A.P., 2010. Condiciones socio-económicas y vulnerabilidad de la Península de Yucatán. p. 623-638. En: E. Rivera- Arriaga, I. Azuz-Adeath, L. Alpuche Gual y G.J. Villalobos-Zapata (eds.). Cambio climático en México un Enfoque Costero-Marino. Universidad Autónoma de Campeche, CetyS-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. Pp. 623-638.
- Stolton, S., Dudley, N. and J. Randall, 2008. Natural Security: Protected areas and hazard mitigation. WWF – World Wide Fund for Nature. A research report by WWF and Equilibrium. 128 pp.
- Supper, R., K. Motschka, A. Ahl, P. Bauer-Gottwein, B. Gondwe, G. Merediz, A. Römer, D. Ottowitz and W. Kinzelbach, 2009. Spatial mapping of submerged cave systems by means of airborne electromagnetics: an emerging technology to support protection of endangered karst aquifers. Near Surface Geophysics, 2009, 613-627.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2007. Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. 60 pp.
- United Nations Environment Programme The Planning Institute of Jamaica, 2010. Risk and Vulnerability Assessment Methodology Development Project (RiVAMP): Linking Ecosystems to Risk and Vulnerability Reduction, The Case of Jamaica. Second Edition. 99 pp.
- UNEP-WCMC, 2006. In the front line: shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. UNEP-WCMC, Cambridge, UK 33 pp.
- US EPA, 2009. Coastal Sensitivity to Sea Level Rise: A Focus on the Mid-Atlantic Region U.S. Climate Change Science Program. 790 pp.
- Vandall, J., N. Henderson, and J. Thorpe. 2006. Suitability and adaptability of current protected area policies under different climate change scenarios: the case of the Prairie Ecozone, Saskatchewan (Saskatchewan Research Council Publication 11755-1E06).
- Veron J.E.N, O. Hoegh-Guldberg, T.M. Lenton, J.M. Lough, D.O. Obura, P. Pearce-Kelly, C.R.C. Sheppard, M. Spalding, M.G. Stafford-Smith, y A.D. Rogers, 2009. The coral reef crisis: The critical importance of <350 ppm co₂. Marine Pollution Bulletin 58: 1428-1436.
- Villers-Ruiz, L. and I.Trejo-Vazquez, 1997. Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. Climate Research 9. 87-93.
- Visser, M.E. and C. Both, 2005. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. Proc. R. Soc. B (2005) 272, 2561-2569.
- Visser, M.E., L. J. M. Holleman and P. Gienapp, 2006. Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. Oecologia (2006) 147: 164-172.
- Walker, R., D. Ponce-Taylor, I. Smith, P. Raines, 2004. Sian Ka'an Coral Reef Conservation Project Mexico 2003 – Summary Report. 2004. Coral Cay Conservation. 21 pp.
- Webster, P.J. et al., 2005. Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. Science 309 (5742): 1844-1846.
- Whitmore, T.C., 1998. Potential Impact Of Climatic Change On Tropical Rain Forest Seedlings And Forest Regeneration. Climatic Change 39: 429-438.
- Wilkinson, C. and D. Souter, 2008. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, 152 pp.
- Wilkinson, T., E. Wiken, J. Bezaury Creel, T. Hourigan, T. Agardy, H. Hermann, L., Janishevski, C. Madden, L. Morgan y M. Padilla, 2009. Ecorregiones Marinas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal. 200 pp.
- Wilson, R. J., Gutierrez, D., Gutierrez, J., Martinez, D., Agudo, R. and Monserrat, V. J., 2005. Changes to the elevational limits and extent of species ranges associated with climate change. Ecology Letters, 8, 1138-1146.
- WWF. 2006. Cómo lograr mayores ingresos pescando de manera sustentable. Manual de Prácticas Pesqueras de Langosta en el Arrecife Mesoamericano. WWF- México / Centroamérica. 97 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. (Ed.), 2010. Impactos del Cambio climático sobre la Zona Costera. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. 179 pp.
- Yáñez-Arancibia, A., Twilley, R.R. y A. L. Lara, 1998. Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. Madera y Bosques. 4 (002): 3-19
- Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, R. R. Twilley y R. H. Day, 2010. Los manglares frente al cambio climático ¿Tropicalización global del Golfo de México?. In: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.) Impactos del Cambio climático sobre la Zona Costera. Instituto de Ecología A. C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México. Pp. 91-126.
- Young, B., E. Byers, K. Gravuer, K. Hall, G. Hammerson and A. Redder, 2010. Guidelines for Using the NatureServe Climate Change Vulnerability Index. Release 2.0 27 April 2010. NatureServe 2010, Arlington, VA. 54 pp.
- Yusuf, A.A. and H. Francisco, 2009. Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia. Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA). 26 pp.
- Zamorano, P. y F. Ursúa, 2010. Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. En: Schüttler, E. & Karez, C.S. (eds). Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. UNESCO, Montevideo. Pp. 244- 247.
- Zeebe, R. E., Zachos, J. C., Caldeira, K. and Tyrrell, T., 2008. Oceans: Carbon emissions and acidification. Science, 321, 51-52.



El Programa de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas del complejo del Caribe de México. Resumen ejecutivo se terminó de imprimir en noviembre de 2011. El tiro consta de 1000 ejemplares. México, D.F.

