

Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas del Caribe de México



Editores

Ignacio J. March
Hernando Cabral
Yven Echeverría
Mariana Bellot
Juan Manuel Frausto

México 2011

*Créditos de las fotografías de la portada (de izquierda a derecha y de arriba a abajo):

Alejandro Vega Zepeda / CONANP (Cayo Norte, Banco Chinchorro), I. March / TNC (Manglares en Xcalak), Christiana Ferris /TNC (Cenote); C. Ferris / TNC (Playa y estero).

Este reporte fue producido dentro del proyecto “*Desarrollo de Programas Piloto de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas del Sureste de México*”, el cual se efectúa con el apoyo de:



Forma sugerida de citar:

March, I.J., Cabral, H., Echeverría, Y., Bellot, M. y J.M. Frausto (eds.), 2011. Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas del Caribe de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. México. *Serie Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Protegidas de México*. No. 1, 109 pp.

Autores ¹

Ana R. Barragán	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Luis Bourillón	<i>Comunidad y Biodiversidad (COBI)</i>
Sophie Calmé	<i>ECOSUR / Universidad de Sherbrooke</i>
Nataly Castelblanco	<i>Amigos de Sian Ka'an</i>
Pierre Charruau	<i>Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)</i>
José Juan Domínguez Calderón	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Celene Espadas Manrique	<i>Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)</i>
José Manuel Espinoza Rodríguez	<i>Universidad Nacional Autónoma de México(UNAM)</i>
María del Carmen García Rivas	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Miguel García Salgado	<i>Oceanus, A.C.</i>
Citlali García Sotelo	<i>Comunidad y Biodiversidad (COBI)</i>
Aquileo Guzmán Perdomo	<i>Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT</i>
Wady Hadad	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Héctor Hernández Arena	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>
Víctor Hernández	<i>SEDUMA, Gobierno de Quintana Roo</i>
Yadira Hernández Gómez	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Rossana Landa	<i>Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza</i>
Denice Lugo	<i>Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza</i>
Benjamin Morales	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>
Gabriela Nava Martínez	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>
Omar Ortiz Moreno	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Andrew Rhodes	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Yareni Perera Romero	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Celia Piguero	<i>Comisión Intersecretarial sobre Cambio climático (SEMARNAT)</i>
Carmen Pozo	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>
Victoria Romero Hernández	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Isael Victoria Salazar	<i>Universidad Nacional Autónoma de México(UNAM)</i>
Fernando Secaira	<i>The Nature Conservancy</i>
Nuno Simoes	<i>Universidad Nacional Autónoma de México(UNAM)</i>
Francisco Ursúa Guerrero	<i>Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)</i>
Nuria Torrescano Valle	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>
Mirna Valdez Hernández	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>
Rogel Villanueva Gutiérrez	<i>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)</i>

¹ En orden alfabético.

Contenido

Página

Presentación	5
Agradecimientos	6
Resumen Ejecutivo	7
Introducción	9
a) Descripción breve del complejo de áreas naturales protegidas en el Caribe de México.	9
b) Los impactos del cambio climático global	11
c) El papel de las Áreas Protegidas.	18
d) Estrategias de adaptación al CCG para contribuir a la conservación	19
1. Impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad del Caribe Mexicano	23
1.a) Gran Acuífero Cárstico de la Península de Yucatán.....	23
1.b) Selvas Medianas y Bajas.....	25
1.c) Arrecifes de Coral, Pastos Marinos y Macroalgas.....	26
1.d) Manglares y Humedales Costeros.....	31
1.e) Dunas y Playas Arenosas	35
2. Amenazas que pueden exacerbarse en el contexto del cambio climático	37
3. Respuestas humanas potenciales ante los impactos probables del cambio climático	38
4. Recursos naturales y actividades humanas potencialmente vulnerables al CC	39
5. Estrategias Generales de Adaptación para la Conservación de la Biodiversidad y la Sustentabilidad	40
5.a) Gran Acuífero Cárstico de la Península de Yucatán.....	41
5.b) Selvas Medianas y Bajas.....	42
5.c) Arrecifes de Coral, Pastos Marinos y Macroalgas.....	43
5.d) Manglares y Humedales Costeros.....	44
5.e) Dunas y Playas Arenosas	45
5.f) Estrategias regionales	45
5.g) Integración de estrategias en un Programa de adaptación para el complejo de áreas protegidas en el Caribe de México.	47
6. Perspectivas para el Monitoreo	52
6.a) Gran acuífero acuífero cárstico y selvas medianas y bajas.....	53
6.b) Arrecifes, pastos marinos y macroalgas.....	54
6.c) Manglares y humedales costeros	55
6.d) Dunas costeras y playas arenosas	56
Conclusiones	56
Referencias	60
Anexos	74
Anexo 1.- Diagrama que sintetiza el proyecto	74
Anexo 2.- Descripción ejecutiva de la metodología aplicada en el proyecto.	75
Anexo 3.- Referencias de trabajos relevantes sobre las áreas protegidas del complejo del Caribe de México: Sian Ka'an, Banco Chinchorro, Arrecifes de Xcalak y trabajos de escala regional.....	88
Anexo 4.- Matriz de convergencia en la región del Arrecife Mesoamericano para el tema de cambio climático	99
Anexo 5.- Recursos en Internet de utilidad para adaptación al cambio climático	100
Anexo 6.- Proyectos, consultorías y subproyectos del Corredor Biológico Mesoamericano Sección México desarrollados en el Corredor Sian Ka'an- Calakmul.	102
Anexo 7.- Propuesta de indicadores de Cambio Climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino (Tomado de Azuz-Adeth <i>et al.</i> , 2010b).....	106

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 pérdida de vegetación, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) desarrolló la *Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas* (ECCAP) que 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 implementación de 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, desarrollaron el proyecto “Desarrollo de Programas Piloto de Adaptación al cambio climático en Áreas Naturales Protegidas del Sureste de México”.

El objetivo de este proyecto es desarrollar en cuatro complejos de Áreas Protegidas del Sureste de México una metodología para el desarrollo de programas enfocados a diseñar e implementar medidas de adaptación ante los impactos que se esperan del cambio climático; esto con base a las evidencias científicas y casos de estudio en distintas partes del mundo, y aprovechando la experiencia y conocimiento de investigadores, personal de la Comisión y pobladores locales. Este proyecto se enfoca no solo a las áreas protegidas seleccionadas sino a los paisajes en los que están insertas, así como a las comunidades humanas que viven en estos paisajes y en las propias áreas protegidas.

Ante la gran incertidumbre que existe en torno a los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, los ecosistemas y las especies de flora y fauna, la metodología que se busca desarrollar tiene su base principal en la aplicación del principio precautorio y pretende detonar la concurrencia de muy 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 que se generaron 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 que son 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 identificar una agenda regional para la adaptación al cambio climático en lo que a conservación de biodiversidad y mantenimiento de servicios ecosistémicos se refiere, así como iniciativas que promuevan 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 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



Figura 1.- Localización de los cuatro grupos de áreas protegidas (Complejos) en que se enfoca este proyecto (1-Complejo Caribe Mexicano, 2- Complejo Selva Maya, 3- Complejo Selva Zoque, y 4- Complejo Sierra y Costa de Chiapas).

Agradecimientos

Agradecemos todo 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 que nos prestaron durante el desarrollo de los talleres a Alejandra Calzada de la CONANP y a 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 PN Arrecifes de Xcalac y de la RB Banco Chinchorro y a todo su equipo de trabajo por las facilidades ofrecidas durante los recorridos de campo.

También agradecemos 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.

Resumen Ejecutivo

Actualmente son numerosas las evidencias de los impactos que el cambio climático generado por las actividades humanas está provocando sobre las especies, los ecosistemas, y sobre los servicios que estos generan en beneficio de los seres humanos. No obstante son también numerosas las incertidumbres acerca de cómo responderán los distintos sistemas naturales del planeta y las diversas especies. Es también evidente que 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 resiliencia² de las especies y sus poblaciones.

Sin embargo, las incertidumbres asociadas a los fenómenos del 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 previsora y antes de que sea demasiado tarde intervenir.

En este reporte se presentan los resultados obtenidos en el proyecto conjunto “*Desarrollo de Programas Piloto de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas del Sureste de México*” que realizan CONANP, el FMCN y TNC (**Anexos 1 y 2**). Este proyecto tiene las siguientes metas principales:

1. Establecer una agenda regional para iniciar la adaptación con base en ecosistemas y que impacte no solo 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, etc.
2. Producir una metodología de utilidad para desarrollar programas de adaptación al cambio climático en grupos de áreas protegidas y los paisajes en que 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.
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 regionales³. No resulta adecuado pensar en desarrollar estrategias de adaptación considerando a 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 estos de manera adicional a las amenazas no asociadas al cambio climático (Ej. contaminación, destrucción de manglares por expansión de desarrollos turísticos, etc.).

² 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).

³ Ervin *et al.*, 2010

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 lo es la falta de polinizadores cuando ocurre la floración y viceversa. Asimismo, 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. Asimismo, 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 (Ej. langosta, 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 visitación turística que es la actividad económica por excelencia en esta región de México. 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 espera 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 como importantes no solo 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 el desarrollo de esta 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.

Introducción

a) Descripción breve del complejo de áreas naturales protegidas en el Caribe de México.

El complejo del Caribe de México incluye a cinco áreas naturales protegidas seleccionadas para este proyecto (**Cuadro 1**). En su parte terrestre, se insertan en dos eco-regiones ubicadas en la porción este de la Península de Yucatán (**Fig. 2**). En su parte costero-marina, se insertan en la zona del Sistema Arrecifal Mesoamericano, dentro de la ecorregiones marinas nivel II “Plataforma del Caribe Mesoamericano” y “Talud del Caribe Mesoamericano”⁴. Entre los principales tipos de ecosistemas que incluye este complejo de áreas protegidas están los siguientes: Selvas medianas, selvas bajas inundables, cenotes, lagunas de agua dulce, sabanas, manglares, dunas costeras, playas arenosas, pastos marinos y arrecifes de coral (**Fig. 3 y 4**). En la parte terrestre, la región tiene una geología cárstica y el relieve es mínimo. No existen ríos superficiales pero hay cenotes, lagunas de agua dulce y complejos sistemas de aguas subterráneas de sur a norte y de oeste a este.

Cuadro 1.- Información básica de las áreas protegidas federales que conforman el complejo en el Caribe de México en este proyecto.

Nombre	Fecha de establecimiento	Superficie (ha)	Existe Programa de Manejo
Reserva de la Biosfera Sian Ka'an	20/01/1986	528,148 (120,000 son marinas)	Si
Reserva de la Biósfera Arrecifes de Sian Ka'an	02/02/1998	34,927	Si
Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil	22/11/1994	89,118	Si
Parque Nacional Arrecifes de Xcalak	27/11/2000	17,949 (13,945 ha son marinas)	Si
Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro	19/07/1996	144,360 (58 ha son cayos)	Si
Total = 798,502 Hectáreas (313,174 ha marinas y 485,328 terrestres/costeras)			

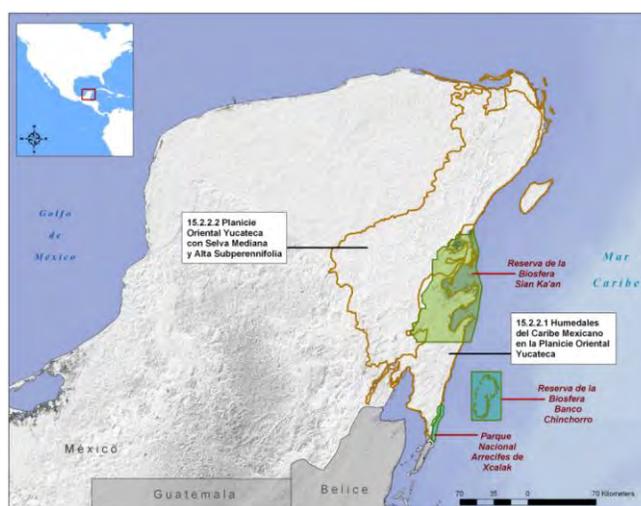


Figura 2.- Localización de las principales áreas naturales protegidas seleccionadas para el Complejo del Caribe de México y límites de las ecorregiones en que se insertan (Fuente: INEGI-CONABIO-INE, 2007).

⁴ Wilkinson *et al.*, 2009.

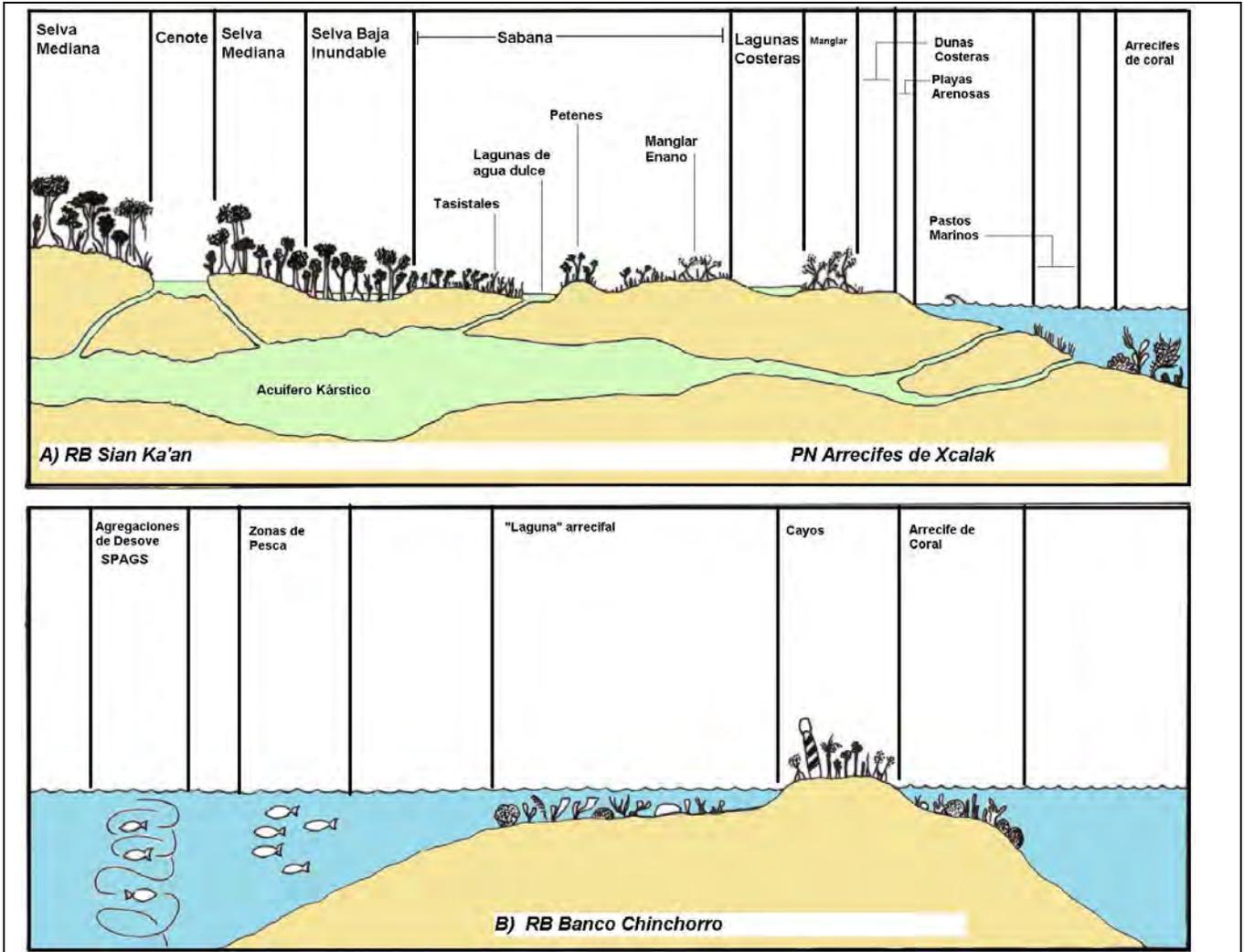


Figura 3.- Perfiles que muestran los principales ecosistemas y objetos de conservación que abarca el complejo de áreas naturales protegidas en el Caribe de México.



Figura 4.- Arrecife coralino del Caribe Mexicano (Fotografías: Amigos de Sian Ka'an).

Los principales tipos de vegetación son las selvas medianas y selvas bajas, sabanas con tulares y tasistales, y manglares (Fig. 5). Descripciones detalladas de los ecosistemas, tipos de vegetación y biodiversidad abarcadas por este complejo pueden encontrarse en los programas de manejo de las áreas protegidas y numerosos trabajos publicados (Anexo 3).

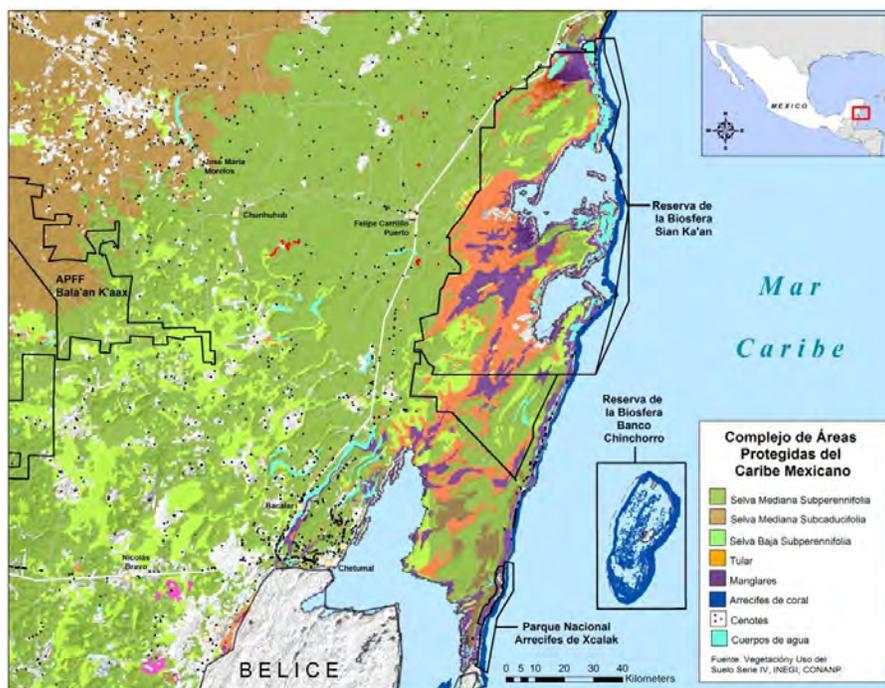


Figura 5.- Distribución de los tipos de vegetación y hábitats costero-marinos en las áreas protegidas de la región y sus paisajes circundantes (Fuentes: INEGI Serie IV; Bezaury *et al.*, 2007).

b) Los impactos del cambio climático global

El calentamiento global provocado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociada a las diversas actividades humanas, está teniendo impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas a nivel global, si bien algunos resultan más vulnerables que otros. Los impactos del cambio climático a escala global afectarán a paisajes productivos, zonas urbanas y áreas protegidas, por lo que ningún ecosistema está a salvo de su alcance ⁵. Aunque hay aún fuertes controversias en lo que respecta al cambio climático global (CCG) y a sus impactos en el corto y mediano plazo, es un hecho que en distintas partes del mundo se han encontrado evidencias irrefutables de que especies y ecosistemas han sido afectados y que en mayor o menor grado han presentado una respuesta ante estos factores de perturbación ⁶. Los impactos del CCG inciden sobre la diversidad biológica a diversos niveles y en distinta magnitud a través de los paisajes terrestres y marinos (Fig. 6). Algunas de las respuestas que las especies de flora y fauna están presentando ante el cambio climático son ajustes en sus áreas de distribución, en función de su capacidad para dispersarse hacia nuevas zonas que presenten condiciones climáticas favorables ⁷.

⁵ Dudley, 2003.

⁶ Hanna, 2010; Botkin *et al.*, 2007; Campbell *et al.*, 2009; Franco *et al.*, 2006.; IPCC, 2007.; Hansen *et al.*, 2003.; Higgins, 2007; Massot *et al.*, 2008; Peterson *et al.*, 2002; Thomas *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2005.

⁷ Thuiller *et al.*, 2008 ; López-Medellin *et al.*, 2011.

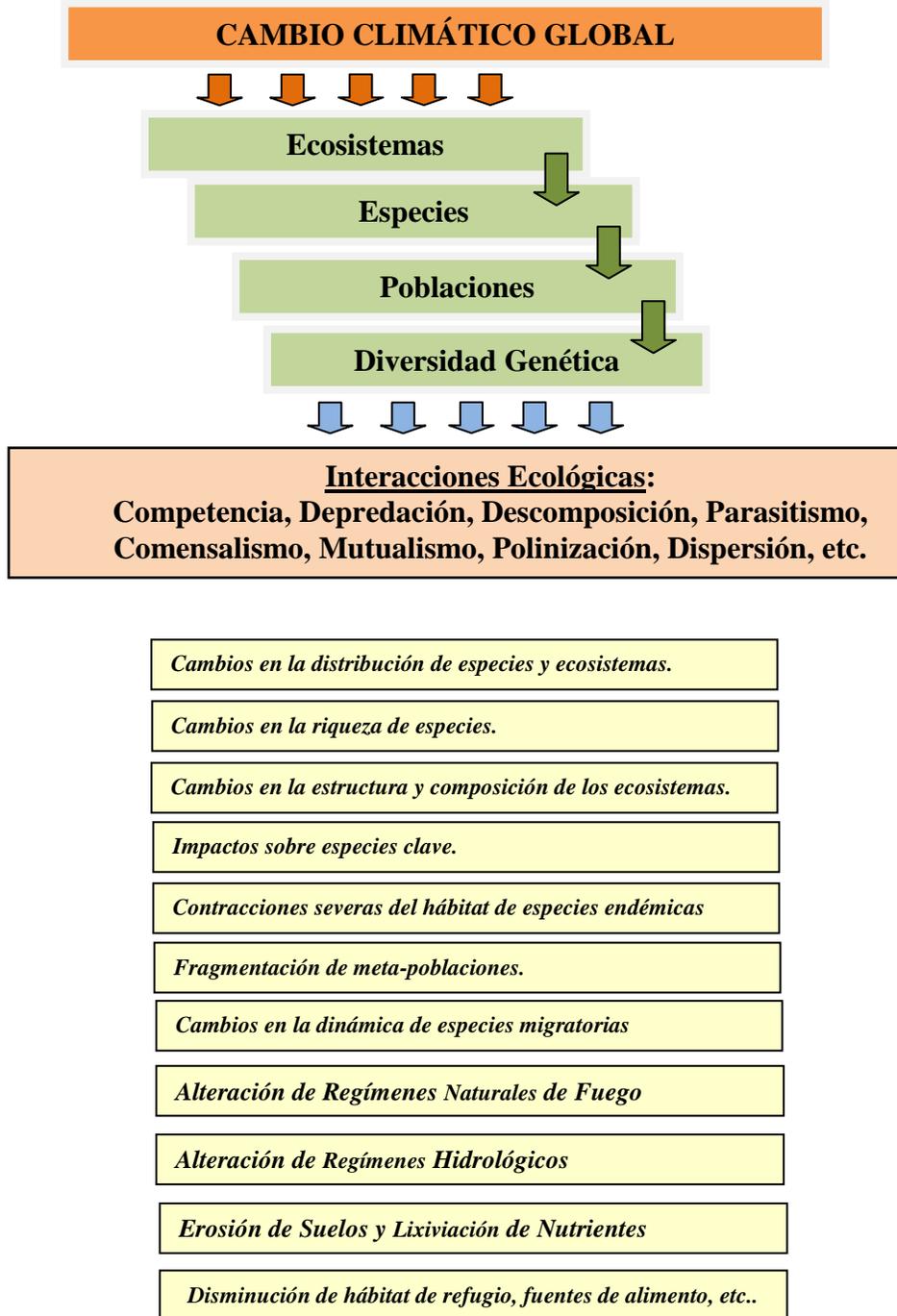


Figura 6.- Incidencia de los impactos del cambio climático a diversos niveles en la biodiversidad.

Las alteraciones sobre las especies y grupos biológicos vinculadas con los impactos del cambio climático hacen necesario emprender distintos análisis para determinar su vulnerabilidad; así como para generar información que permita determinar los grados de vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático en asentamientos humanos y actividades humanas⁸. Ya en 2007 se comenzaban a identificar acciones prioritarias para enfrentar los efectos del cambio climático en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008; Centeno, 2008; **Anexos 4**).

Para poder determinar en una primera aproximación los posibles impactos del cambio climático sobre la región de estudio y sobre las áreas protegidas, se reconocieron las anomalías de temperatura y precipitación estimadas por diversos autores que utilizaron distintos modelos. Para la parte terrestre de la región de estudio se consideraron principalmente las estimaciones de cambio generadas por Magaña y Caetano (2007; **Figs. 7 y 8**), las proyecciones efectuadas por Orellana *et al.* (2009) para la Península de Yucatán, las de Anderson *et al.* (2008) para México, Centroamérica y República Dominicana, así como por una herramienta construida por TNC en colaboración con las Universidades de Washington y del sur de Mississippi (2009)⁹.

Cabe aquí señalar que las principales tendencias de escenarios climáticos para esta región, en que coinciden las diversas fuentes, e independientemente de la escala y la resolución, son las siguientes:

1. Incremento paulatino de las temperaturas medias anuales (Hasta casi 3 °C dentro de los próximos 100 años).
2. Disminución progresiva de la precipitación media anual (Hasta más del 10 % dentro de los próximos 100 años).
3. Incremento de eventos meteorológicos extremos (Ej. huracanes y tormentas tropicales) en intensidad y frecuencia¹⁰.

En el ámbito mundial se observa una tendencia del aumento del peligro (severidad de los efectos y resistencia al combate) y el riesgo (probabilidad de ignición) de los incendios forestales¹¹. Esta tendencia se asocia a una serie de factores como: (a) una mayor interacción entre las poblaciones humanas y los ecosistemas forestales a causa del avance de la frontera agrícola, la urbanización, y la deforestación y fragmentación de los hábitats forestales; (b) la acumulación de combustibles forestales en áreas donde la supresión de incendios ha tenido éxito por un tiempo y (c) el cambio climático global, que implica un aumento de las condiciones favorables para la propagación de incendios, como altas temperaturas, sequías más prolongadas y eventos meteorológicos extremos (como ciclones) que aumentan el combustible disponible¹².

Desafortunadamente la modelación de cambios y escenarios en mares y océanos está aún a escalas muy gruesas y no se pudo determinar con certeza las tendencias específicas para la sección del Caribe Mexicano; sin embargo, los modelos globales consultados revelan un incremento en la temperaturas de las aguas marinas y una acidificación progresiva por el depósito excesivo de carbono en los mares; Esta acidificación está ocurriendo más rápidamente en el Atlántico y finalmente se traduce a inducir un déficit de aragonita y por consiguiente de CaCO₃ que es la materia prima para la construcción de esqueletos en los animales marinos (corales, erizos, peces, etc.)¹³.

⁸ Crane *et al.*, 2008; Foden *et al.*, 2008; Galbraith y Price, 2009; Lexer y Seidl, 2009; Maynard-Ford *et al.*, 2008; Schneider *et al.*, 2007; Tong *et al.*, 2010; UNFCCC, 2007; Young *et al.*, 2010; Yusuf y Francisco, 2009.

⁹ <http://www.climatewizard.org/>

¹⁰ Emanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005.

¹¹ Rowell y Moore, 1999.

¹² Jardel-Peláez *et al.*, 2010.

¹³ Guinotte y Fabry, 2008. Zeebe *et al.*, 2008; Kleyvas *et al.*, 2006; Orr *et al.*, 2005.

El calentamiento del sistema climático evidenciado a través del deshielo progresivo de los glaciares en los polos y en las montañas de todo el mundo ha causado un incremento en el promedio mundial del nivel del mar, entre 2.4 y 3.8 mm por año desde 1993, y vá aumentando conforme se incrementa la temperatura global (IPCC, 2007). Para el caso de México se considera que el mayor impacto de este factor sucedería en las costas del Atlántico, siendo la costa del Caribe una de las más vulnerables debido a su escaso relieve. Para las Bahías de Sian Ka'an y de Chetumal en Quintana Roo, el Instituto Nacional de Ecología ha señalado los siguientes impactos: a) con 1 metro de elevación del nivel un área de afectación de 585 km² y de hasta 500 m tierra adentro. Puntualmente en los esteros puede llegar a alcanzar hasta 32 Km. tierra adentro; y b) con 1 a 2 m de elevación, un área adicional de afectación de 18 km² y de hasta 29 km tierra adentro ¹⁴ (Fig. 9).

El incremento del nivel del mar significa un importante factor que afectará a muy diversos ecosistemas y especies en la región de estudio, particularmente a los manglares y humedales costeros, playas y acuíferos (Cuadro 2). Los manglares están entre los ecosistemas más amenazados, a nivel mundial, por el incremento del nivel del mar; una de las mayores prioridades es la de realizar una evaluación de la vulnerabilidad de los manglares remanentes en la región del Caribe de México, y de hecho en todo el país, para poder determinar prioridades para la conservación de este importante ecosistema. Para ello se podría utilizar los resultados del Inventario Nacional de Manglares (CONABIO, 2009), modelos digitales de elevación de alta resolución (por ejemplo generados con LIDAR, *Light Detection and Ranging*) ¹⁵.

Cuadro 2.- Impactos del incremento del nivel del mar sobre ecosistemas y especies de interés en el complejo de ANP del Caribe de México.

<i>Objeto focal de conservación</i>	<i>Impacto</i>
Manglares y humedales costeros	Mortalidad de manglares por alteración de los regímenes de inundación y salinidad.
Vegetación de dunas y playas arenosas	El incremento del nivel del mar, en combinación con ciclones y huracanes más intensos y frecuentes, puede provocar la erosión de dunas costeras y playas arenosas. Con esto se reducen los sitios disponibles para la anidación de tortugas marinas.
Acuífero cárstico	El incremento del nivel del mar incrementa la intrusión de agua salada en el acuífero.

El incremento de las temperaturas del mar, desde hace ya dos décadas o más, ha estado causando eventos de blanqueamiento de los corales. De hecho, en 1998 ocurrieron las temperaturas marinas más altas hasta ese entonces y se estima que pudieron haber eliminado al 10 % de los corales en el mundo. Para el caso del Caribe, se ha ido documentando año con año la afectación de los corales por esta causa (Fig. 10). Para la costa de la Península de Yucatán, se han identificado de manera general varios de los impactos del cambio climático arriba mencionados ¹⁶.

¹⁴ Estrategia Nacional de Cambio Climático México 2009. Adaptado de la Primera Comunicación Nacional (SEMARNAT, 1997).

¹⁵ Gesch, 2009; López-Medellin *et al.*, 2011.

¹⁶ Pech, 2010.

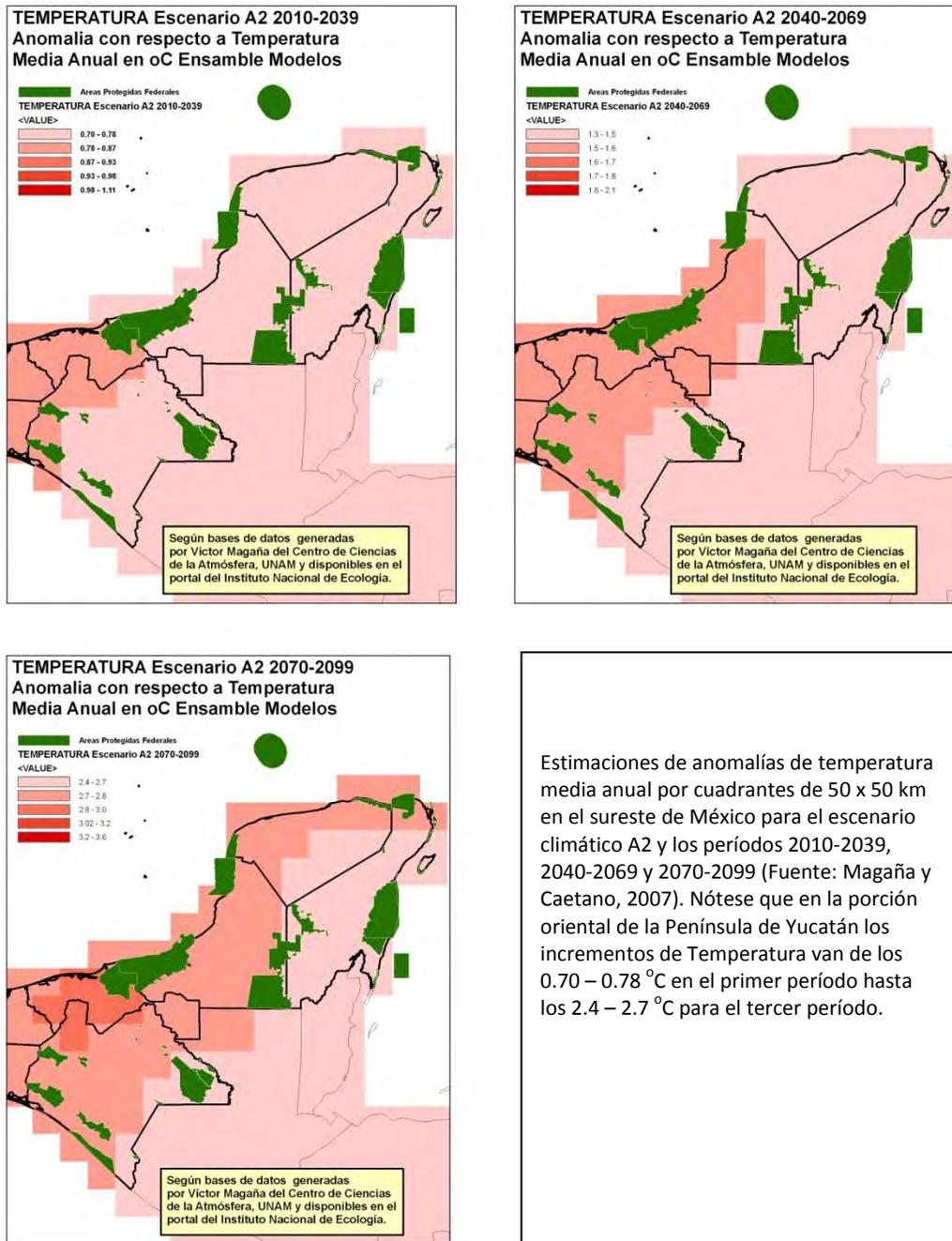
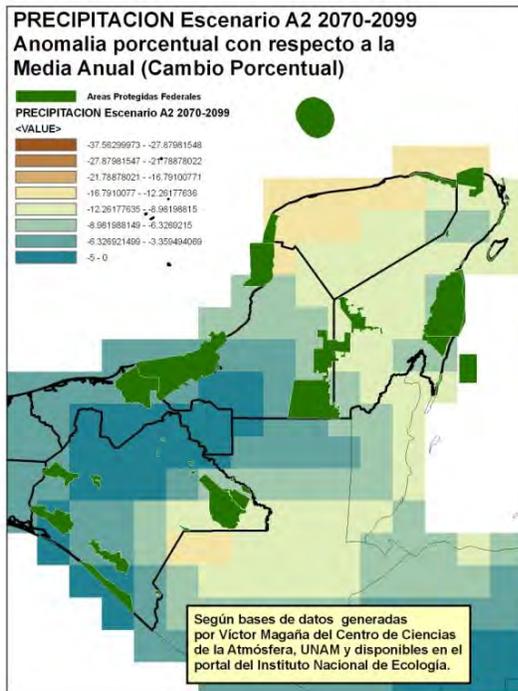
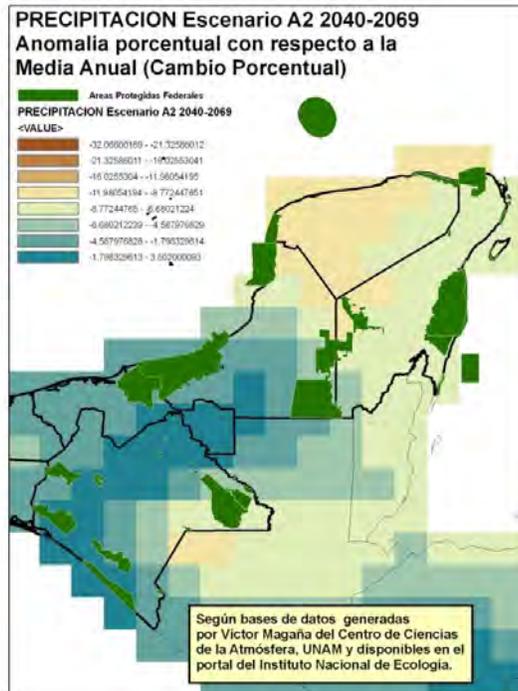
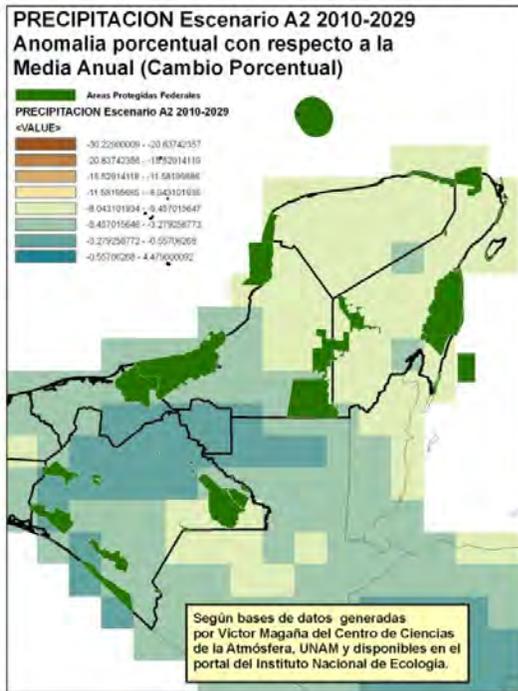


Figura 7.- Estimaciones de incrementos de temperatura media anual para 3 períodos de tiempo en el Sureste de México (Con base en Magaña y Caetano, 2007) ¹⁷.

¹⁷ <http://zimbra.ine.gob.mx/escenarios/>



Estimaciones de anomalías porcentuales de precipitación media anual por cuadrantes de 50 x 50 km en el sureste de México para el escenario climático A2 y los períodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099 (Fuente: Magaña y Caetano, 2007). Nótese que en la porción oriental de la Península de Yucatán las disminuciones porcentuales de precipitación van de los 5 – 8 % en el primer período hasta los 8 – 12 % para el tercer período.

Figura 8.- Estimaciones de disminuciones de la precipitación media anual para 3 períodos de tiempo en el Sureste de México (Con base en Magaña y Caetano, 2007).



Figura 9.- Estimación de áreas afectadas por un incremento del nivel del mar de 2 metros en la Península de Yucatán (Fuente: University of Arizona, Department of Geosciences Environmental Studies Laboratory).



Figura 10.- Localización de corales con blanqueamiento dentro del Gran Caribe, entre 1983 y 2003 (Tomado de: Burke y Maidens, 2004).

Una valiosa síntesis de las consecuencias del cambio climático sobre los ecosistemas costeros tropicales ha sido propuesta por Yañez Arancibia y sus colaboradores (2010, **Cuadro 3**). Evidentemente, la acción sinérgica de los impactos del cambio climático impactan en todas las actividades humanas que sustentan económicamente a la región, incluyendo al turismo y las actividades pesqueras (Cochrane *et al.*, 2009).

Cuadro 3.- Principales respuestas esperadas de los ecosistemas costeros tropicales frente al cambio climático (Tomado de Yañez-Arancibia *et al.*, 2010).

Incremento del nivel medio del mar:	<ul style="list-style-type: none"> • La comunidad de manglar se moverá tierra adentro si hay suficiente ambiente sedimentario y sin obstáculos topográficos
	<ul style="list-style-type: none"> • La erosión sobre el margen litoral se incrementará
	<ul style="list-style-type: none"> • El rango del nivel medio del mar determinará el nivel de restablecimiento de los manglares, dunas y humedales costeros.
	<ul style="list-style-type: none"> • La productividad secundaria (y primaria acuática) se incrementará por la mayor disponibilidad de nutrientes y debido a la erosión y resuspensión.
Incremento en la concentración de CO2 atmosférico	<ul style="list-style-type: none"> • La fotosíntesis del follaje de los manglares no se incrementara significativamente.
	<ul style="list-style-type: none"> • La eficiencia de los manglares en el uso del agua se mejorará. Esto puede o no verse reflejado en el crecimiento. • No todas las especies de manglares responderán de igual manera.
Incremento en la temperatura atmosférica:	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas poblaciones de manglares extenderán su distribución hacia latitudes mayores
	<ul style="list-style-type: none"> • En muchas especies de manglares habrá cambios en los patrones fonológicos, reproductivos y de crecimiento.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementará la productividad neta global del ecosistema de manglar.
	<ul style="list-style-type: none"> • La biodiversidad de plantas y animales en los manglares se incrementará (beneficios de microclima) y cambiará la composición florística y faunística. • Se acelerarán los procesos microbianos en los manglares, en la interfase agua-sedimento.
Cambios en el patrón de lluvias:	<ul style="list-style-type: none"> • Los cambios en el contenido de agua del suelo y salinidad del sustrato, tendrán significativo impacto sobre el crecimiento de los manglares.
	<ul style="list-style-type: none"> • Un incremento de la precipitación sobre la tasa de evapotranspiración Incrementará la tasa de producción primaria de los manglares. Un incremento en la salinidad del suelo reducirá la productividad primaria y crecimiento de los manglares.
	<ul style="list-style-type: none"> • La fauna eurihalina no se verá afectada por el incremento en salinidad, pero la distribución de especies estenohalinas se alterará significativamente.
Impacto esperado de los cambios climáticos sobre el uso del suelo, utilización y deforestación de los manglares:	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementará el riesgo de inundación de tierras bajas en la planicie costera.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementará la erosión de los litorales blandos vulnerables en lagunas costeras, estuarios y deltas fluviales.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementará el riesgo de intrusión salina.
	<ul style="list-style-type: none"> • Se incrementará la frecuencia del daño causado por tormentas y huracanes.

c) El papel de las Áreas Protegidas.

En el contexto del CCG, las áreas protegidas juegan un rol fundamental desde distintos puntos de vista ya que tienen un papel preponderante tanto para la mitigación del CCG como para la adaptación de los sistemas naturales y humanos. En lo que a mitigación se refiere, se ha estimado que el total de áreas protegidas terrestres a nivel mundial almacenan más del 15% del total de carbono capturado en los ecosistemas terrestres (Campbell *et al.*, 2008). Tomando en cuenta las anomalías que el CCG ha significado en la alteración de los regímenes de fuego en ecosistemas adaptados a

este factor, y a la acumulación de combustible en ecosistemas no adaptados al fuego, el manejo integrado del fuego en áreas protegidas se ha tornado como una de las más altas prioridades.

Aunque los ecosistemas costeros y marinos son importantes sumideros de carbono, este rol apenas comienza a ser reconocido y su manejo con fines de mitigación comienza a desarrollarse (Falkowski , 2002; Crooks *et al.*, 2010;). Laffoley y Grimsditch (2009) reportan cálculos del carbono almacenado por manglares y pastos marinos que demuestran la importancia de estos ecosistemas. Por su parte Crooks y colaboradores (2011) demuestran la importancia de los humedales costeros tanto como sumideros de carbono como fuentes de grandes emisiones de gases de invernadero cuando son desecados o degradados.

De acuerdo con Bezaury (2010) el carbono capturado en los hábitats costeros y marinos es enterrado en los sedimentos provenientes de los manglares, marismas salobres y pastos marinos, por lo que permanece almacenado por milenios, a diferencia del carbono capturado por la vegetación terrestre que permanece almacenado solamente por décadas o siglos (Nellemann *et al.* 2009).

Considerando la amplitud y la dimensión de muchos de los impactos del cambio climático sobre especies y ecosistemas, que han podido ser documentados en todo el mundo, cabe pensar que hoy en día las áreas protegidas tienen más valor que nunca, debido a que constituyen verdaderos bancos del germoplasma y la mejor alternativa para que los ecosistemas se vayan ajustando a las nuevas condiciones climáticas. Si bien se esperaría que muchas especies que toleran un espectro de condiciones muy amplio fueran resilientes, así también se esperaría que muchas especies ajustarán sus áreas de distribución hacia áreas que les provean condiciones favorables.

Sin duda, las áreas protegidas constituyen actualmente la mejor estrategia para la adaptación de sistemas naturales y humanos ante el cambio climático y por su importancia y valor en este contexto ha sido ampliamente argumentado¹⁸. Adicionalmente al papel de las áreas protegidas como proveedoras del germoplasma para la construcción de los ecosistemas del futuro, su papel como elementos de protección civil ante los eventos meteorológicos extremos ha sido igualmente reconocido como fundamental¹⁹.

De acuerdo con Bezaury (2010), ante los impactos del cambio climático, las áreas naturales protegidas costeras y marinas pueden resultar ser una herramienta eficaz para diversos propósitos²⁰:

- El mantenimiento de hábitats arrecifales y manglares capaces de amortiguar diversos impactos costeros.
- El mantenimiento de la productividad de las pesquerías a través de la protección de comunidades coralinas, de mangles y de pastos marinos sanas.
- Funcionar como refugios y fuentes de provisión de larvas para recolonización después de los eventos de blanqueamiento coralino o debido a la modificación de los rangos de distribución de las especies.
- Proveer de espacios para la migración de los hábitats hacia tierra adentro o a lo largo de la costa derivados del aumento del nivel del mar y de la temperatura.

d) Estrategias de adaptación al CCG para contribuir a la conservación

Los impactos del CCG sobre los ecosistemas y su diversidad biológica es aún incierta y difícilmente se puede determinar aún cuál será su magnitud real; son numerosas las preguntas que se nos presentan para enfrentar este abrupto fenómeno de cambio global, incluyendo las siguientes:

¹⁸ Campbell *et al.*, 2008; Cole *et al.*, 2008; Dudley *et al.*, 2010; Dunlop y Brown, 2008; Mackey *et al.*, 2008; Mohr, 2007; Taylor y Figgis, 2007

¹⁹ Stolton *et al.*, 2008.

²⁰ CRC-URI, IRG 2009

- ¿Qué ecosistemas, especies y poblaciones son más vulnerables con respecto del resto?
- ¿Qué atributos de los ecosistemas y comunidades ecológicas les otorgan mayor resiliencia?
- ¿Qué sinergias regionales, de afectación de corte ecológico, pueden dispararse a partir de los impactos del CCG?
- ¿Cuáles son los umbrales de resiliencia para las especies y ecosistemas más sensibles y vulnerables a los impactos del CCG?
- ¿Cuáles estrategias de adaptación resultan más costo-efectivas para contribuir a mantener o incrementar la resiliencia de los ecosistemas?.

Muchas más son las preguntas que la ciencia requiere ir respondiendo a través de investigaciones que se enfoquen en las alteraciones causadas por el CCG y la incertidumbre que implica este fenómeno se irá resolviendo poco a poco en medida de que los estudios e investigaciones vayan arrojando resultados y conocimiento científico; buena parte de la incertidumbre que hay al momento de determinar los impactos del CCG está dada por el hecho de los efectos colaterales y en cascada que pueden suceder en los ecosistemas y que no es sencillo de prever. Así mismo, esta incertidumbre se amplifica debido a que la respuesta de las especies a una alteración en las condiciones de sus hábitats puede ser muy diferente en las escalas de tiempo y espacio. No obstante, esta misma incertidumbre no puede ser excusa para no hacer nada ante las rápidas perturbaciones que causa el CCG, y se plantea que con base a un principio precautorio es posible definir acciones que pudieran contribuir a mantener o incrementar la resiliencia de especies, ecosistemas y comunidades humanas que de estos dependen, contribuyendo con ello a su adaptación.

En lo que a los ecosistemas se refiere, se considera razonable que su resiliencia ante los impactos del CCG depende de al menos los siguientes atributos principales:

- a) Su **extensión**: Mientras más grande son las dimensiones de un ecosistema mayor posibilidad tiene de mantener una composición y estructura similar al factor o factores que lo perturben.
- b) Su **integridad ecológica**: En la medida que sus comunidades biológicas estén más completas y con estructuras más enteras menores oportunidades para especies invasoras existirán.
- c) Su **conectividad**: De la conectividad entre las áreas de conservación dependen los ajustes de distribución que las especies de flora y fauna requieran ante los cambios en las condiciones climáticas y los cambios en las condiciones ecológicas que estos impliquen. La conectividad ocurre a muy diversos niveles y escalas espaciales y puede ser variable entre los distintos ecosistemas contenidos dentro de un mismo paisaje (Ej. conectividad hidrológica, etc.).
- d) Su **diversidad sucesional**: Es probable que un ecosistema pueda tener una mayor capacidad de auto-restauración si presenta una mayor entremezcla de comunidades en distinta fase de sucesión, ya que esto le confiere una mayor heterogeneidad a los paisajes y con ello un mayor capacidad de resiliencia.

En lo que se refiere a la conectividad se ha propuesto que esta preferentemente debe ser propiciada a través de los gradientes ambientales dentro de una misma eco-región y entre eco-regiones similares. Considerando que las corrientes de agua son “vectores” que de manera natural atraviesan paisajes a través de gradientes de altitud, tipos de suelo, etc., la conservación de estos y de la vegetación riparia resultan muy convenientes como áreas de conservación y conectividad. La restauración activa de los ecosistemas en áreas que cruzan los paisajes dedicados a las actividades productivas también contribuye a generar una “matriz” productiva a través de la cual especies de flora y fauna pueden ir “migrando” hacia nuevas zonas con condiciones climáticas preferentes. Por ejemplo, la franja de bosquetes o barreras vivas que los agricultores tradicionales de Yucatán dejan entre parcelas de trabajo (llamados *Tolché* en Maya), así como los sistemas agroforestales, constituyen verdaderos corredores biológicos.

Para el caso de la Península de Yucatán, y en lo que se refiere a las especies acuáticas, es también importante considerar la conectividad de los hábitats cuando los bajos se inundan estacionalmente y la interconexión que proveen las corrientes subterráneas.

Si bien se ha considerado la posibilidad de que existan sitios o zonas dentro de una región que pudieran constituir verdaderos “refugios climáticos” por tener microclimas menos expuestos a la creciente variabilidad climática en los

macro-regionales, aun no se ha desarrollado una base científica sólida que nos ayude a identificar estos sitios que pudieran constituir “refugios”.

Por su parte, las distintas especies de flora y fauna tienen también una vulnerabilidad distinta ante el CCG y sus impactos, y muy posiblemente algunos de los atributos ecológicos que están involucrados en su nivel de resiliencia pueden incluir a los siguientes:

- a) Amplitud de las condiciones climáticas y de hábitat que pueden tolerar y que se manifiesta en sus rangos de distribución a través de gradientes ambientales; de esta manera, se esperaría que aquellas especies más cosmopolitas y presentes en una mayor diversidad de hábitats y ecorregiones tienen un mayor rango de tolerancia.
- b) Número de poblaciones que finalmente significa una mayor redundancia.
- c) Diversidad genética dentro de cada población, es decir, mayor heterocigosis en el pool génico de la población.

El concepto de “Adaptación con Base en Ecosistemas”

La “Adaptación con Base en Ecosistemas” (ABE) se refiere al uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia integral de adaptación para ayudar a las comunidades humanas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático ²¹. La ABE usa como instrumentos al manejo sustentable, conservación y restauración de ecosistemas que proveen de servicios para que la gente pueda enfrentar los impactos asociados al cambio climático. La ABE pretende mantener e incrementar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad (sensibilidad + exposición) de ecosistemas y comunidades humanas ante el cambio climático Global.

La adaptación con base en ecosistemas pretende establecer un círculo virtuoso entre las acciones que soporten la sustentabilidad de las comunidades humanas, las acciones de conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos a través de medidas de adaptación que favorezcan a estos tres objetivos de manera simultánea. Es decir, en un enfoque de adaptación con base en ecosistemas, se buscan esquemas en donde todos ganen, la biodiversidad y los ecosistemas, las poblaciones humanas y los procesos ecológicos esenciales (**Fig. 11**).

Por ejemplo, en Malasia se calculó que el valor de los manglares para la protección de la costa es de 300,000 USD por kilómetro, basado en el costo de las obras de infraestructura que se necesitarían de no existir estos ecosistemas; en Vietnam, se reforestaron 12,000 ha de manglares a un costo de 1.1 millones de USD ahorrando un más de 7 millones de USD por la construcción y mantenimiento de un dique de protección.

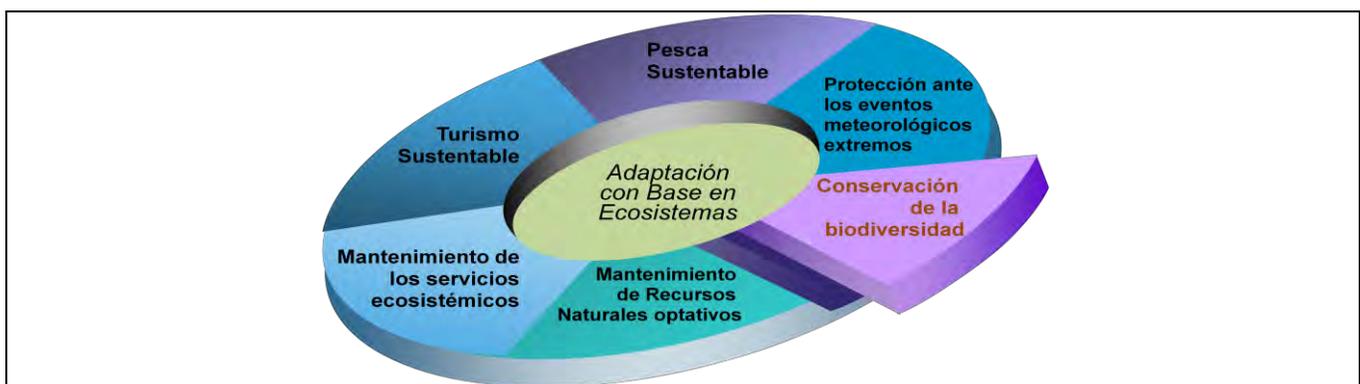


Figura 11.- Principales beneficios del enfoque de la adaptación con base en ecosistemas.

²¹ Andrade *et al.*, 2010; The World Bank, 2010.

La adaptación con base en ecosistemas puede tener bases más sólidas para su planeación e implementación cuando se demuestra cual puede ser el costo económico de no hacer nada ante el cambio climático. Para el caso de la región del Caribe, excluyendo a México de su análisis, Bueno y colaboradores (2008) estimaron cuales serían los costos de la inacción ante el cambio climático. Por ello se considera de la mayor importancia la realización de estudios económicos tanto de los impactos actuales y proyectados como del costo de las distintas opciones de adaptación que pudiesen mitigar los propios impactos.

Para la adaptación al cambio climático en las zonas costeras resulta fundamental tener un enfoque ecosistémico ²², y las medidas de adaptación deben insertarse considerando un enfoque de manejo integrado costero. El Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island ²³, propone que la adaptación de las zonas costeras al cambio climático se enfoque en cinco objetivos:

- 1) Mantener ecosistemas costeros funcionales y saludables.
- 2) Reducir la exposición y la vulnerabilidad de la infraestructura.
- 3) Reforzar la gobernanza para la adaptación costera.
- 4) Mantener las oportunidades para el sustento humano y diversificar las opciones.
- 5) Reducir los riesgos a la seguridad y salud humanas.

Es importante señalar que existen numerosos recursos y herramientas disponibles para estimar impactos asociados al CCG, así como para diseñar estrategias y acciones de adaptación (**Anexo 5**).

La evaluación ecorregional del arrecife mesoamericano (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008) identificó de manera preliminar diversas estrategias orientadas a contribuir a la resiliencia de los ecosistemas y especies en esta región (**Cuadro 4**).

Cuadro 4.- Estrategias de adaptación al cambio climático identificadas en la evaluación ecorregional del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM).

<i>Líneas estratégicas</i>	<i>Acciones</i>
La comunidad de conservación y el grupo de organizaciones reunidas en torno a la conservación del SAM, promueven la concienciación y educación ambiental sobre los efectos negativos del CCG en los ecosistemas de la ecorregión	El grupo de trabajo del plan ecorregional se pronuncia para que los gobiernos de la región cumplan los acuerdos y protocolos.
	Se promueven productos, servicios y prácticas sostenibles en la costa y hacia el interior de los países.
	Los gobiernos del SAM implementan programas sólidos de educación ambiental que incorporan este tema en los planes de estudio nacionales a todos los niveles.
	Se promueve una cumbre de los países de la ecorregión para que las agencias encargadas de cada país intercambien experiencias e información, e integren esfuerzos de colaboración.
	Promover acuerdos entre las organizaciones de conservación para armonizar los esfuerzos para la mitigación de CCG.
Promover entre los visitantes a la región la urgente necesidad de mitigar el CCG para contribuir a la conservación del SAM y sus atractivos.	Desarrollar material de difusión sobre el CCG y sus efectos sobre la ecorregión para ser intensamente difundidos en cruceros, hoteles, atracciones, etc.

²² Yáñez-Arancibia, 2010.

²³ Coastal Resources Center—University of Rhode Island (CRC—URI) and International Resources Group (IRG), 2009.

Líneas estratégicas	Acciones
Promover un programa de investigación para poder conocer el impacto del CCG sobre la ecología y los objetos focales de conservación de la ecorregión.	Generar investigaciones que permitan proyectar los impactos del CCG en la zona costera y en los ecosistemas acuáticos de la región.
	Determinar la vulnerabilidad y resiliencia de los ecosistemas al CCG.
	Establecer un sistema de monitoreo regional de largo plazo de los indicadores de vulnerabilidad y resiliencia al CCG.
	Implementar un sistema de captación de fondos para investigación en CCG utilizando un porcentaje de tarifas impuestas en servicios a visitantes y a prestadores de servicios, además de los gobiernos.
	Efectuar estudios del intercambio del Carbono océano-atmósfera dentro de la región del SAM.
	Integrar un centro regional de excelencia enfocado a la investigación sobre CCG en el SAM, en el que participen un grupo interdisciplinario de los cuatro países.
Estudiar el balance entre el incremento del nivel medio del mar y la acumulación de sedimentos (acreción) y subsidencia de las costas.	Instalar una red de medidores de acreción y subsidencia en zonas de manglar y playas a lo largo de la región.
	Instalar una red de mareógrafos a lo largo de la región en complemento a los ya existentes (Red Mexicana de Nivel del Mar, REDMMAR)
Contar con los levantamientos LIDAR para generar modelos de simulación por incremento del nivel del mar utilizando modelación en un Sistema de Información Geográfica -SIG-.	Proponer a los gobiernos el financiamiento y realización de modelos digitales de elevación de submetro de las costas, islas y cayos en el SAM por su importancia económica.
Proyectar los impactos potenciales del incremento sobre el nivel del mar sobre la infraestructura y las actividades humanas para determinar impactos sociales, económicos y ambientales.	Crear capacidades en recursos humanos e infraestructura en los países de la región del SAM para desarrollar estas proyecciones y demás estudios sobre CCG.
Promover proyectos de restauración en áreas de manglar degradadas tanto por elementos naturales como por actividades humanas.	
Detectar rodales de manglares maduros y protegerlos activamente.	

1. Impactos potenciales del cambio climático sobre la biodiversidad del Caribe Mexicano

Con base a las tendencias climáticas futuras estimadas por los escenarios climáticos analizados, a continuación se presentan hipótesis acerca de como los diversos factores asociados al cambio climático podrían impactar a los principales objetos focales de conservación de las áreas protegidas en este complejo y en los paisajes circundantes. Los impactos sobre los hábitats implican impactos potenciales a muchas de las especies que co-habitan en ellos y que con los análisis de vulnerabilidad correspondientes se podrían identificar con mayor certidumbre.

1.a) Gran Acuífero Cárstico de la Península de Yucatán.

La península de Yucatán es una región que tiene una geología cárstica sin expresión de una hidrología superficial notable excepto por cenotes y lagunas que eventualmente se presentan en el paisaje. Los bajos inundables son también elementos importantes que se vinculan al acuífero cárstico. No obstante, se considera que el acuífero subterráneo es uno de los más complejos del mundo y apenas se va conociendo su dinámica (Fig. 12).

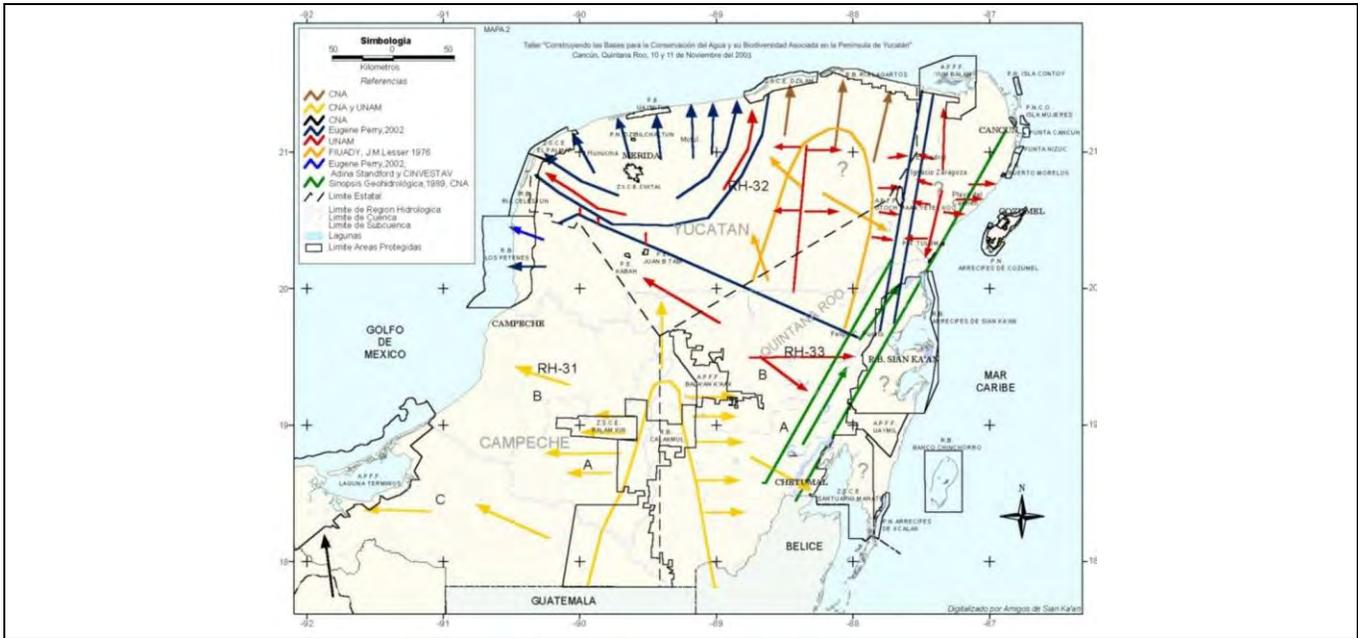


Figura 12.- Mapa esquemático que muestra los flujos de agua subterráneos en la Península de Yucatán (Tomado de: Supper *et al.*, 2008).



Figura 13.- Cenote en la Península de Yucatán (Foto: Christiana Ferris / TNC).

Los estuarios y lagunas costeras son vitales como áreas de cría para peces e invertebrados que usan estos tipos de hábitat costeros durante diferentes fases de su ciclo de vida. El balance hidrológico entre agua dulce y de mar en estuarios y lagunas costeras y el papel que juega la vegetación costera son esenciales en estos ecosistemas. Los estuarios y lagunas costeras son sitios de alta productividad que exportan nutrientes a otros ambientes marinos circundantes (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).

Hipótesis de Cambio	Referencias de respaldo
Debido al aumento de la temperatura, a las alteraciones en la distribución de la lluvia y a la tendencia general a su disminución, se esperaría una reducción en el volumen de captación de agua al acuífero y una mayor intrusión salina acelerada por el aumento del nivel del mar. Todo esto provocaría cambios en la configuración y dimensiones del acuífero y alteraciones en la química del agua que impactarían, por un lado, la riqueza y abundancia de especies, afectando la composición y estructura de las comunidades bióticas, y por otro, la disolución de las calizas que provocaría colapsos y otros cambios en la estructura física del sistema.	Batlloori y Febles, 2002. Bates et al., 2008. Gelting, 1995 . González et al., 2002. Landa et al., 2008. Orr et al., 2009. Ortuño et al., 2008. UN Water, 2010. Graniel et al., 2005 Carrillo et al., 2007

1.b) Selvas Medianas y Bajas.

Las selvas medianas y bajas se presentan principalmente en el complejo Sian Ka'an- Uaymil y están entremezcladas con tulares, sabanas y humedales costeros (Fig. 14). Estas selvas, como ecosistemas, tienen una cierta adaptación al embate continuo de huracanes y tormentas tropicales. Desde 1990, el fuego ha representado una seria amenaza para las selvas de la porción oriental de la Península de Yucatán²⁴.



Figura 14.- Selva mediana típica de la Península de Yucatán (Foto: I. March / TNC).

Hipótesis de Cambio	Referencias de respaldo
Debido al aumento de la temperatura, a las alteraciones en la distribución de la lluvia y a la tendencia general a su disminución, las poblaciones de flora y fauna se pueden ver afectadas directa e indirectamente en su fenología y las interacciones bióticas. Los cambios poblacionales impactarán la estructura y funcionamiento de las comunidades bióticas, la integridad ecológica y los ciclos de materia y energía de los ecosistemas; esto podría favorecer la expansión de especies invasoras. El aumento en la concentración de CO ₂ causará cambios en la capacidad fotosintética de las plantas, favoreciendo la productividad en algunas especies y limitando la de otras. El aumento en la frecuencia de los eventos hidro-meteorológicos extremos favorece la acumulación de material combustible y, por ende, una mayor probabilidad de incidencia de incendios que reducen la conectividad de los ecosistemas.	<p>Impactos en bosques: Allen et al., 2010. Battles et al., 2006. Bernier y Schoene, 2009. Biringer, 2003. Dale et al., 2001 Laurance y Williamson, 2001. Millar et al., 2007 Ramirez, 2005. Villers y Trejo, 1997. Whitmore, 1998.</p> <p>Fuego: Aragao et al., 2008. Bush et al., 2008. Krawchuck et al., 2009. Liu et al., 2010. McKenzie et al., 2004.</p> <p>Fenología: Bertin, 2008. Cleland et al., 2007 Cotton, 2003. Hannah, 2010</p>

²⁴ Díaz, 2009; Navarro et al., 1991.

Hipótesis de Cambio	Referencias de respaldo
	Parmesan, 2007. Post <i>et al.</i> , 2008. Primack <i>et al.</i> , 2009 Visser y Both, 2005. Visser <i>et al.</i> , 2006.

1.c) Arrecifes de Coral, Pastos Marinos y Macroalgas.

Los arrecifes de coral de este complejo de áreas protegidas (**Cuadro 5**) constituyen parte importante del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM) compartido entre Belice, Honduras, Guatemala y México. Los arrecifes de esta región han sido intensamente estudiados y monitoreados ²⁵. Los arrecifes constituyen un complejo sistema estructural dando lugar a cuatro tipos de hábitat arrecifal principales: atolón, barrera, borde, laguna e isla oceánica. La ecorregión del Arrecife Mesoamericano comprende uno de los sistemas arrecifales más grandes del mundo, y se extiende desde el extremo noreste de la Península de Yucatán en México, a lo largo de Belice, y hasta las Islas de la Bahía, Honduras, con cerca de 700 km. Este sistema es parte de los arrecifes del Caribe que cuenta con más de 70 especies de corales y cerca de 500 especies de peces (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).

Cuadro 5.- Superficies de arrecifes de coral contenidos en las 3 áreas naturales protegidas del Complejo Caribe Mexicano en que se enfoca este trabajo (Tomado de Bezaury, 2010).

Áreas Naturales Protegidas Federales	Cobertura Total de Arrecifes en las ANP (ha)	% del Total de Arrecifes protegidos en todas las ANP del Caribe de México
RB Banco Chinchorro	15,972	43.09
RB Sian Ka'an	13,086	35.30
PN Arrecifes de Xcalak	3,345	9.02

Estos arrecifes prestan importantes servicios ecosistémicos: por una parte son esenciales para sostener recursos pesqueros de gran relevancia que son aprovechados en la región tales como el caracol rosado y la langosta ²⁶; adicionalmente, los arrecifes son uno de los principales atractivos turísticos de la región y que es la actividad económica preponderante (**Fig. 15**). Finalmente, y sin ser menos importante, las estructuras de los arrecifes son fundamentales para disipar la energía del oleaje durante las tormentas y huracanes tropicales que azotan continuamente a esta costa. Como se mencionó anteriormente, los arrecifes de coral están entre los ecosistemas con más impactos directos e indirectos de factores asociados al cambio climático (**Fig. 16**).

²⁵ Alvarez, 2003; Amigos de Sian Ka'an - GVI México, 2009.; Arias, 1998; Chavez & Hidalgo, 1988; Domeier *et al.*, 2002; Franquesa, 2008; Gutiérrez y García, 1995; Gutiérrez *et al.*, 1996; Heyman *et al.*, 2002; Loreto *et al.* 2000; Núñez-Lara *et al.*, 1999. Ruiz-Zárate *et al.*, 1999; Tunnell *et al.*, 1993; Wilkinson y Souter, 2008.

²⁶ Basurto *et al.*, 1991, 1992, 2005; Basurto, 1995; Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2005; Cinner, J., 2000; WWF. 2006.



Figura 15.- Especies del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Fotografías: Julie Stockbridge / TNC).

Los pastos marinos o “seibadales”, se encuentran íntimamente ligados a otros hábitats costeros como los arrecifes coralinos, los manglares, marismas salobres y arrecifes de bivalvos o de perpulidos, y proporcionan al hombre una serie de importantes servicios ecosistémicos, incluyendo el constituir un hábitat importante para varias especies de camarones y peces de importancia comercial, la estabilización de sedimentos evitando así la erosión costera, y la filtración de sedimentos y nutrientes suspendidos en la columna de agua manteniendo así su claridad (Bezaury, 2010; Björk *et al.*, 2008).

La ecorregión del sistema arrecifal mesoamericano tiene una importante cantidad de pastos marinos (Fig. 16), dominados por el pasto de tortuga (*Thalasia testudinum*) pero que también incluye otras especies como el pasto de bajos (*Halodule* sp.), pasto manatí (*Syringodium* sp.), y el pasto de patos (*Rupia maritima*). Este complejo y productivo ecosistema es un área de cría importante para peces e invertebrados, en particular para el caracol rosa (*Strombus gigas*), una de las especies más importantes para las economías locales. Los pastos marinos son además hábitat importante para numerosas especies de manta rayas y hábitat para alimentación y reproducción de tortugas marinas (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).

Un objeto de conservación importante, que probablemente depende del estado de salud de arrecifes de coral y pastos marinos en la región del complejo, son las llamadas agrupaciones de desove o reproductivas (SPAGs) que han sido estudiadas y monitoreadas en este complejo de áreas protegidas²⁷ (Fig. 17). Una de las especies que forman estas agrupaciones es el mero de Nassau *Epinephelus striatus* que es un pez de importancia comercial y con un importante valor como depredador en los ecosistemas que habita (Aguilar Perera *et al.*, 2009). En Majahual, en 1999 se vieron agrupaciones de hasta 1,000 individuos, pero no se han vuelto a reportar desde 2007 (Aguilar-Perera, 2006). En otro sitio cercano a Majahual, en “El Blanquizal” en Xcalak, se han registrado agrupaciones de c.a. 3,000 meros (Medina *et al.*, 2004; Bolio, 2007).

²⁷ Research Planning, Inc. (RPI), 2003.

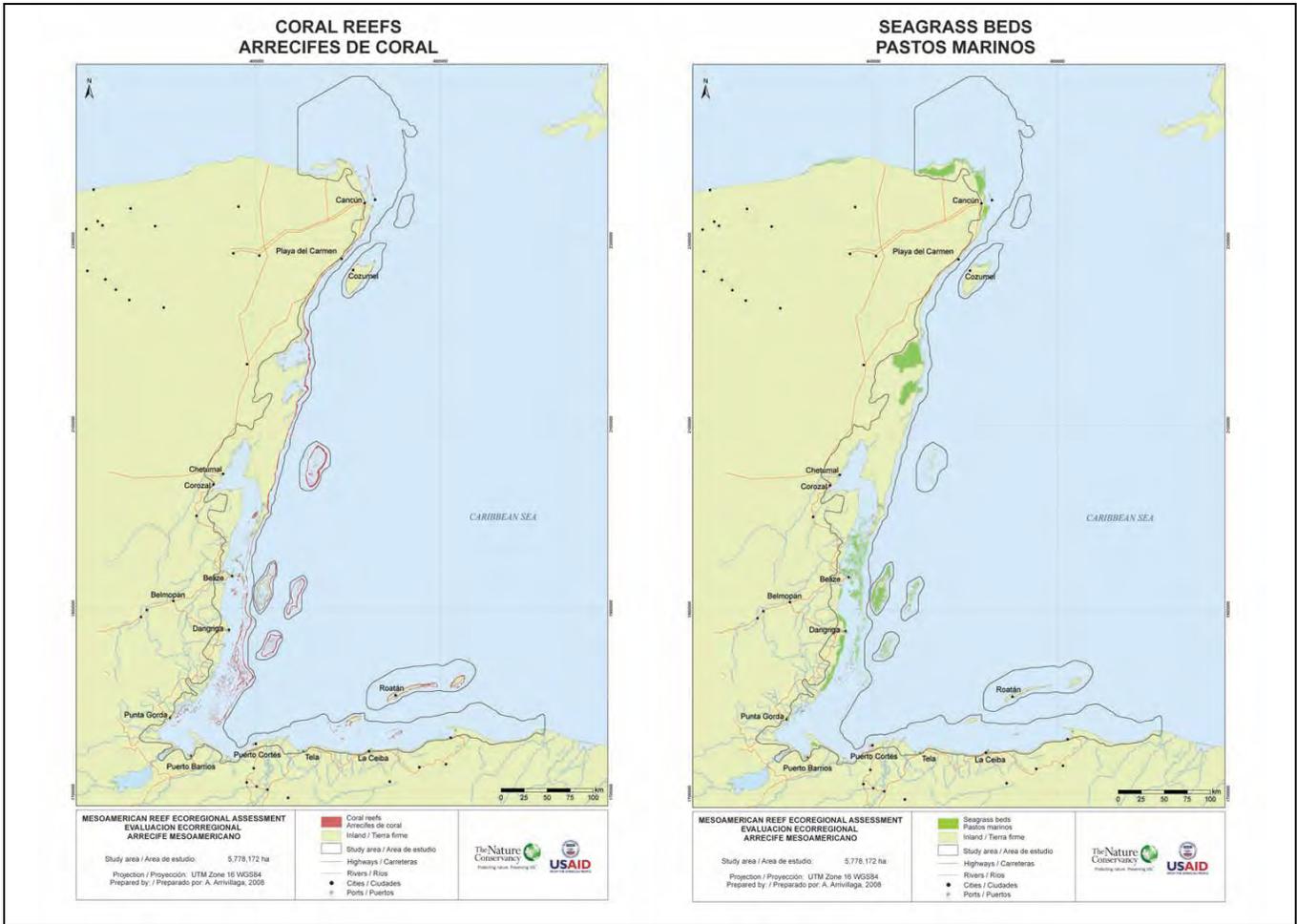


Figura 16.- Distribución de los arrecifes de coral Y PASTOS MARINOS en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Tomado de: Arrivilla y Windevoxhel, 2008).

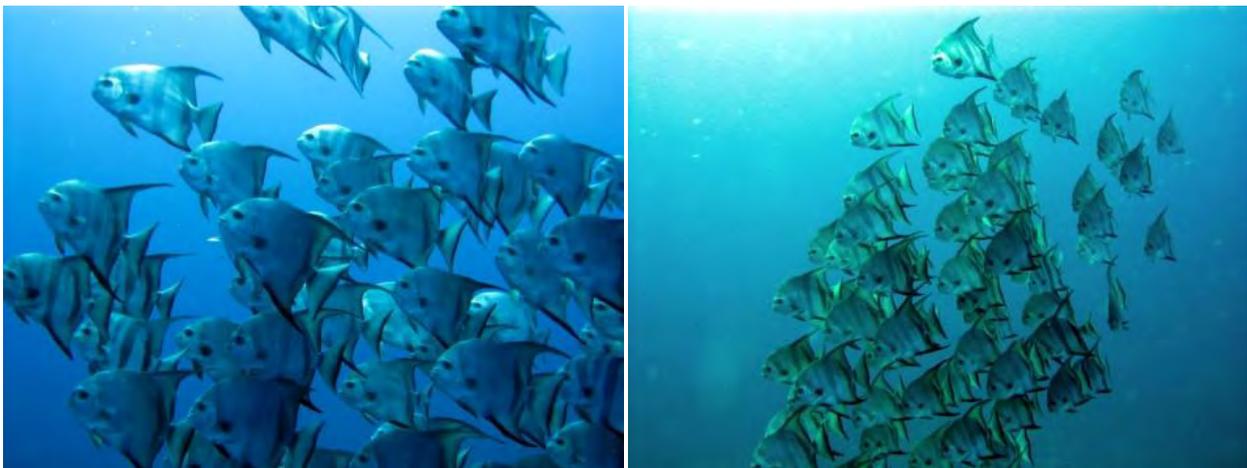


Figura 17.- Agregaciones de *Chaetodipterus faber* (Fotografías: Rodrigo Pantoja / COBI).

De acuerdo con Bezaury (2010), las principales afectaciones que se prevén sobre los arrecifes de coral por el cambio climático son las siguientes:

- 1) Las fluctuaciones de temperatura en el agua del mar que provocan la expulsión de las algas zooxantelas de los pólipos de los corales (evento conocido como “blanqueamiento”; **Fig. 18**). A nivel mundial el deterioro de los arrecifes coralinos se aceleró significativamente a partir de que las concentraciones de CO₂ alcanzaron las 320 ppm, situación que se ha acentuado ante la actual concentración de 387 ppm (Royal Society 2009).
- 2) Acidificación de las aguas marinas (**Fig. 19**), por la saturación del CO₂ atmosférico que se deposita en los océanos y cuya consecuencia es la disminución de la tasa de calcificación en los corales (Field *et al.*, 2001, Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007). Los corales ramificados y especialmente los del género *Acropora* de aguas someras, importantes constructores primarios de arrecifes, se tornarán más quebradizos y más propensos a ser dañados, provocándose consecuentemente un amplio deterioro del hábitat (Veron *et al.*, 2009).



Figura 18.- Corales con blanqueamiento en arrecifes del Caribe Mexicano (Fotografías: Citlali García / COBI).

Bezaury (2010) señala que las propuestas de limitar los niveles de carbono a 450 ppm no evitarán la pérdida catastrófica de arrecifes, ya que se requerirían concentraciones significativamente menores a las 350 ppm para asegurar la viabilidad a largo plazo de estos ecosistemas (Royal Society, 2009).

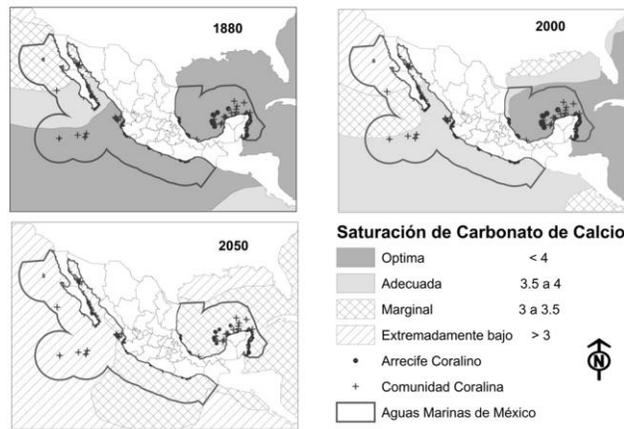


Figura 19.- Modelo de saturación de carbonato de calcio en aguas oceánicas superficiales para los años 1880, 2000 y 2050 (Tomado de: Bezaury, 2010, con base a Field *et al.*, 2001 y Kleypas, 1999).

De acuerdo con Bezaury (2010), en la evaluación de los efectos del blanqueamiento y de los últimos de los 58 huracanes de diversa intensidad que en el Siglo XX, han afectado las costas del Atlántico en México - efectuada por McField *et al.* (2008) - se enumeran los siguientes impactos:

- Los arrecifes de Puerto Morelos y zonas cercanas sufrieron una mortandad significativa derivada del paso del huracán Gilberto en 1988 y del evento de blanqueamiento de 1995.
- Los parches arrecifales de Isla Mujeres y Cancún también resultaron afectados con daños mecánicos y fragmentación por el paso del huracán Iván en 1994.
- Efectos leves del evento de blanqueamiento de 1995 fueron observados a finales de julio en los arrecifes de Mahahual y Sian Ka'an, sin embargo en octubre se observó un blanqueamiento significativo, exhibiendo el 40% de las colonias en Xcalak evaluadas, diversos niveles de blanqueamiento.
- Durante 2005 los arrecifes del Caribe mexicano fueron dañados por los huracanes Emily en julio y Wilma en octubre, impactando de forma importante tanto a Cozumel en donde la cobertura de coral disminuyó del 24% al 17%, como a los arrecifes del norte de Quintana Roo, en donde se reflejó principalmente sobre los corales de la cresta arrecifal.

Con base a lo anterior, se plantea la siguiente hipótesis de cambio:

Hipótesis de Cambio	Referencias de respaldo
<p><i>Debido al incremento en la temperatura en el océano de 1 a 4 grados centígrados en los próximos 50 años, aunado al incremento en cambios en las corrientes, el oleaje, la frecuencia e intensidad de tormentas y huracanes así como a la acidificación oceánica y el incremento en el nivel del mar, provocará:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Un incremento en los sólidos suspendidos y sedimentación</i> – <i>Reducción de la cobertura de coral vivo, cambio en la cobertura de macroalgas, cambio en la composición de pastos marinos y mayor mortandad por blanqueamiento y mayor susceptibilidad a enfermedades en corales</i> – <i>Aumento de la cobertura de macroalgas y algas de tapete</i> – <i>Cambios en la temporalidad reproductiva del especies de coral</i> – <i>Disminución en reclutamiento coralino</i> – <i>Pérdida en las áreas de pastos marinos donde se alimentan manatíes, tortugas y caracol y áreas de crianza para fauna arrecifal.</i> – <i>Disminución del crecimiento de las estructuras de las colonias coralinas, debido a una reducción en la tasa de acreción respecto a la tasa de erosión y pérdida de complejidad estructural</i> – <i>Destrucción de estructuras arrecifales</i> – <i>Perdida de conectividad en el ecosistema reflejada en el reclutamiento de fauna arrecifal</i> – <i>Los efectos combinados de los enunciados anteriores se verán reflejados en una disminución de la cobertura de coral vivo y en cambios en la, estructura y diversidad de las especies.</i> 	<p>Burke y Maidens, 2004. Carpenter <i>et al.</i> 2008 Goldberg y Wilkinson, 2005. Hoegh-Guldberg <i>et al.</i>, 2007 Hughes <i>et al.</i>, 2003 Munday <i>et al.</i>, 2008. Kleypas <i>et al.</i>, 2006 McWilliams <i>et al.</i>, 2005 Schuttenberg, 2001. Coral Veron <i>et al.</i>, 2009</p>

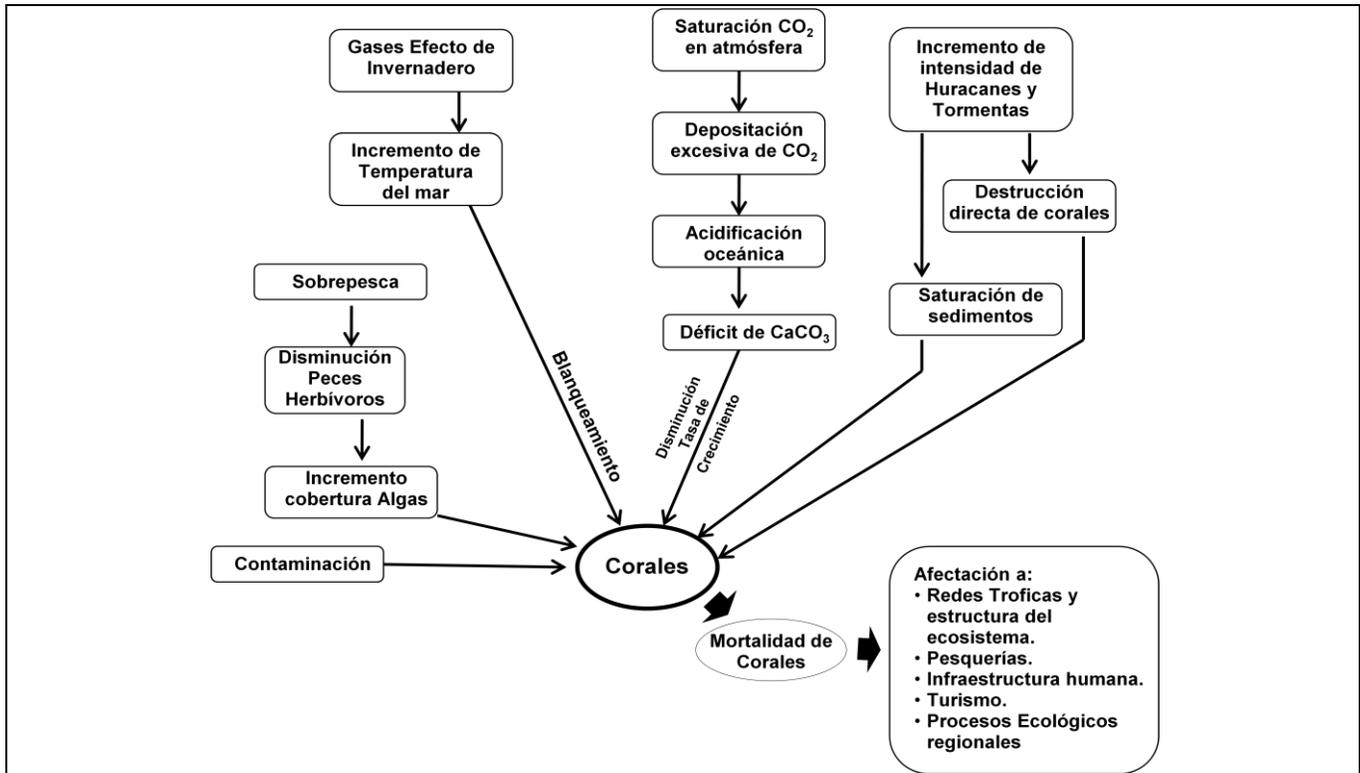


Figura 20.- Diagrama que muestra los diversos impactos directos e indirectos, de los factores asociados al cambio climático, sobre los arrecifes de coral.

1.d) Manglares y Humedales Costeros

Las áreas protegidas de Sian Ka'an y Arrecifes de Xcalak conservan importantes superficies de manglares y otros tipos de vegetación de humedal costero los cuales están estrechamente asociados a la salud de los arrecifes de coral y a muchos de los recursos pesqueros en la región (Cuadro 6; Fig. 21). Dentro de la región de estudio, el Inventario Nacional de Manglares (CONABIO, 2009), determinó a dos zonas (PY77 y PY80) como áreas prioritarias para la conservación de los manglares (Fig. 22).

Cuadro 6.- Superficies de vegetación de humedales costeros incluidas en las áreas naturales protegidas del Complejo Caribe Mexicano en que se enfoca este trabajo (Según Bezaury, 2010).

Áreas Naturales Protegidas con Humedales Costeros	Manglar (ha)	Tular (ha)	Vegetación de Petén (ha)	Total de Vegetación de Humedales Costeros (ha)
RB Sian Ka'an, Q. Roo	81,695	115,680	1,198	198,573
APFF Uaymil, Q. Roo	9,004	17,977	137	27,118
RB Banco Chinchorro, Q. Roo	4,619			4,619
PN Arrecifes de Xcalak, Q. Roo	3,227			3,227
RB Arrecifes de Sian Ka'an, Q. Roo	68			68
Total	98,613	133,657	1,335	233,605



Figura 21.- Manglares costeros del Caribe Mexicano (Fotografías: Christiana Ferris, Ignacio March / TNC).



Figura 22.- Distribución de los manglares prioritarios definidos por el Inventario Nacional de Manglares (CONABIO, 2009).

Los manglares están formados por cuatro géneros de mangle: *Rhizophora* spp., *Avicenia* spp., *Laguncularia* spp., y *Conocarpus* spp.; los bosques de mangle crean un hábitat rico en biodiversidad, debido a la gran cantidad de especies acuáticas asociadas a su sistema de raíces. Se presentan los cuatro tipos estructurales de manglares del Caribe (Lugo y Snedaker, 1974): 1) Los manglares de borde se distribuyen a lo largo de la costa; 2) los manglares de hamaca y enanos están fuertemente asociados con las tierras bajas en la porción norte de la ecorregión, principalmente el norte de Belice y Quintana Roo, México; 3) los manglares riberosinos están asociados con las lagunas costeras y las desembocaduras de los

ríos, y 4) los manglares de isla están asociados con pequeños cayos y áreas secas de la costa. Los pastos marinos y los manglares sirven como áreas de cría importantes para especies de valor comercial como el caracol rosado (*Strombus gigas*), la langosta de espinosa (*Panulirus argus*), meros (Serranidae) y pargos (Lutjanidae) y para otras especies de importancia recreativa como robalo (*Centropomus sp.*), sábalo (*Megalops atlanticus*) y macabí (*Albula vulpes*) (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).



Figura 23.- Distribución de estuarios y lagunas costeras en la región del Arrecife Mesoamericano (Tomado de: Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).

El cambio climático afectará a los manglares y humedales costeros principalmente debido a los siguientes factores:

- Incremento del nivel del mar (Ortiz-Pérez y Méndez-Linares. 2000; López-Medellin *et al.*, 2011).
- Mayor frecuencia de ciclones y huracanes tropicales (Emanuel, 2005; Webster *et al.*, 2005).

Para el caso de los manglares de la costa de Yucatán, Herrera-Silveira *et al.* (2010) presentan una prospección detallada de los impactos que podrían sufrir por distintos factores asociados al cambio climático.

Hipótesis de Cambio	Referencias de respaldo
<p><i>El aumento en la intensidad de los eventos meteorológicos extremos (ciclones, lluvias, etc.) generarán cambios en la estructura física de los ecosistemas que a su vez provocarán cambios en la estabilidad (alteración de los ciclos hidrológicos, biogeoquímicos y de la fenología de las especies) de los mismos y en algunos casos hasta su pérdida. Lo anterior se verá reflejado en la reducción de la biodiversidad y en la extensión, estructura y desecación de los manglares y humedales. Los humedales costeros se verán afectados por un incremento en el nivel del mar y no tendrán la posibilidad de ajustar su distribución a nuevas áreas adecuadas para su establecimiento.</i></p>	<p>Gilman <i>et al.</i>, 2008 Harrison <i>et al.</i>, 2008 Herrera-Silveira <i>et al.</i>, 2010 McLeod y Salm, 2006. Semeniuk, 1994. UNEP, 1994. Yáñez <i>et al.</i>, 1998. Yáñez Arancibia, 2010.</p>

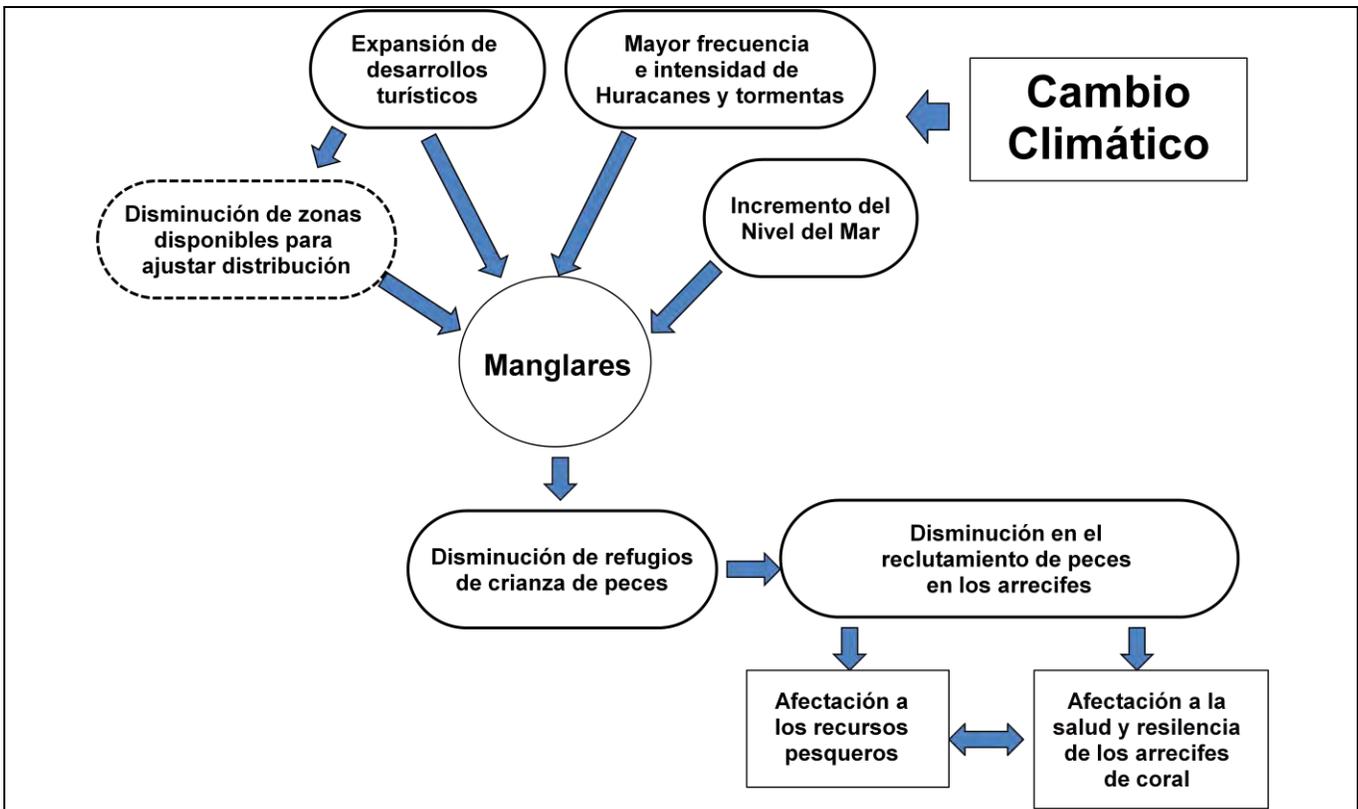


Figura 24.- Principales forzantes humanos y asociados al cambio climático que afectan de manera directa a los manglares y como consecuencia a los recursos pesqueros y arrecifes de coral asociados.

Es importante señalar que se requiere realizar una evaluación detallada de la vulnerabilidad que los manglares y humedales pueden tener considerando los atributos de los distintos rodales a lo largo de la costa (**Cuadro 7**).

Cuadro 7.- Atributos y vulnerabilidad de los manglares ante el incremento del nivel del mar (Tomado de McLeod y Salm, 2006).

Vulnerabilidad	Condiciones locales
Manglares con mayor vulnerabilidad	Ubicados en islas con poco relieve
	Ausencia de ríos
	Ubicados en atolones o cayos
	Localizados en áreas en hundimiento por aspectos tectónicos, extracción de agua u otros factores
	En ambientes pobres en sedimentos.
	Manglares bloqueados por el desarrollo costero o por topografía muy pronunciada
Manglares con menor vulnerabilidad	Manglares con sedimentos profundos sobre islas elevadas.
	Manglares asociados a ríos
	Ubicados en ambientes ricos en sedimentos
	Manglares que tienen posibilidades de migrar tierra adentro conforme se eleva el nivel del mar (Ej. áreas sin desarrollos, etc.).
	Manglares en áreas remotas con baja presión por actividades humanas
	Áreas de manglar ubicadas alrededor de bosques de manglar densos y en expansión.

1.e) Dunas y Playas Arenosas

Las dunas costeras están entre los ecosistemas con mayor peligro a desaparecer en la región, primeramente por que han sido eliminadas a costa de la expansión de la infraestructura turística y en segundo término por que los procesos de erosión costera constituyen una grave amenaza.

Las playas arenosas proveen sitios de anidación tanto para las cuatro especies de tortugas marinas del Caribe: Tortuga verde (*Chelonia mydas*), baule o laúd (*Dermochelys coriacea*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), y caguama (*Caretta caretta*), como para aves locales y migratorias y también para el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) (Figs. 25 y 26). Las playas también son sitios de descanso para numerosas aves migratorias playeras del hemisferio occidental (Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).



Figura 25.- Las playas arenosas, áreas de anidación para las tortugas marinas, serán afectadas por el incremento del nivel del mar en la costa del Caribe de México (Fotografías: Ignacio March, Christiana Ferris / TNC).

Hipótesis de Cambio	Referencias de respaldo	
<p>El aumento en el nivel del mar provocará la disminución de la extensión (y eventual pérdida) de los ecosistemas de playas y dunas; afectación de sitios de anidación para reptiles y aves; así como cambios en la composición y estructura de las poblaciones de flora y fauna.</p> <p>El aumento en la intensidad y frecuencia de los eventos meteorológicos extremos alterará la dinámica de playas y dunas, incluyendo la destrucción de la estructura física que se verá reflejado en cambios en la dinámica poblacional de especies y en el aumento de la erosión genética.</p>	<p>Alongi, 2008. Carranza, 2010 Charruau <i>et al.</i>, 2010 Church, 2001 Cooper <i>et al.</i>, 2008. Doyle <i>et al.</i>, 2010. Heberger <i>et al.</i>, 2009. Mazria y Kershner, 2007. McLeod <i>et al.</i>, 2010.</p>	<p>Nicholls y de la Vega, 2008. Nicholls <i>et al.</i>, 1999. Nicholls y Tol, 2006. Oliver-Smith, 2009. Titus <i>et al.</i>, 2009. UNEP-WCMC, 2006. US EPA, 2009.</p>



Figura 26.- Distribución de las playas arenosas en la región del Sistema Arrecifal Mesoamericano (Tomado de: Arrivillaga y Windevoxhel, 2008).

Los principales impactos asociados al CCG sobre los ecosistemas y objetos focales de conservación en este complejo de áreas protegidas en el Caribe de México se resumen en la **Figura 27**.

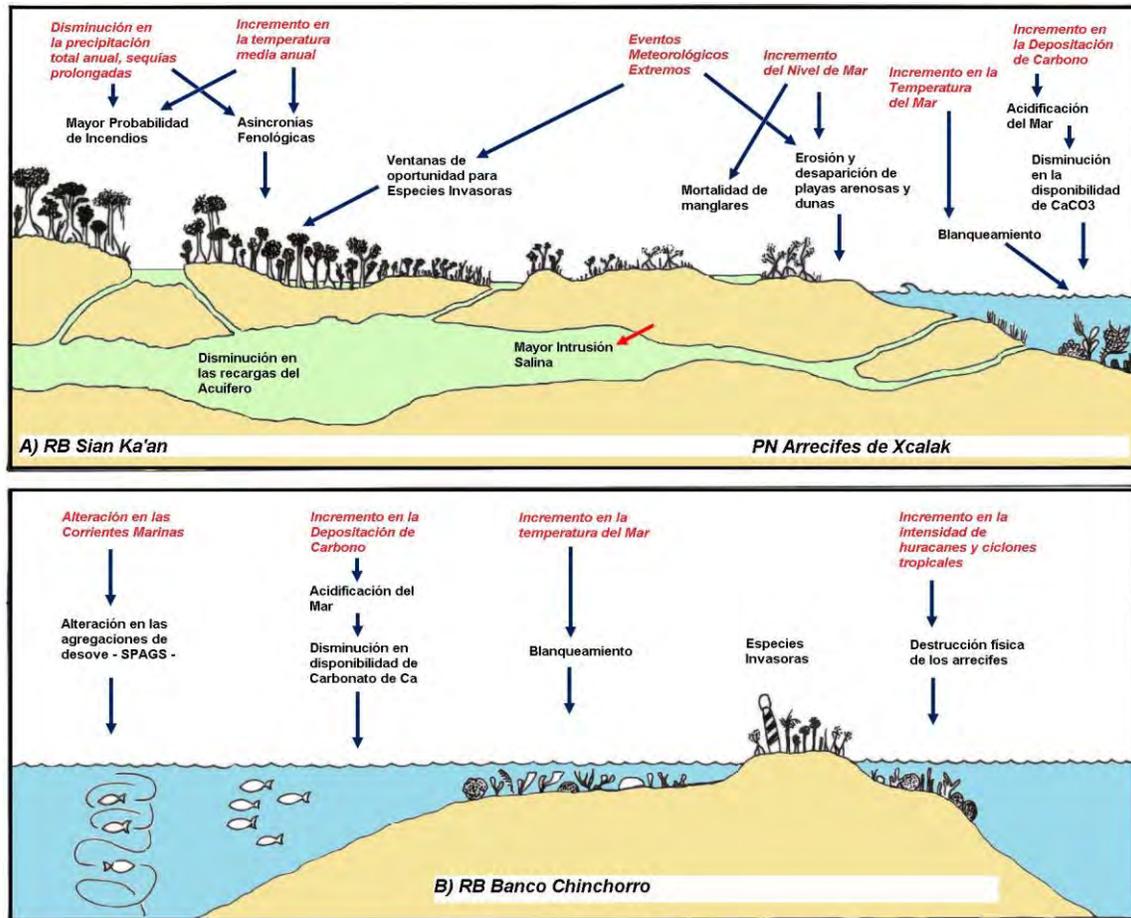


Figura 27.- Síntesis de los principales impactos del cambio climático sobre los ecosistemas y objetos de conservación del complejo de áreas protegidas.

2. Amenazas que pueden exacerbarse en el contexto del cambio climático

Diversas amenazas a la biodiversidad, que han estado impactando casi de manera permanente a los ecosistemas de la región, pueden ser exacerbadas por los efectos del cambio climático. Las principales son enlistadas a continuación:

<i>Objeto Focal de Conservación</i>	<i>Amenaza que puede exacerbarse por el CC</i>
Gran acuífero cárstico de la Península de Yucatán	Extracción excesiva de aguas subterráneas
Selvas medianas y bajas	Deforestación y transformación de zonas de captación de agua.
Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Especies invasoras, encallamientos, varamientos, hundimientos de embarcaciones, Incremento de basura, escombros, alteración mecanismos de conectividad regional, mareas rojas
Manglares y humedales costeros	Actividades turísticas desordenadas
Dunas y playas arenosas	Desarrollo de infraestructura hotelera desordenada

Distintos autores han señalado que las alteraciones asociadas al cambio climático sobre las condiciones ambientales preexistentes, pueden ser oportunidad para el establecimiento y propagación de las especies exóticas invasoras. Las principales especies invasoras reportadas para este complejo de áreas protegidas están indicadas en el cuadro 8.

Cuadro 8.- Principales especies exóticas invasoras reportadas para las áreas protegidas del Caribe Mexicano.

Área o zona	Grupo biológico	Especies	Fuente
Sian Ka'an	Crustáceos	<i>Mesocyclops aspericornis</i> <i>Mesocyclops thermocyclopoideus</i>	Lourdes 2004; Gutiérrez <i>et al.</i> 2003; Zamorano y Ursúa, 2010.
Sian Ka'an	Mamíferos	Gato feral (<i>Felis catus</i>) Perro feral (<i>Canis lupus familiaris</i>) Rata casera (<i>Rattus rattus</i>) Ratón casero (<i>Mus musculus</i>) Vaca feral (<i>Bos taurus</i>)	Zamorano y Ursúa, 2010.
Sian Ka'an	Peces	Tilapia de Mozambique (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	Zamorano y Ursúa, 2010.
Sian Ka'an	Plantas	Almendro (<i>Colubrina asiatica</i>) Palma de coco (<i>Cocos nucifera</i>) Pino australiano (<i>Casuarina spp.</i>)	Bezaury, 1989, 1990; Zamorano y Ursúa, 2010.
Banco Chinchorro	Mamíferos	Gato feral (<i>Felis catus</i>) Rata (<i>Rattus rattus</i>)	Samaniego <i>et al.</i> , 2003; García Rivas, 2010.
Banco Chinchorro y Xcalak	Peces	Pez León	Aguilar-Perera y Tuz-Sulub. 2010. CONANP, 2009. Hare, J.A., and P. E. Whitfield. 2003. ICRI-CAR-CONANP-NOAA-REF, 2010. Mendoza, R., com.pers. 2006.

3. Respuestas humanas potenciales ante los impactos probables del cambio climático

De no existir estrategias planificadas de adaptación al cambio climático dentro de planes regionales de adaptación que contemplen a los diversos sectores y actores, ante el cambio climático pueden darse respuestas humanas que resultan adversas tanto para la biodiversidad como para la capacidad de los ecosistemas en prestar sus servicios y en última instancia para la sustentabilidad. Algunas de estas respuestas de adaptación inadecuada pueden incluir a las siguientes:

Objeto Focal de Conservación	Respuestas humanas potenciales al CC
Gran acuífero cárstico de la Península de Yucatán	Mayor extracción de aguas subterráneas por estrés hídrico
Selvas medianas y bajas	Deforestación y transformación de zonas de captación de agua.
Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Pesca ilegal y sobrepesca
Manglares y humedales costeros	Incremento del esfuerzo pesquero, cambios de actividad económica, migración a otras regiones.
Dunas y playas arenosas	Creación de playas artificiales, creación desordenada de infraestructura asociada al turismo

4. Recursos naturales y actividades humanas potencialmente vulnerables al CC

Los principales recursos naturales que son aprovechados en la región y los intereses humanos que pueden ser mayormente afectados por los distintos factores asociados al cambio climático son los siguientes:

<i>Objeto Focal de Conservación</i>	<i>Recursos naturales y actividades humanas potencialmente vulnerables al CC</i>
Gran acuífero cárstico de la Península de Yucatán	Agua de alta calidad
Selvas Medianas y Bajas	Recursos forestales (Maderables y no maderables)
Arrecifes de coral, pastos marinos y macroalgas	Calidad escénica y visitación en la industria turística.
Manglares y humedales costeros	Recursos pesqueros ²⁸
Dunas y Playas arenosas	Infraestructura turística

La afectación de hábitats críticos para la reproducción, alimentación y refugio de peces, caracoles y langostas evidentemente tiene un impacto en los recursos pesqueros y con ello en la economía de muchas familias de pescadores que dependen de manera principal de estos recursos; esto sobre todo en Xcalak y en Banco Chinchorro. Adicionalmente, la afectación de estos hábitat tiene un impacto consecuente en el turismo, tanto porque puede decrecer el atractivo de los arrecifes para los buceadores como por los alimentos del mar consumidos por los turistas (**Fig. 28**).



Figura 28.- La pesca es una actividad económica de la mayor importancia entre las comunidades costeras del sur de Quintana Roo (Fotografías: Citlali García / COBI).

En las últimas décadas, los huracanes y tormentas tropicales en la región del Caribe han sido causantes de diversos desastres (**Fig. 29**) y esta situación puede agravarse si la frecuencia e intensidad de estos eventos meteorológicos se incrementa²⁹.

Para el caso de Jamaica se ha efectuado una evaluación detallada de la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático y de como la conservación y restauración ecológica pueden contribuir a disminuir los riesgos de las comunidades humanas y las actividades económicas³⁰.

²⁸ Solana , 2010.

²⁹ Morales, 1993; Emanuel, 2005; Webster, *et al.*, 2005.

³⁰ United Nations Environment Programme The Planning Institute of Jamaica, 2010

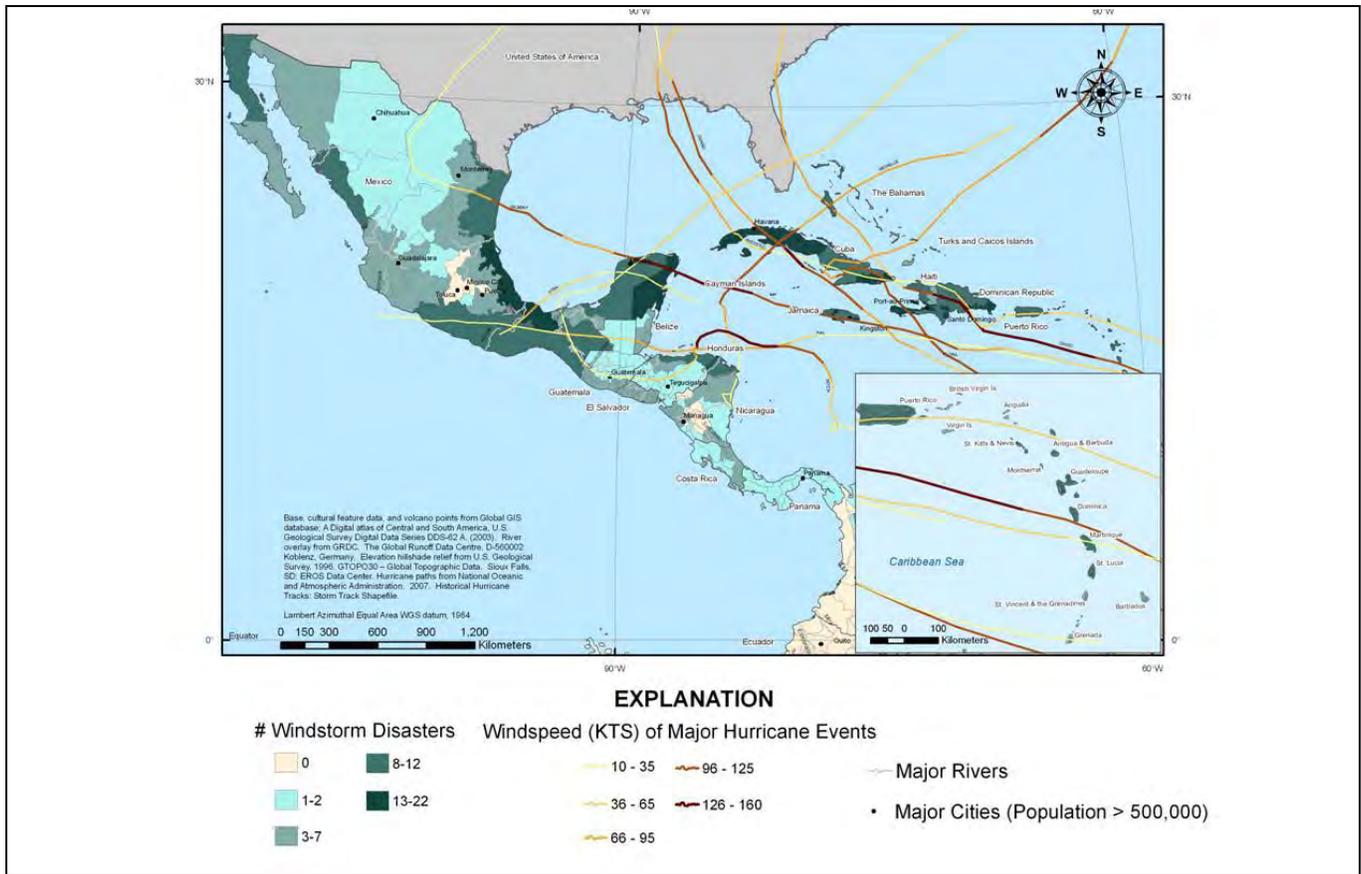


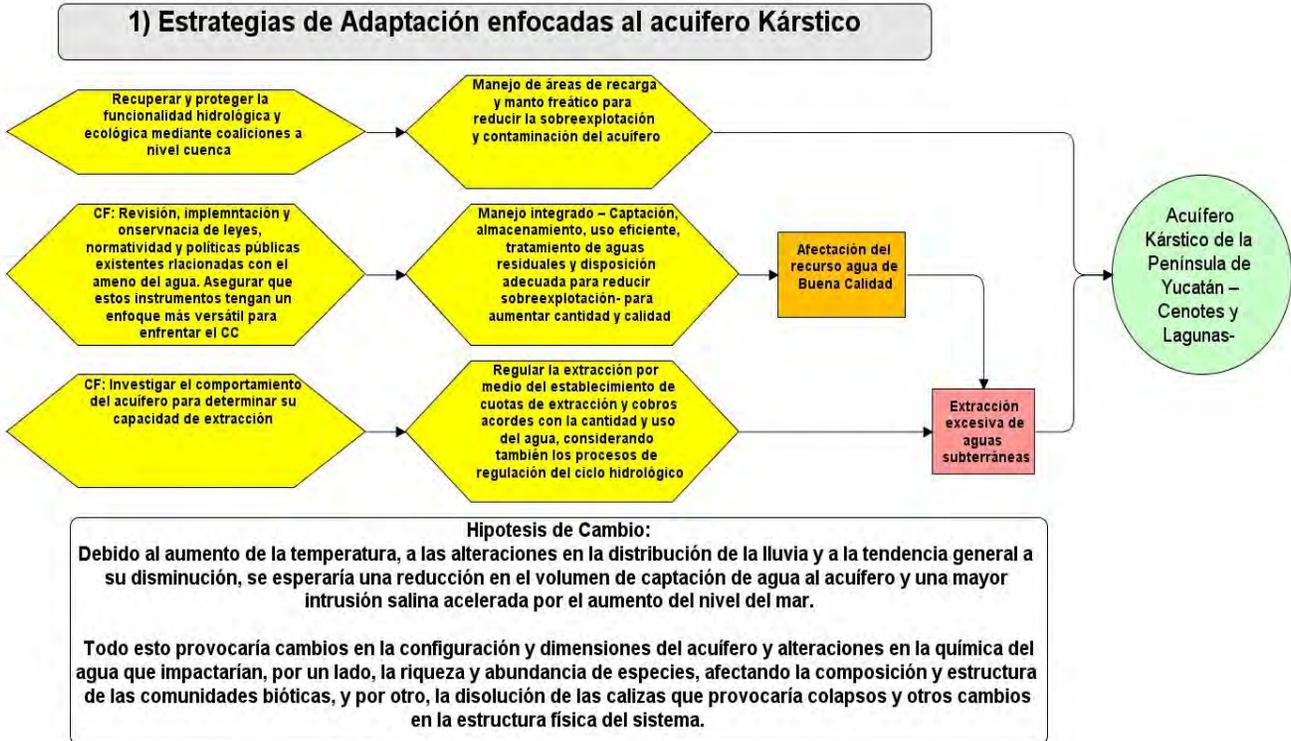
Figura 29.- Ocurrencia de desastres por tormentas y huracanes en México, Centroamérica y el Caribe para el período 1900-2007 en donde se indican las principales rutas de huracanes (Tomado de Maynard-Ford y Chirico, 2008).

5. Estrategias Generales de Adaptación para la Conservación de la Biodiversidad y la Sustentabilidad

A continuación se presentan las grandes estrategias de adaptación que fueron consideradas como prioritarias para lograr 3 objetivos meta:

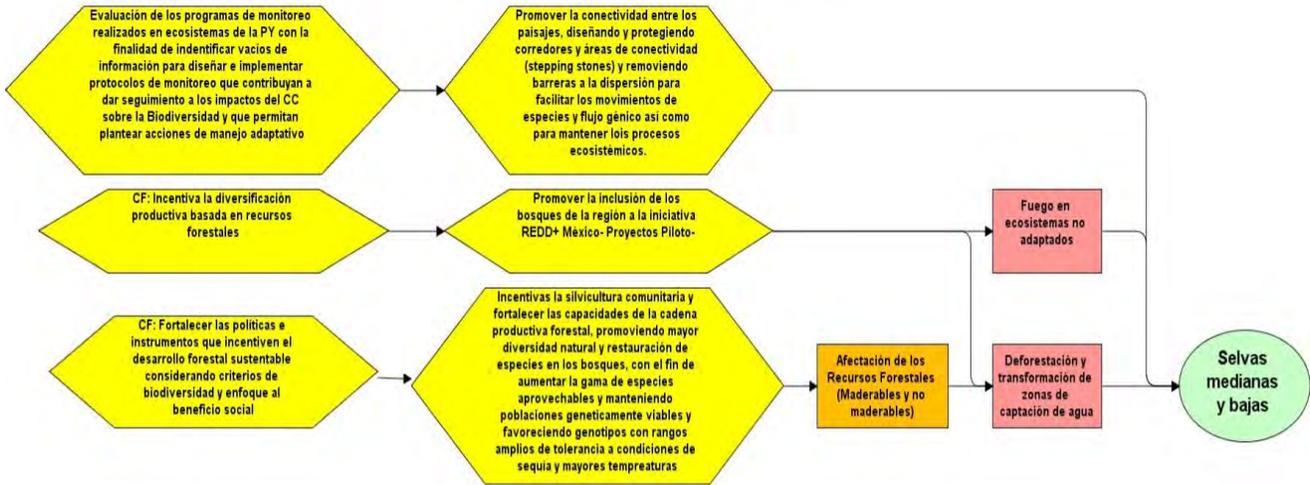
- Mantener o incrementar la resiliencia de los principales ecosistemas y objetos focales de conservación.
- Enfrentar amenazas que pudieran exacerbarse por los impactos del cambio climático.
- Mantener el aprovechamiento sustentable de recursos naturales de gran relevancia en la región y de las actividades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

5.a) Gran Acuífero Cárstico de la Península de Yucatán.



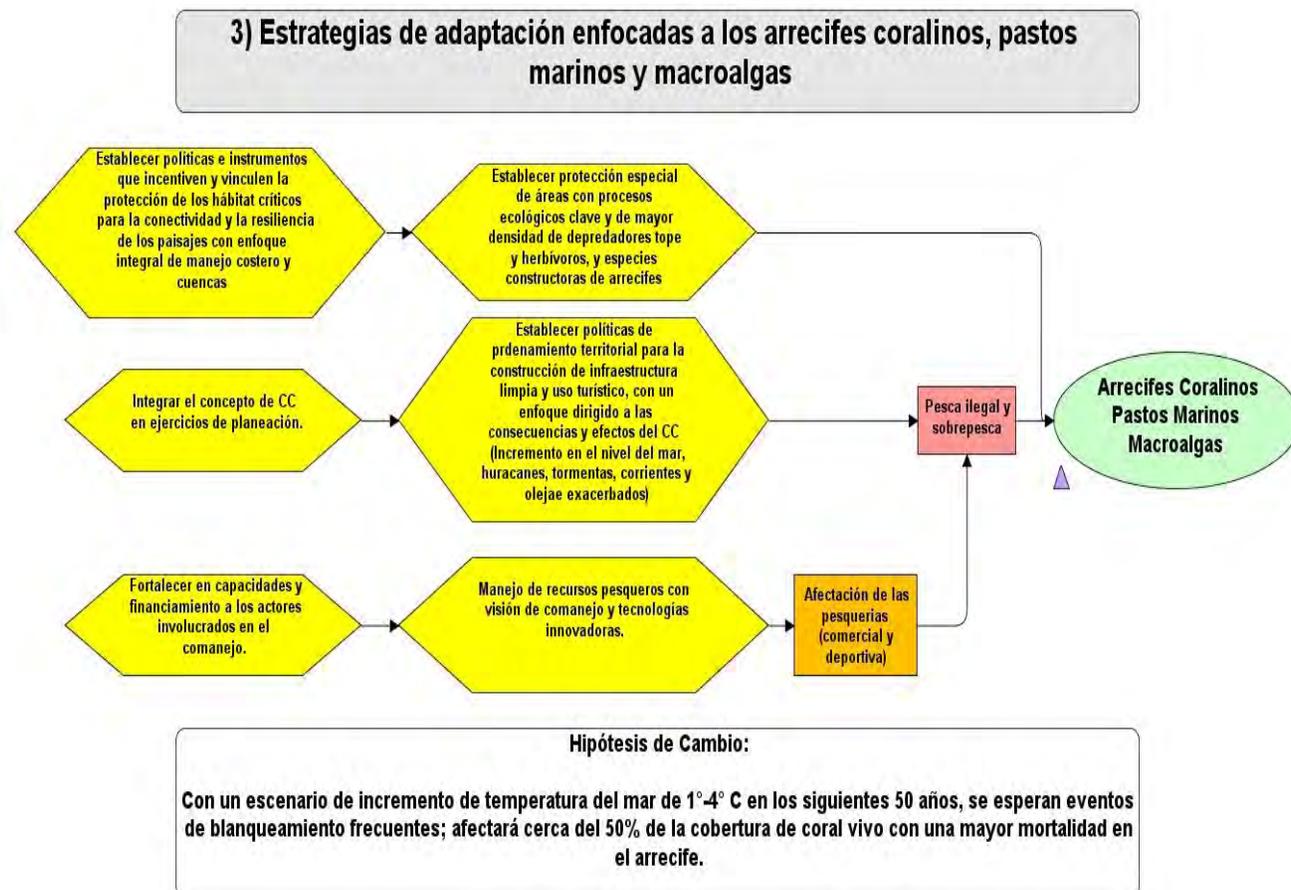
5.b) Selvas Medianas y Bajas.

2) Estrategias de Adaptación enfocadas a las Selvas mediana y baja



Hipotesis de Cambio:
 Debido al aumento de la temperatura, a las alteraciones en la distribución de la lluvia y a la tendencia general a su disminución, las poblaciones de flora y fauna se pueden ver afectadas directa e indirectamente en su fenología y las interacciones bióticas. Los cambios poblacionales impactarán la estructura y funcionamiento de las comunidades bióticas, la integridad ecológica y los ciclos de materia y energía de los ecosistemas; esto favorecería la expansión de especies invasoras.
 El aumento en la concentración de CO2 causará cambios en la capacidad fotosintética de las plantas, favoreciendo la productividad en algunas especies y limitando la de otras. El aumento en la frecuencia de los eventos hidrometeorológicos extremos favorece el aumento en la producción de material combustible y, por ende, la mayor incidencia de incendios que reducen la conectividad de los ecosistemas.

5.c) Arrecifes de Coral, Pastos Marinos y Macroalgas.



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)³¹ 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.

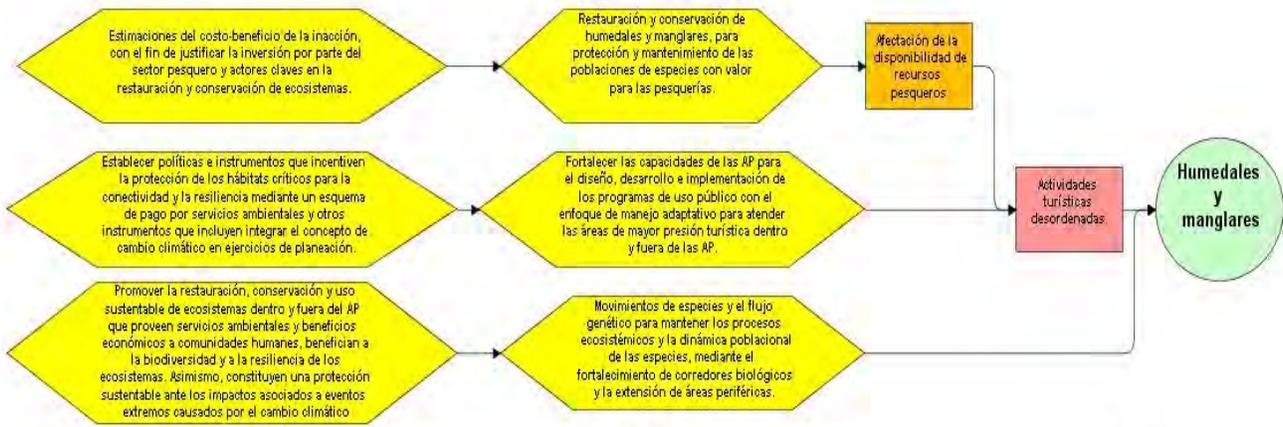
Una de las acciones que sin duda contribuyen a incrementar la resiliencia de las comunidades de peces, invertebrados y de arrecifes de coral y pastos marinos son los refugios pesqueros o bancos pesqueros. Estos son áreas designadas con fundamentos técnicos en donde no se desarrollan actividades de pesca para permitir la reproducción y

³¹ <http://www.reefresilience.org/>

crecimiento de organismos que posteriormente colonizan o migran a las áreas designadas para la pesca. Esta 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.

5.d) Manglares y Humedales Costeros

5) Estrategias de Adaptación enfocadas a Humedales y manglares



HIPÓTESIS:

El aumento en el nivel del mar provocará la disminución de la extensión (y eventual pérdida) de los ecosistemas de playas y dunas pérdida de sitios de anidación para reptiles y aves; así como cambios en la composición y estructura de las poblaciones de flora y fauna. El aumento en la intensidad y frecuencia de los eventos meteorológicos extremos alterará la dinámica de playas y dunas, incluyendo la destrucción de la estructura física que se verá reflejado en cambios en la dinámica poblacional de especies y en el aumento de la erosión genética. Aumento en la vulnerabilidad y pérdida de variabilidad genética.

Cuadro 9.- Estrategias generales para promover la resiliencia de los manglares (Tomado de McLeod y Salm, 2006).

1)	Aplicar estrategias que dispersen los riesgos ante las incertidumbres del cambio climático.
2)	Identificar y proteger áreas críticas que están posicionadas para sobrevivir al cambio climático.
3)	Manejar los factores de presión de origen humano sobre los manglares.
4)	Establecer cinturones verdes y zonas de amortiguamiento para permitir la migración de los manglares en respuesta al incremento del nivel del mar y para reducir impactos de las áreas adyacentes.
5)	Restaurar áreas degradadas que han demostrado resistencia o resiliencia al cambio climático.
6)	Entender y preservar la conectividad entre manglares y fuentes de agua dulce y de sedimentos, y entre los manglares y los hábitats asociados como los arrecifes de coral y los pastos marinos.
7)	Establecer líneas base sobre los manglares y monitorear su respuesta ante el cambio climático.
8)	Implementar estrategias adaptativas para compensar cambios en los rangos de las especies y en las condiciones ambientales
9)	Desarrollar modos de vida alternativos para las comunidades dependientes de los manglares como un medio para reducir la destrucción de este ecosistema.
10)	Construir alianzas con diversos actores para generar el financiamiento y apoyo suficientes para responder a los impactos del cambio climático.

5.e) Dunas y Playas Arenosas



5.f) Estrategias regionales

Una de las estrategias generales 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 (Ej. Selvas-Manglares-Arrecifes de coral-Pastos Marinos) tanto dentro como hacia afuera de las áreas protegidas (**Fig. 30**). Por esta razón, las acciones que se implementan bajo 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 (**Anexo 6**). Aunque de todos los corredores biológicos de esta iniciativa este es el menos deforestado ³², la conversión de selvas a pastizales y a agricultura se vá dando paulatinamente (**Fig. 31**).

³² Reyes-Díaz *et al.*, 2008

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 coral³³; 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 (Fig. 32). La conectividad de los procesos ecológicos regionales es fundamental para la resiliencia de los ecosistemas³⁴.

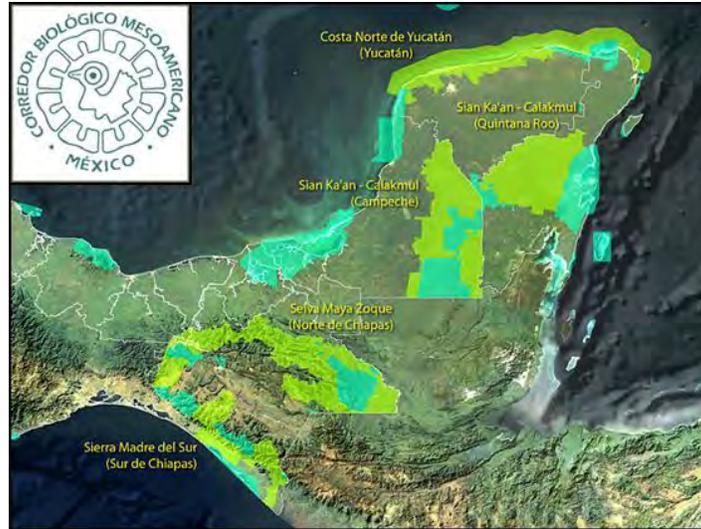


Figura 30.- Principales áreas de conectividad entre áreas naturales protegidas definidas por la iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano – Sección México.

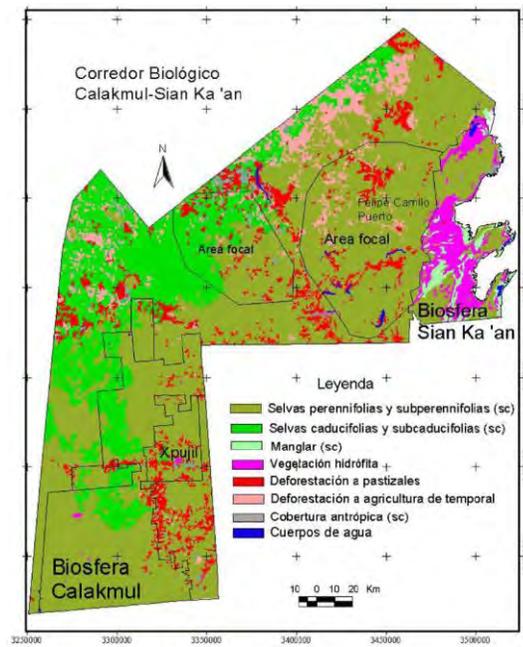


Figura 31.- Procesos de transformación de las selvas en la zona del corredor biológico de Calakmul-Sian Ka'an (Tomado de Reyes-Díaz *et al.*, 2008).

³³ Mumby, 2006.

³⁴ Miller y Ayre, 2008; Bennett y Mulongoy, 2006. Ortiz-Lozano *et al.*, 2009.

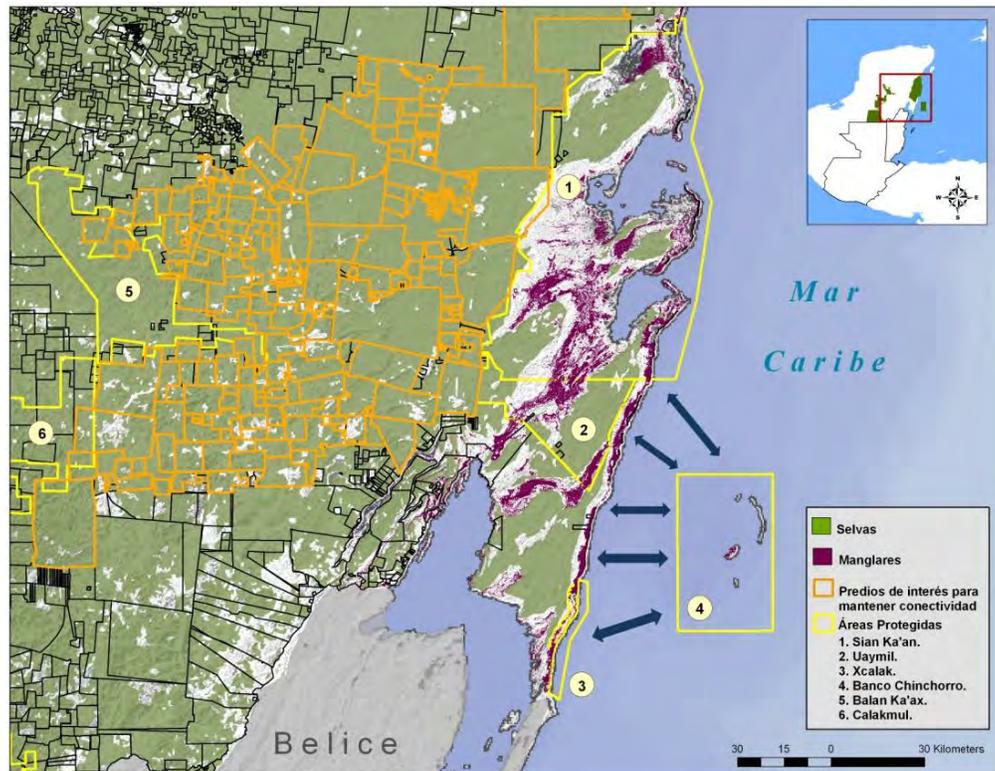


Figura 32.- El mantenimiento de la conectividad ecológica entre selvas, manglares y humedales costeros, y arrecifes de coral resulta una estrategia fundamental para mantener la resiliencia de especies y ecosistemas a nivel regional.

El mantenimiento de la conectividad entre las áreas protegidas establecidas debe tomar en cuenta 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 a los siguientes ³⁵:

- 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.

5.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 3 grupos según su prioridad - Muy Alta, Alta y Media – indicándose si son estrategias de manejo o que propician condiciones favorables para implementar medidas de adaptación:

³⁵ Sadovy, 2006 y Palumbi, 2001, citados por McLeod *et al.*, 2009.

Prioridad	Descripción de la Estrategia	Tipo de Estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
MUY ALTA	<u>Capacidades para el Manejo del Turismo</u> 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 CC: Actividades turísticas desordenadas.
MUY ALTA	<u>Incentivos para Proteger Hábitats Críticos y Pagos por Servicios Ambientales</u> 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 CC: Actividades turísticas desordenadas.
MUY ALTA	<u>Fortalecimiento Actores Pesqueros</u> 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	<u>Investigación de la Dinámica de Acuífero</u> Investigar el comportamiento del acuífero para determinar su capacidad de extracción		X	Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por CC: Extracción excesiva de aguas subterráneas.
MUY ALTA	<u>Co-manejo Pesquero</u> 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)
MUY ALTA	<u>Incentivos para Proteger Hábitats Críticos</u> 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 CC: Actividades turísticas desordenadas.
MUY ALTA	<u>Restauración de Infraestructura Viva</u> 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	<u>Restauración de Hábitats para Recursos Pesqueros</u> 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	<u>Coaliciones de Cuenca</u> 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 cárstico de la Península de Yucatán (Incluye cenotes y lagunas)

Prioridad	Descripción de la Estrategia	Tipo de Estrategia		Objetivo de impacto de la estrategia
		Manejo	Condiciones favorables	
ALTA	<u>Restauración para uso sustentable y servicios ambientales</u> 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 a la biodiversidad y a la resiliencia de los ecosistemas. Asimismo, 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	<u>Manejo de Aguas Residuales</u> 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
ALTA	<u>Ordenamiento Turístico</u> 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 CC: Pesca ilegal y sobrepesca
ALTA	<u>Estimación económica de la Inacción</u> 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	<u>Protección de Áreas Especiales</u> 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	<u>Áreas de Recarga</u> 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	<u>Corredores Biológicos diversificados</u> Promover la conectividad entre los paisajes, diseñando y protegiendo corredores y áreas de conectividad (<i>stepping stones</i>) y removiendo 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	<u>Corredores Biológicos y Expansión de AP</u> 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	<u>Refuerzo del marco legal para el manejo del agua</u> 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	<u>Incentivos para el Desarrollo Forestal Sustentable</u> Fortalecer las políticas e instrumentos que incentiven el desarrollo forestal sustentable considerando 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	<u>Promover la diversificación productiva</u> Incentivar la diversificación productiva basada en recursos forestales		X	Estrategia orientada a la reducción de amenaza exacerbada por CC: Fuego en ecosistemas no adaptados; Afectación de infraestructura por eventos meteorológicos extremos.
MEDIA	<u>Establecer un sistema de cuotas para el uso del Agua</u> 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 CC: Extracción excesiva de aguas subterráneas
MEDIA	<u>Impulso a la silvicultura comunitaria</u> Incentivar la silvicultura comunitaria y fortalecer las capacidades de la cadena productiva forestal, promoviendo mayor diversidad natural y restauración de especies en los bosques, con el fin de aumentar la gama de especies aprovechables y manteniendo poblaciones genéticamente viables y favoreciendo 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	<u>Monitoreo de Impactos y Manejo Adaptativo</u> 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 cambio climático sobre la biodiversidad y que permitan plantear acciones de manejo adaptativo		X	Estrategia orientada a mantener o incrementar la resiliencia de: Selvas bajas y medianas
MEDIA	<u>Fomentar proyectos REDD+</u> 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 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 el involucramiento 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	Manglares y humedales	Dunas y Playas arenosas		
<u>Capacidades para el Manejo del Turismo</u> 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,	
<u>Incentivos para Proteger Hábitats Críticos y Pagos por Servicios Ambientales</u> 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,	
<u>Fortalecimiento Actores Pesqueros</u> Fortalecer en capacidades y financiamiento a los actores involucrados en el co-manejo.			X	X	X	Instituto Nacional de la Pesca, Prestadores de servicios, cooperativas de pesca, CONANP,	
<u>Investigación de la Dinámica de Acuífero</u> Investigar el comportamiento del acuífero para determinar su capacidad de extracción	X					CONAGUA, CICY, ECOSUR, UNAM, IMTA	
<u>Co-manejo Pesquero</u> 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,	
<u>Incentivos para Proteger Hábitats Críticos</u> 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.	
<u>Restauración de Infraestructura Viva</u> 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.	

Estrategia de Prioridad Muy Alta	Objetos de conservación						Actores Principales
	Acuífero cárstico	Selvas Medianas y Bajas	Arrecifes de Coral, Pastos Marinos y	Manglares y humedales	Dunas y Playas arenosas		
<p><u>Restauración de Hábitats para Recursos Pesqueros</u> Restauración y conservación de humedales y manglares, para protección y mantenimiento de las poblaciones de especies con valor para las pesquerías.</p>			X	X			Instituto Nacional de la Pesca, Prestadores de servicios, cooperativas de pesca, CONANP,

6. 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 son registrados de manera sistemática en las ANP o en la región y que pueden resultar muy prácticos en términos de costo (**Cuadro 10**). La CONANP, a través de su Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (SIMEC)³⁶, desarrolla en distintas zonas de la Península de Yucatán actividades de monitoreo que pueden revelar información importante sobre impactos que podrían estar asociados al CCG (**Cuadro 11**).

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 10.- Esfuerzos de monitoreo de especies y ecosistemas que se han desarrollado en la región.

Especie, grupo o proceso que ha sido monitoreado en la región	Fuente
Arrecifes de coral	Gutiérrez y García, 1995; Gutiérrez <i>et al.</i> , 1996; Nuñez <i>et al.</i> , 1999; Ruiz <i>et al.</i> , 1999; Walker <i>et al.</i> , 2004; Wilkinson y Souter, 2008; Amigos de Sian Ka'an - GVI México, 2009; Arias <i>et al.</i> , 2009; ; Garcia 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

³⁶ http://www.conanp.gob.mx/acciones/monitoreo_simec.php

Cuadro 11.- Actividades de monitoreo biológico que desarrolla la CONANP en la región de 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 que lleguen a implementarse, deberá tomar como base importantes trabajos que se han efectuado 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 de importancia para diseñar sistemas de monitoreo ecológico en arrecifes de coral es el trabajo desarrollado al respecto para 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 el año de 2006, conteniendo los resultados del monitoreo de arrecifes de coral, pastos marinos, manglares y contaminación marina. Este fue un gran esfuerzo en donde se unificaron las metodologías de muestreo para los cuatro países (México, Belice, Guatemala y Honduras). Hasta la fecha se continúa con este monitoreo en las diversas áreas de la región del SAM. En el año de 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).

Resulta de la mayor importancia que los esfuerzos de monitoreo y estudio de los impactos asociados al cambio climático que se hagan en este complejo de áreas protegidas se enmarque en el contexto más amplio de todo el Caribe y de esta forma contribuir a entender la dinámica de estos impactos a una mayor escala en toda la región del Caribe ³⁷.

A continuación se presentan indicadores y grupos biológicos que pueden ser de interés para ir evaluando 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.

6.a) Gran acuífero acuífero cárstico y selvas medianas y bajas.

Indicador	Variable	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

³⁷ Rivera Monroy *et al.*, 2004.

Indicador	Variable	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
Fuego	Magnitud, frecuencia y distribución de incendios; Causas y comportamiento. Acumulación de combustibles.	Sistemas de monitoreo de CONANP, CONABIO, ECOSUR-Universidad de Clark.
Arboles perennifolios	Estructura poblacional y fenología	Red de parcelas permanentes (en formación); Parcelas del Inventario Forestal
Vegetación	Cobertura de cada tipo de vegetación	Series 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

6.b) Arrecifes, pastos marinos y macroalgas.

Indicador	Variable	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
Arrecifes: Hervíboros, 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)

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

Indicador	Variable	Iniciativas o sistemas existentes que podrían ser punto de partida
Larvas y post-larvas de peces, langosta y caracol.	Densidad (N°/m^3), Número/colector.	Monitoreo de larvas y postlarvas.
Elementos abióticos	Calidad del agua. Tasa de sedimentación. Color del océano. Corrientes.	Healthy Reef - 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 Healthy Reef-Guía de indicadores. CINVESTAV (Xcalak)

En adición a lo anterior, se identificaron una serie de especies o grupos de especies que podrían ser indicadores candidatos para ir evaluando los impactos del CC 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

6.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
--	------------------------------	---

6.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 (CaCO₃) en sitios seleccionados de los arrecifes y mar abierto incluyendo zonas de surgencia y SPAGs.

Es importante indicar aquí 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 México³⁸. El sistema propuesto enlista una amplia diversidad de indicadores útiles para medir los impactos no solo sobre las actividades humanas, la economía y la infraestructura sino también sobre los aspectos ecológicos en distintos ecosistemas (**Anexo 7**), 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 pesqueros³⁹.

Conclusiones

Las perturbaciones e impactos asociados al CCG sobre ecosistemas y especies, hace necesario que la planeación de nuevas áreas protegidas y el manejo de las áreas existentes y futuras, requieran de nueva información que deberá ser generada por universidades y centros de investigación a través de estudios especializados⁴⁰. Por ello es fundamental que

³⁸ Azuz *et al.*, 2010a, 2010b.

³⁹ Unidad Coordinadora del Proyecto para la Conservación y Uso Sostenible del SAM, 2003^a, 2003^b.

⁴⁰ Halpin, 1997; Hannah *et al.*, 2007; Pyke y Fischer, 2005; Shadie y Epps, 2008; Vandall *et al.*, 2006.

se elaboren agendas regionales de investigación en materia de cambio climático en todo el país y se inviertan recursos para realizar aquellos estudios que resulten más estratégicos para la adaptación.

No obstante, las evidencias de los impactos que el cambio climático está teniendo sobre la biodiversidad y ecosistemas en distintas partes del planeta son 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 sus 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 se pueden considerar no solo para contribuir a conservar la biodiversidad y ecosistemas dentro de las áreas protegidas que actualmente existen, sino sobre todo para buscar mantener su conectividad hacia el resto de los paisajes en que 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 que son 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 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 en recursos humanos para poder implementar con eficiencia las medidas de adaptación y a la par, seguir enfrentando las amenazas no asociadas al cambio climático sobre todo al interior de las áreas protegidas.

Una manera eficiente para enfrentar los impactos asociados al cambio climático en la zona del 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, contemplando a varios otros sectores y no solo al ambiental, se han propuesto las siguientes amenazas asociadas al cambio climático ⁴¹:

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 e 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 edificaciones 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.

⁴¹ CRC–URI–IRG, 2009

Sector	Amenazas asociadas al cambio climático
	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de la infraestructura natural que defiende la costa de la erosión.
Salud humana	<ul style="list-style-type: none"> • Stress por períodos extremadamente calurosos. • Pérdidas de vidas y enfermedades causados por los eventos meteorológicos extremos. • Malnutrición 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 entonces cuando pueden diseñarse y promoverse distintas medidas de adaptación que pueden beneficiar a más de un sector y por ello promover la concurrencia de capacidades y financiamientos. Aquí es donde se generan medidas de adaptación con base en ecosistemas, las cuales benefician a la sustentabilidad y la adaptación de manera paralela.

Por ejemplo, considerando 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
<i>Ecosistemas costeros funcionales y saludables como meta prioritaria</i>	
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.
<i>Construyendo un ambiente menos expuesto como meta prioritaria</i>	
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 conformr 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 serprescriptivos u orientados a objetivos específicos.
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.
<i>Diversificación de modos de vida como meta prioritaria</i>	
Implementación de buenas prácticas en el sector pesquero	Adaptando el manjo 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	Medidas de auto-fortalecimiento para una mayor costo-efectividad en el sector de la acuacultura

Medidas de Adaptación	Descripción
manejo 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 coajuntar una serie de medidas diversas de adaptación.
Mapeo de zonas de riesgo por inundaciones	Mapeo a desarrollarse en las áreas más críticas para la población local y la infraestructura, así como para evitar el desarrollo 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 clara es que, ante la gran incertidumbre existente tanto con respecto a 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 la de 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, Balam Kaax y Calakmul y si duda estas 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 on una primera "Reserva Estatal Geohidrológica del Norte de Quintana Roo" con una extensión de 77,000 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 costero marinos. Aunque existen lineamientos y estrategias para un manejo del agua más sustentable y responsable ⁴², estas son demasiado generales y se sigue sin contar con un marco normativo eficiente.

⁴² Morales López, 2007.

Finalmente cabe señalar que los resultados aquí presentados no son sino un punto de partida que pueda contribuir a que se realicen estudios más asertivos en temas que resultan fundamentales para entender como puede impactar el cambio climático a los ecosistemas del Caribe Mexicano y con ello a los servicios ambientales. Se espera que esta información generada detone una agenda de investigación y desarrollo de alternativas para adaptarse al cambio climático aplicando principios precautorios y fomentando la concurrencia de sociedades y gobiernos ante tiempos difíciles para el desarrollo sustentable y la conservación de la biodiversidad.

Referencias

- Aguilar-Perera, A., 2006. Dissapearance 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 Borde-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.
- 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, CetyS-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, CetyS-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.
- Batllore, 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, CetyS-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 Blanquizar-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., Araújo, 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., Bubba, 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.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

- 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 Juarez 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, Jesus 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 Drosch, 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/WWF, 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 sectoral 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 Biósfera 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-Calderon, 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.
- Grael 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., Andelman, 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 Cety-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.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

- 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., Moltschanowskyj, 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 D.F. 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 (Rotifera, 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 de 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 Blanquizal 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. Gorczynska, 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 oritected 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-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. 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-Zárate, 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 Hermsillo 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-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. 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.

Taylor M. & Figgis P. (eds) (2007) *Protected Areas: Buffering nature against climate change*. Proceedings of a WWF and IUCN World Commission on Protected Areas symposium, 18-19 June 2007, Canberra. WWF Australia, Sydney. 127 pp.

Tellez, O., and P. A. Vila, 2003. Protected Areas and Climate Change: a Case Study of the Cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology*, 17(3): 846–853.

The H. John Heinz III Center For Science, Economics and the Environment, 2009. *Strategies for Managing the Effects of Climate Change on Wildlife and Ecosystems*. Washington, D.C. 48 pp.

The Nature Conservancy, 2010. *Climate Change and Conservation: A Primer for Assessing Impacts and Advancing Ecosystem-Based Adaptation in TNC*. Adaptation Working Group. March 2010. Washington, D.C. 55 pp.

The Nature Conservancy, University of Washington, University of Southern Mississippi, 2009. *The Climate Wizard*. <http://www.climatewizard.org/>

The Nature Conservancy, 2008. *Reef Resilience Tool Kit*. V. 3.0. r2 Reef Resilience: Building resilientce into coral reef conservation. Virginia, US. 1 DVD.

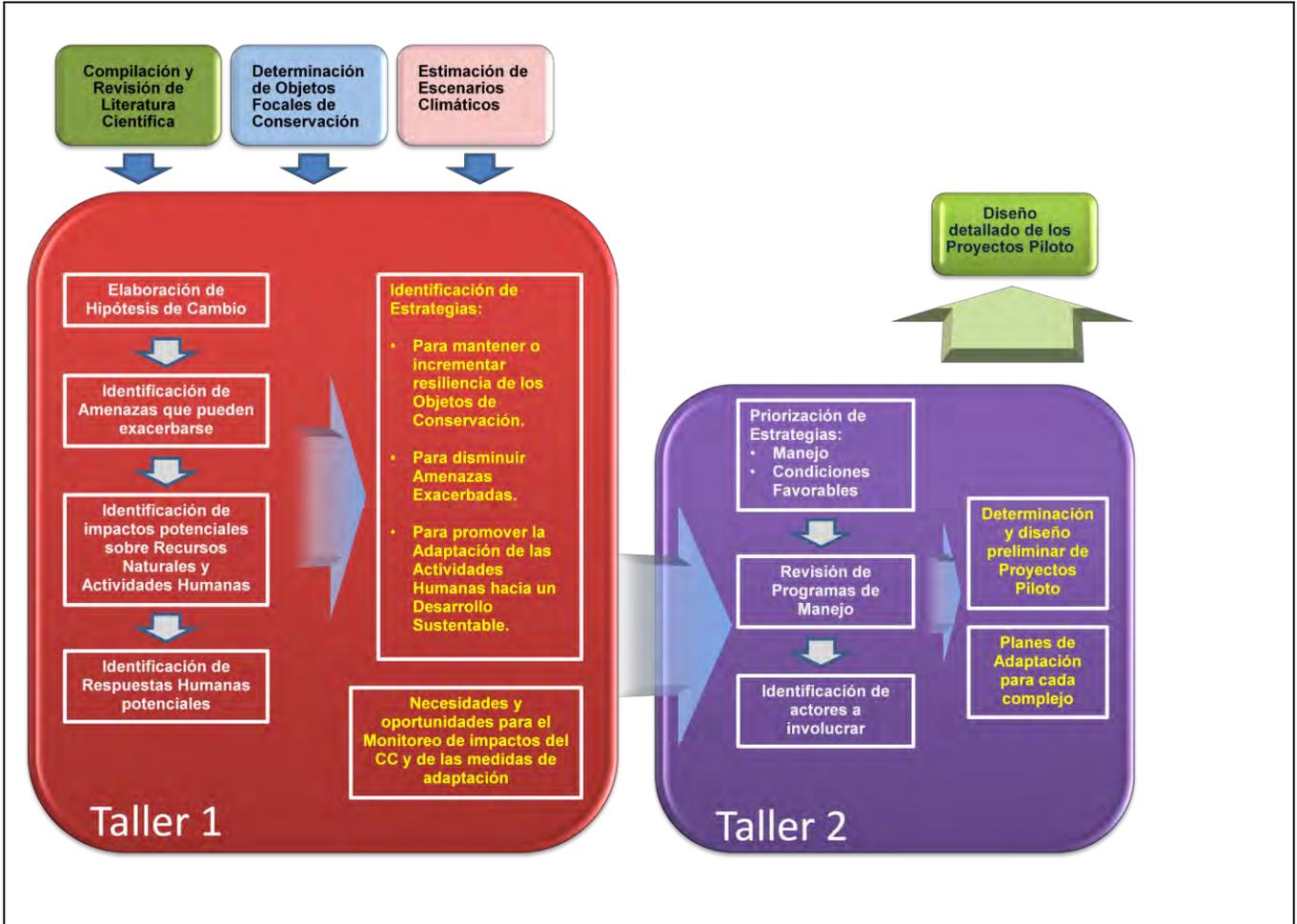
- The World Bank, 2010. Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-Based Approaches to Climate Change. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington DC. 114 pp.
- Thomas, C., Cameron, A., Green, R., Bakkenes, M., Beaumont, L., Collingham, Y., Erasmus, B., Ferreira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A., Midgley, G., Miles, L., Ortega, M.A., Peterson, A., Phillips, O. and Williams, S., 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*. 427:145-148.
- Thuiller, W., Albert, C.H., Araújo, M.B., Berry, P.M., Cabeza, M., Guisan, G., Hickler, T., Midgley, G.F., Paterson, J., Schurr, F.M., Sykes, M.T., Zimmermann, N.E. (2008) Predicting global change impacts on plant species distributions: future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 9, 137-152
- Titus, J., K. E. Anderson, D. R. Cahoon, D. B. Gesch, S.K. Gill, B.T. Gutierrez, E. R. Thieler, and S. J. Williams, 2009. Coastal Sensitivity to Sea-Level Rise: A Focus on the Mid-Atlantic Region. Synthesis and Assessment Product 4.1 Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. 298 pp.
- Tong, S., P. Mather, G. Fitzgerald, D. McRae, K. Verrall and D. Walker, 2010. Assessing the Vulnerability of Eco-Environmental Health to Climate Change. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2010, 7: 546-564.
- Tunnell, Jr. J.W., A. Rodríguez, R. L. Lehman y C. R. Beaver. 1993. An ecological characterization of the southern Quintana Roo Coral Reef System. Center for Coastal Studies Texas A&M University. Corpus Christi, EUA. 161 pp.
- UN Water, 2010. Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water. 16 pp.
- Unidad Coordinadora del Proyecto para la Conservación y Uso Sostenible del SAM, 2003a. Recomendaciones de metodologías para el monitoreo de efectividad del manejo de las áreas marinas protegidas. Documento Técnico del SAM No. 5. Abril 2003. Belice. 54 pp.
- Unidad Coordinadora del Proyecto para la Conservación y Uso Sostenible del SAM, 2003b. Diseño de la red regional de comunicación de datos del proyecto SAM. Documento Técnico del SAM No. 8. Abril 2003. Belice. 23 + 10 pp.
- United Nations Environment Programme. 1994. Assessment and monitoring of climatic change impacts on mangrove ecosystems. UNEP Regional Seas Reports and Studies. Report no.154.
- 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.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

- 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.

Anexos

Anexo 1.- Diagrama que sintetiza el proyecto



Anexo 2.- Descripción ejecutiva de la metodología aplicada en el proyecto.

FASE I – Fase preparativa para el diseño del proyecto y recabación de información.

I.1) Identificación de áreas protegidas que conforman cada complejo.

Las áreas protegidas de enfoque propuestas por CONANP para este proyecto fueron agrupadas considerando su correspondencia a eco-regiones⁴³ así como la conectividad de algunos de sus procesos ecológicos más evidentes (**Fig. 1**). De esta manera se conformaron 4 complejos de áreas protegidas insertas en sus paisajes circundantes:

Nombre del Complejo	Áreas protegidas agrupadas	Ecorregiones CONABIO	Principales hábitats incluidos
Caribe Mexicano	RB Sian Kan RB Banco Chinchorro PN Xcalak	15.2.2.1 Humedales del Caribe Mexicano. 15.2.2.2 Planicie con selva mediana y alta subperennifolia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selvas medianas y bajas ▪ Dunas costeras ▪ Playas arenosas ▪ Manglares ▪ Arrecifes de coral ▪ Sabanas
Selva Maya	RB Calakmul, APFF Balam Kaax, RE Balam Ku, REBalam Kin	15.2.1.1 Planicie central yucateca con selva mediana subcaducifolia. 15.2.3.1 Lomeríos del sur de Yucatán con selva alta y mediana subperennifolia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selvas bajas, medianas y altas ▪ Selvas inundables ▪ Aguadas
Selva Zoque	RB El Ocote Área de Conservación La Pera	15.1.2.4 Selva alta perennifolia de la vertiente del Golfo de la Sierra Madre del Sur. 14.4.2.1 Depresión de Chiapas con selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selvas bajas, medianas y altas. ▪ Ecosistemas cavernícolas ▪ Ecosistemas riparios.
Sierra-Costa de Chiapas	RB El Triunfo RB La Encrucijada RF La Frailescana RB La Sepultura	16.6.1.1 Sierra Madre centroamericana con bosques de coníferas, encinos y mixtos. 13.6.1.2 Sierra Madre centroamericana con bosque mesófilo de montaña. 15.6.1.2 Planicie costera y lomeríos con selva alta perennifolia. 15.6.1.1 Humedales del Soconusco.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bosque Mesófilo de montaña. ▪ Bosques de coníferas. ▪ Selvas medianas y bajas. ▪ Ecosistemas riparios ▪ Manglares ▪ Humedales costeros.

- RB= Reserva de la Biosfera; PN= Parque Nacional; APFF= Área de Protección de Flora y Fauna; RE=Reserva Estatal; RF= Reserva Forestal.

⁴³ INEGI, CONABIO INE. 2007. Ecorregiones terrestres de México. Escala 1 : 1 000 000. México.

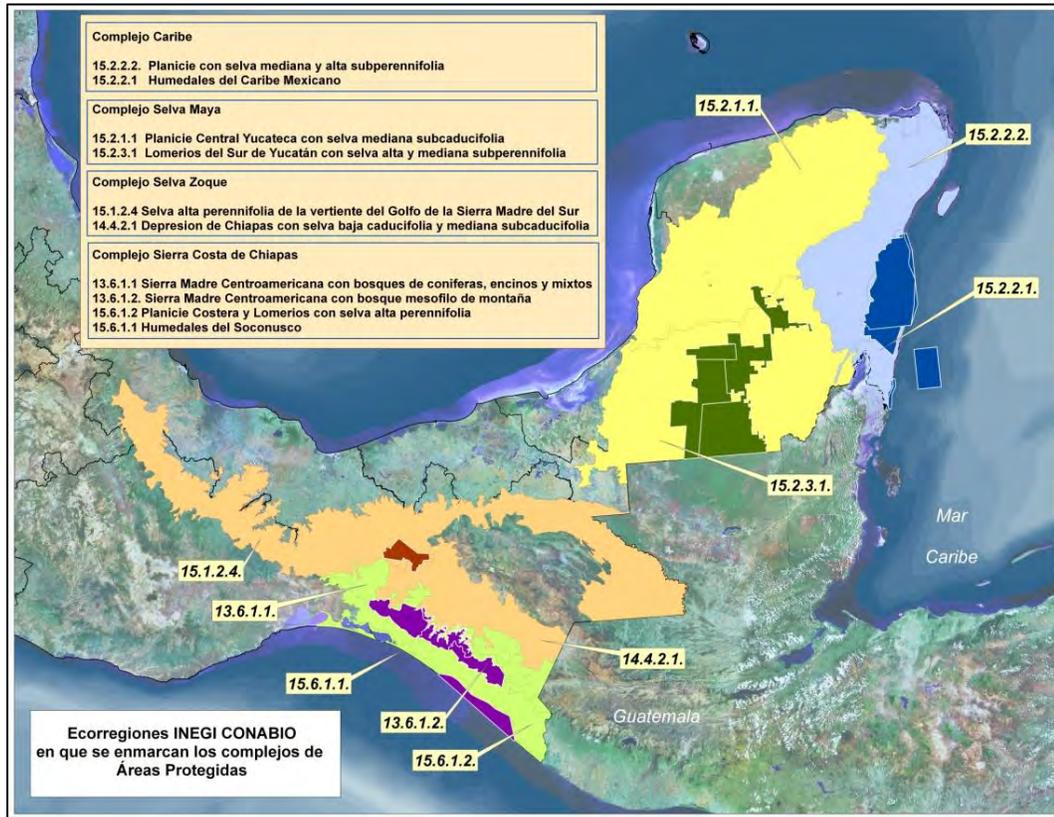


Fig. 1.- Mapa que muestra la correspondencia de las áreas protegidas agrupadas en complejos con respecto a las ecorregiones terrestres (INEGI, CONABIO INE, 2007).

1.2) Diseño del proyecto con base a una cadena de resultados.

Con el propósito de diseñar este proyecto, se utilizó la herramienta Miradi que permite construir una cadena de resultados y con ello determinar los pasos lógicos necesarios para poder lograr resultados esperados. Para este proyecto, los resultados esperados identificados fueron los siguientes:

- a) **Una metodología para elaborar planes de adaptación para conjuntos de áreas protegidas:** La metodología generada no constituye una “receta” para aplicar en otros complejos de áreas protegidas en las diversas regiones del país, sino que se considera como una guía con procedimientos probados que pueden ser ajustados a condiciones particulares para diseñar e implementar actividades de adaptación que contribuyan a la conservación y manejo de la biodiversidad, así como al mantenimiento de servicios ambientales que benefician a las comunidades humanas.
- b) **Programas de Adaptación al cambio climático en 4 complejos de áreas protegidas:** Los programas de adaptación son fundamentales para que los contenidos de los programas de manejo y los POA enfoquen las medidas de adaptación más efectivas para mantener la resiliencia de los ecosistemas de las ANP y las especies que los conforman. Se contemplan como componentes principales de estos programas de adaptación a 1) Estrategias de adaptación al cambio climático tanto de manejo como aquellas que propician condiciones favorables para la adaptación, 2) Propuestas para el monitoreo tanto de los impactos del cambio climático como de la efectividad de las medidas de adaptación, y 3) Prioridades de investigación para generar la información necesaria para disminuir la certidumbre sobre los impactos y las respuestas al cambio climático, y poder diseñar medidas eficientes y mejor fundamentadas (Ej. Análisis de vulnerabilidad).

- c) **Proyectos piloto de adaptación:** A partir de una estrategia de alta prioridad seleccionada por tener mayor impacto, menor incertidumbre y una mayor factibilidad de ser implementada, se elaborará la propuesta de un proyecto piloto (uno por complejo) que pueda ser parte del portafolio de acciones de adaptación en áreas protegidas en el corto plazo. Se pretende que estos proyectos piloto puedan ser sometidos a las oportunidades de financiamiento que se presenten. Se pretende mostrar un método para generar un proyecto de implementación en el corto plazo a partir de una estrategia.
- d) **Agenda regional de investigación y monitoreo:** Con el desarrollo de los talleres involucrados en este proyecto, se asume que se contribuirá a detonar una agenda regional que fomente la investigación y el monitoreo de los impactos del cambio climático sobre ecosistemas, especies, procesos ecológicos y comunidades humanas.

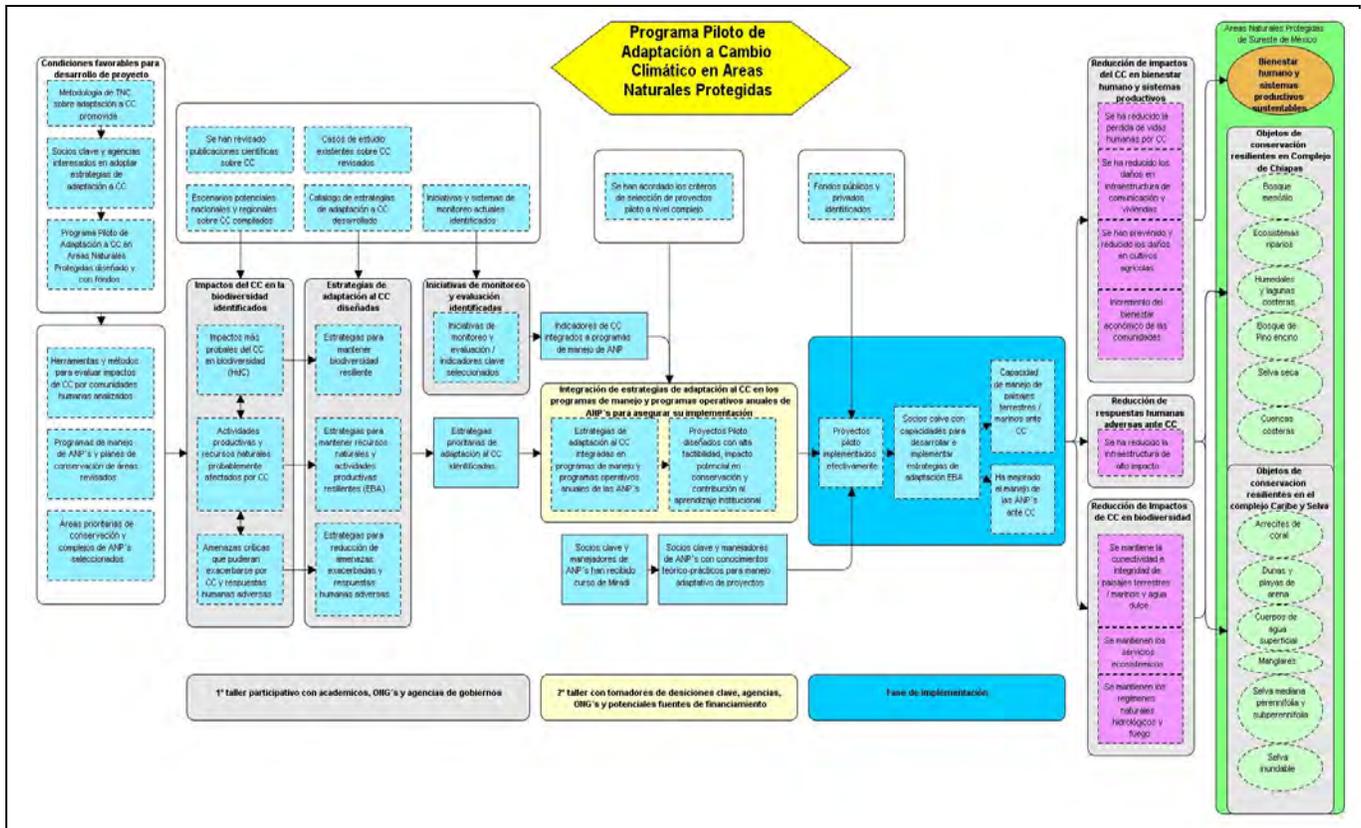


Fig. 2.- Cadena de resultados utilizada para diseñar el proyecto y determinar la vinculación entre la metodología y las metas a las que este proyecto espera contribuir.

1.3) Revisión y análisis de información científica disponible sobre escenarios climatológicos.

Para poder determinar en una primera aproximación los posibles impactos del Cambio climático sobre la región de estudio y sobre las áreas protegidas, se reconocieron las anomalías de temperatura y precipitación estimadas por diversos autores que utilizaron distintos modelos. Para la parte terrestre de la región de estudio se consideraron principalmente las estimaciones de cambio generadas por Magaña y Caetano (2007). También se consideraron las proyecciones efectuadas por Orellana *et al.* (2009) para la Península de Yucatán, por Anderson *et al.* (2008) para México, Centroamérica y República Dominicana, así como por una herramienta construida por TNC en colaboración con las Universidades de Washington y del sur de Mississippi (2009)⁴⁴.

⁴⁴ <http://www.climatewizard.org/>

Por ser el más severo de los escenarios, se consideraron las estimaciones de anomalías calculadas para el escenario A2 realizadas por Magaña y Caetano (2007) con base a 19 modelos generales de circulación para el horizonte 2000-2100.

Agencia o Institución	Modelo de Circulación General
Beijing Climate Center China	CM1
Bjerknes Centre for Climate Research Norway	BCM2.0
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis Canada	CCCma
Centre National de Recherches Meteorologiques France	CM3
Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Australia	Mk3.0
Max-Planck-Institut for Meteorology Germany	ECHAM5-OM
Meteorological Institute, University of Bonn, Germany ; Meteorological Research Institute of KMA, Korea ; Model and Data Groupe at MPI-M, Germany	ECHO-G
Institute of Atmospheric Physics China	FGOALS-g1.0
Geophysical FluidDynamics Laboratory USA	GFDL
Goddard Institute for Space Studies USA	AOM , E-H, E-R
Institute for Numerical Mathematics Russia	CM3.0
Institut Pierre Simon Laplace France	CM4
National Institute for Environmental Studies Japan	MIROC3.2 hires , MIROC3.2 medres
Meteorological Research Institute Japan	CGCM2.3.2
National Centre for Atmospheric Research USA	PCM , CCSM3
UK Met. Office UK	HadCM3 , HadGEM1
National Institute of Geophysics and Volcanology Italy	SXG 2005

Con un Sistema de Información Geográfica (ArcMap ESRI), se efectuaron sobreposiciones gráficas de los cuadrantes con diversos rangos de anomalías estimadas en temperatura (Anomalía con respecto a la temperatura media anual en °C ensamble de modelos) y en precipitación (anomalía porcentual con respecto a la media anual) sobre las poligonales de las áreas protegidas para los períodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099.

I.4) Compilación de artículos científicos e información clave sobre cambio climático.

Se compiló un total de más de 1,800 artículos y reportes sobre diversos temas, subtemas y geografías que se relacionan con el Cambio climático Global ⁴⁵. Muchas de estas referencias fueron utilizadas más adelante para respaldar las hipótesis de cambio acerca de los impactos potenciales asociados al Cambio climático sobre los ecosistemas y actividades humanas en los complejos de áreas protegidas.

Tema (Directorio)	Subtema (Subdirectorío)
1) Aspectos Generales del Cambio climático	1ª) Trabajos Generales
	1b) IPCC
	1c) Stern Review
	1d) Mecanismos de financiamiento
	1e) Copenhagen
2) Impactos generales del CC	2ª) Impactos Generales
	2b) Incremento del nivel del mar
	2c) Fuego
	2d) Especies Invasoras
	2e) Enfermedades plantas y plagas forestales
	2f) Deslizamientos
3) Conservación de la Biodiversidad	3ª) Trabajos generales
	3b) Áreas Protegidas
	3c) Corredores y conectividad

⁴⁵ La información compilada fue compartida con los participantes de los talleres en los 4 complejos.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

	3d) Cambios de distribución
	3e) Resiliencia
	3f) Servicios ecosistémicos
	3g) Arrecifes de Coral
	3h) Bosques
	3i) Manglares, estuarios y humedales
	3j) Pastizales
	3k) Plantas y vegetación
	3l) Biodiversidad de agua dulce
	3m) Biodiversidad costero marina
	3n) Anfibios y reptiles
	3o) Aves
	3p) Mamíferos
	3q) Mamíferos Marinos
	3r) Peces
	3s) Invertebrados
	3t) Mariposas
	3u) Especies endémicas
	3v) Especies Insulares
	3w) Especies migratorias
	3x) Fenología
	3y) Polinizadores
	3z) Misceláneos
4) Captura Carbono y REDD	4a) Captura de Carbono
	4b) Carbono y uso del suelo
	4c) Conteo y monitoreo
	4d) Emisiones
	4e) Fertilización oceánica
	4f) Mercados de Carbono
	4g) Métodos y herramientas
	4h) REDD
	4i) Materiales TNC
5) Adaptación	5a) Aspectos generales
	5b) Adaptación con base en Ecosistemas
	5c) Adaptación y biodiversidad
	5d) Desarrollo y aspectos económicos
	5e) Migración Asistida
	5f) Adaptación en costas
	5g) Restauración ecológica
	5h) IPCC
	5i) Estrategias y planes de acción
	5j) Herramientas
	5k) Materiales TNC adaptación
6) CC y aspectos humanos	6a) Aspectos poblacionales
	6b) Aspectos económicos
	6c) Salud
	6d) Agricultura
	6e) Ganadería
	6f) Pesquerías
	6g) Forestería
	6h) Turismo
	6i) Biocombustibles
7) Cambio climático y Agua	
8) Vulnerabilidad	
9) Modelación y monitoreo	
10) México	10a) Documentos oficiales
	10b) Aspectos generales
	10c) Carbono
	10d) Adaptación
	10e) Agua y CC
	10f) Aspectos meteorológicos
	10g) Energía

	10h) CC Siglo XXI
	10i) Biodiversidad
	10j) Economía
	10k) Hacia una estrategia
	10l) Mitigación
	10m) Planes de acción climática
	10n) REDD México
	10o) Salud
	10p) Tesis y estudios
11) Centroamérica	
12) Sudamérica	
13) Misceláneos	13a) Estándares
	13b) Investigación
	13c) Tecnología
	13d) Glosarios
14) Gráficas IPCC	
15) Gráficas GRID	

I.5) Compilación de información estratégica por complejo de Áreas Protegidas.

Con la colaboración de la CONANP, se compiló para las diversas áreas protegidas involucradas en este proyecto, información estratégica para el desarrollo de las actividades en las distintas fases. Esta información incluyó los Programas de manejo y conservación, los planes de conservación de áreas y los Programas Operativos Anuales (POA), así como información publicada y no publicada sobre los aspectos ecológicos, biológicos sociales y económicos correspondiente a cada región del complejo. También se recabó información sobre los esfuerzos de monitoreo en las áreas protegidas.

I.6) Desarrollo de criterios de selección de objetos de conservación a nivel complejo.

Para la selección de objetos focales de conservación potencialmente vulnerables al cambio climático a nivel complejo de áreas protegidas se desarrollaron los siguientes criterios:

Criterio	Descripción
A.- Vulnerabilidad:	Objetos identificados previamente para las ANP en ejercicios de planeación y que sus Atributos Ecológicos Clave (AEC) son vulnerables a factores directamente relacionados con el CC, y que además se cuenta con certidumbre alta o muy alta de que serán afectados en las siguientes décadas. Se dispone de evidencias para el área, conocimiento de expertos, o de evidencias en otros casos de estudio donde los objetos en cuestión se encuentran bajo condiciones similares al complejo.
B.- Representatividad y relevancia	Objetos focales de conservación que son representativos de los complejos a los que pertenecen ya que se presentan en varias de las áreas protegidas del complejo e incluso en las áreas periféricas no protegidas, teniendo una amplia distribución en las ecorregiones a las que corresponde el complejo en cuestión.
C.- Conectividad a nivel complejo	Objetos focales de conservación que tienen un papel relevante en contribuir a la conectividad ecológica de los ecosistemas a través de gradientes en las ecorregiones en cuestión, y que pueden incluir objetos de filtro grueso (Ej. ríos o vegetación riparia), o bien de filtro fino (Ej. especies dispersoras de semillas).
D.- Unicidad y elevada sensibilidad a factores climáticos	Objetos focales de conservación con distribución muy limitada en el contexto del complejo de ANP, las ecorregiones correspondientes o a escala regional o nacional, y que al mismo tiempo su viabilidad depende particularmente de factores climáticos.
E.- Contribución a servicios ecosistémicos	: Objetos focales de conservación, de filtro grueso (ecosistemas) o fino (especies o grupos funcionales de especies), que tienen una contribución muy relevante en el mantenimiento de los ecosistemas o en la generación de servicios ecosistémicos críticos de los que se benefician otros ecosistemas o las comunidades humanas de la región. Estos objetos de conservación puede incluir ecosistemas que aportan recursos importantes para múltiples especies de la región, especies clave (<i>keystone species</i>) de las que dependen muchas otras (Ej. dispersores de semillas, polinizadores, presas compartidas entre muchos depredadores, etc.), así como la flora y fauna que es más intensamente aprovechada para la subsistencia de las comunidades en la región.

I.7) Selección y descripción de objetos de conservación para cada complejo de Áreas Protegidas.

Considerando que no se tienen disponibles análisis de vulnerabilidad de especies particulares de flora o fauna en la región ante el Cambio climático, los criterios arriba indicados fueron utilizados para definir una lista de los principales objetos focales de conservación a partir de los ecosistemas, siendo objetos de filtro grueso que abarcan a los de filtro fino (Ej. Especies).

I.8) Compilación y sistematización de atributos ecológicos clave para cada objeto de conservación.

Para los diversos ecosistemas seleccionados, se revisaron los planes de conservación de áreas realizados por CONANP y TNC, a partir de los cuales se tomaron los atributos ecológicos clave que podrían ser considerados para estimar los impactos de factores asociados al Cambio climático sobre los mismos.

I.9) Compilación y sistematización de amenazas actuales a nivel complejo

A partir de los Programas de Manejo de las áreas protegidas y de los planes de conservación mencionados, se elaboró una lista preliminar de las principales amenazas a los ecosistemas y su biodiversidad en cada una de las regiones de estudio.

I.10) Elaboración de insumos y herramientas para el 1er. taller.

Previamente al desarrollo de los talleres contemplados para mantener el enfoque participativo en este proyecto, se prepararon los siguientes insumos:

- Agenda y carta descriptiva de las diversas actividades a desarrollar en el taller.
- Tabla de atributos ecológicos clave para cada objeto de conservación.
- Lista de amenazas actuales por complejo.
- Lista de criterios para evaluar amenazas.
- Lista de criterios propuestos para evaluar estrategias.
- Formatos de captura de información

Una de las herramientas centrales que se desarrolló para facilitar las actividades en el primer taller de expertos fue un catálogo de estrategias generales de adaptación para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos frente a los impactos del Cambio climático⁴⁶. Este catálogo sirvió para facilitar la identificación de estrategias. El listado fue inicialmente elaborado a partir de la revisión de los trabajos de Root y Schneider (2006), Glick *et al.* (2009), Heller y Zavaleta (2009), The Heinz Center (2009), Kareiva *et al.* (2009) y Dudley *et al.* (2010). El catálogo agrupa a las estrategias en 10 apartados, y las clasificó en dos grupos principales, aquellas que son de “manejo” propiamente dicho, y otras que propician condiciones favorables para que las acciones de adaptación tengan un mayor éxito o desempeño.

FASE II – Primer taller para la identificación de impactos, estrategias y necesidades de monitoreo para la adaptación al cambio climático

II.1) Revisión de información sobre cambio climático y proyectos estratégicos desarrollados en el complejo.

La información compilada en la fase previa fue revisada, principalmente la referente a estudios sobre los impactos asociados al Cambio climático sobre las regiones de los complejos o sobre ecosistemas presentes en los mismos aunque estos se hayan efectuado en otros países. También se revisaron diversos trabajos básicos sobre cambio climático y que ofrecen los fundamentos esenciales para formular hipótesis de cambio acerca de cómo el cambio climático puede afectar

⁴⁶ March *et al.*, 2010.

los objetos de conservación. Para poder conocer la información disponible sobre especies y ecosistemas en las áreas protegidas, se clasificó y revisó literatura publicada y no publicada para cada área protegida. Una síntesis de esta información fue presentada en este primer taller al que se convocó a personal de la CONANP, otras instituciones del gobierno federal y estatal, así como a especialistas en los ecosistemas y especies en la región del complejo, y finalmente también a miembros de organizaciones civiles asociados a los esfuerzos de conservación.

II.2) Validación de objetos de conservación por complejo de áreas protegidas.

Con los participantes del taller se realizó la validación de los objetos de conservación a ser considerados para cada complejo de áreas protegidas.

II.3) Descripción del proceso metodológico y productos esperados.

Se explicó con detalle a los participantes los procedimientos a efectuar durante este primer taller (ver siguiente sección) así como los resultados esperados de estos ejercicios colectivos. Los resultados esperados de este primer taller fueron principalmente las siguientes:

- Hipótesis de cambio acerca de cómo el cambio climático puede afectar los atributos ecológicos clave de los ecosistemas considerados como principales objetos focales de conservación.
- Las estrategias de manejo y que propician condiciones favorables para la adaptación al cambio climático que puedan contribuir a: 1) mantener o incrementar la resiliencia de los objetos de conservación, 2) evitar que amenazas existentes se exacerben con el cambio climático, y 3) contribuir a la adaptación de las actividades productivas y el mantenimiento de los recursos ambientales y servicios ambientales de los que dependen.

El procedimiento metodológico para el primer taller queda resumido en la Figura 3.

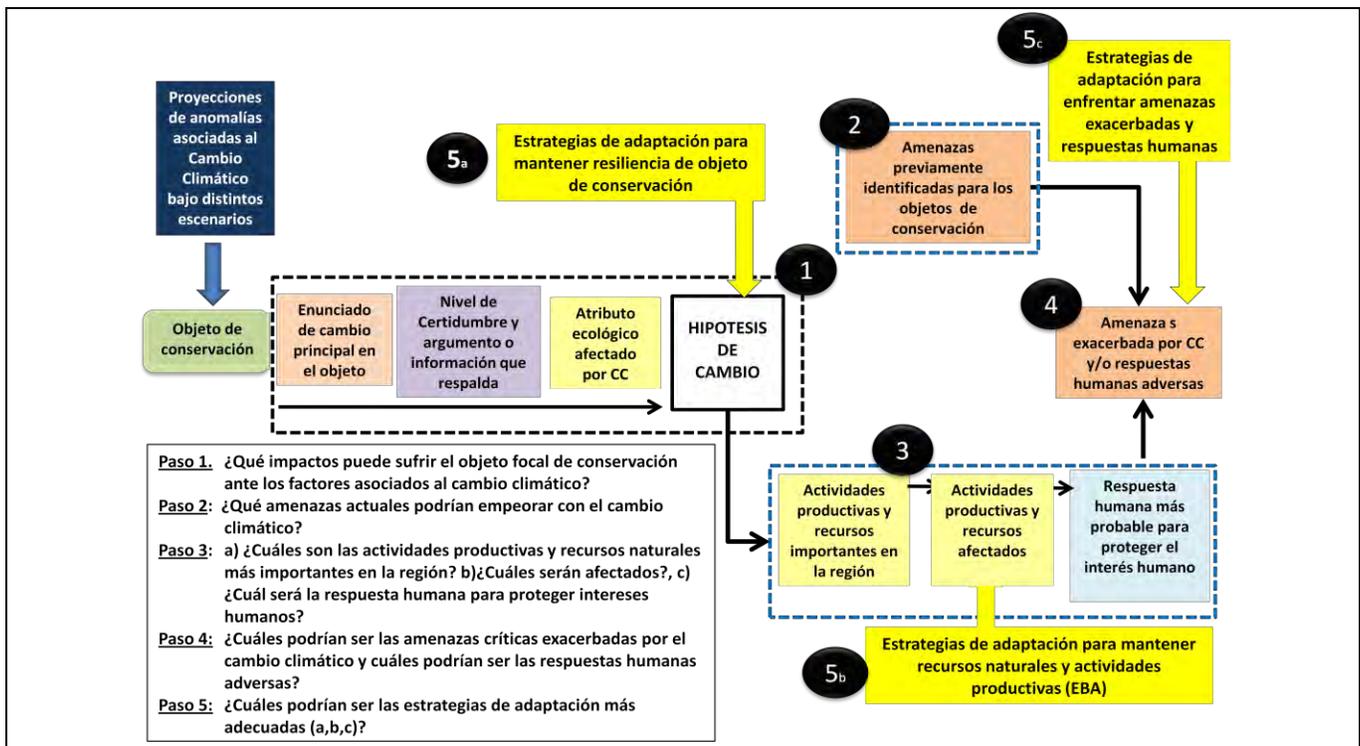


Fig. 3.- Diagrama que muestra los pasos secuenciales utilizados en el primer taller para generar los 3 grupos de estrategias de adaptación.

II.4) Ejercicios participativos en mesas de trabajo para la identificación de impactos, estrategias y necesidades de monitoreo.

En el primer taller se desarrollan diversos ejercicios ordenados en una secuencia lógica; adicionalmente a la generación de estrategias genéricas de adaptación consideradas más requeridas en cada complejo, se identifican indicadores que pueden ser útiles para la detección y monitoreo de impactos presumiblemente asociados el cambio climático, así como plataformas de monitoreo ecológico o ambiental existentes y que podrían ser útiles para adicionar componentes enfocados a la medición de los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas y las actividades productivas.

Los ejercicios que en orden secuencial (ver **Fig. 3**) se desarrollan en mesas de trabajo durante el primer taller son los siguientes:

- a) Identificación de impactos del cambio climático sobre objetos focales de conservación (Ecosistemas) con base en sus atributos ecológicos clave y en proyecciones de anomalías de temperatura y precipitación.
- b) Elaboración de hipótesis de cambio para cada objeto de conservación considerando evidencias aportadas por observaciones realizadas en la región o por estudios científicos que pueden respaldar la hipótesis.
- c) Identificación de amenazas actuales a la biodiversidad y los ecosistemas que pudieran exacerbarse ante los efectos del cambio climático.
- d) Identificación de actividades productivas y/o recursos naturales que podrían tener una mayor vulnerabilidad ante el cambio climático.
- e) Identificación de respuestas humanas adversas ante el cambio climático (mal-adaptación) que pudieran darse y con ello afectar a los ecosistemas y a la sustentabilidad.
- f) Priorización de amenazas actuales potencialmente exacerbadas por el cambio climático.
- g) Priorización de actividades económicas y/o recursos naturales más vulnerables al cambio climático.
- h) Priorización de respuestas humanas adversas potenciales ante el cambio climático.
- i) Identificación de estrategias de adaptación a cambio climático para a) Mantener resiliencia de objetos de conservación, b) Reducir amenazas exacerbadas por el cambio climático, c) Mantener actividades económicas y/o recursos naturales vulnerables, y d) Prevenir respuestas humanas adversas ante el cambio climático. La identificación de estrategias es apoyada por el catálogo de estrategias genéricas elaborado para este fin.
- j) Identificación de proyectos y actividades en curso que promueven la conectividad ecológica, y que con ello son de la mayor importancia para facilitar el ajuste de las áreas de distribución de las especies ante los cambios en las condiciones climáticas regionales.
- k) Identificación de necesidades de monitoreo considerando las hipótesis de cambio: Identificación de especies o grupos funcionales de especies y especies clave de cada ecosistema, de monitoreo de las amenazas exacerbadas, y de factores meteorológicos potenciados por el cambio climático.
- l) Identificación de plataformas o sistemas de monitoreo existentes.

II.5) Sistematización de los resultados a nivel complejo

Una vez determinadas el conjunto de estrategias de manejo y de condiciones favorables para el complejo de áreas protegidas, estas son organizadas en cadenas de resultados buscando darles una secuencia y agrupación lógicas ante las metas de adaptación en el complejo. Estas estrategias en su conjunto, organizadas en cadenas de resultados, constituyen el componente medular de los programas de adaptación al cambio climático para el complejo de áreas protegidas.

FASE III – Análisis de articulación y transversalidad de estrategias de adaptación con políticas e instrumentos nacionales y locales, y preparación de información e insumos para el 2º taller

III.1) Ordenamiento de estrategias resultantes del primer taller para cada complejo de áreas protegidas.

Las diversas estrategias son ordenadas en tabulados que permiten clasificarlas dependiendo de su enfoque, objeto de conservación en el que inciden, etc.

III.2) Evaluación de estrategias de adaptación prioritarias a nivel complejo con base a su nivel de articulación con los instrumentos de política enfocados al cambio climático y al manejo de áreas protegidas.

Los tabulados de las estrategias para cada complejo son combinados en matrices con los siguientes instrumentos: a) la Estrategia de Cambio climático de Áreas Naturales Protegidas (ECCAP), b) el Programa Especial de Cambio climático (PECC) y c) el Programa Operativo Anual (POA) para el 2010 de cada ANP del complejo. Con estas matrices se evalúa el nivel de articulación que las estrategias resultantes podrían tener con estos 3 instrumentos de la política pública relacionados con el manejo de áreas protegidas y la adaptación al cambio climático. El resultado permite determinar aquellas estrategias con mayor potencial de articulación y que en un momento dado podría facilitar su implementación.

FASE IV – Segundo taller para la priorización de estrategias de adaptación e identificación de insumos para desarrollar un proyecto piloto.

IV.1) Identificación de estrategias con mayor articulación con los instrumentos de política pública.

El nivel de articulación de las estrategias por complejo es presentado a los participantes del segundo taller, principalmente directores de región y áreas protegidas así como personal operativo de CONANP, representantes de organizaciones civiles asociadas a aspectos operativos (Ej. Prevención y combate de incendios), y funcionarios de agencias de los gobiernos federal y estatal directamente involucrados con temas ambientales. La articulación potencial de las estrategias con los instrumentos de política pública puede ser utilizada posteriormente como un criterio adicional para determinar la factibilidad de las estrategias.

IV.2) Revisión y validación de criterios para priorización de estrategias de adaptación al cambio climático para nivel complejo y asignación de valores de ponderación.

De manera participativa se revisan criterios propuestos para aplicar un sistema de puntuación a las estrategias considerando su impacto potencial, factibilidad de implementación, las posibilidades de tener concurrencia y apalancamiento de diversos actores, su replicabilidad y su viabilidad para monitorear sus resultados esperados. Esta puntuación busca identificar a las primeras 3 a 5 estrategias que pueden tener más posibilidad de ser exitosas al ser implementadas en forma de medidas de adaptación.

Los criterios para el sistema de puntuación son:

A. Impacto regional potencial

- **A.1) Número de objetos de conservación analizados en el complejo a los que beneficia la estrategia.** Umbrales: Bajo (1): 25% o menos del total de objetos, Medio (2): Del 25 al 75% del total de objetos, Alto (3): 75% o más del total de objetos.
- **A.2) Interdependencia de la estrategia con las actividades económicas preponderantes.** Umbrales: Bajo (1), Medio (2), Alto (3).
- **A.3) Total de superficie que podría impactar la estrategia.** Umbrales: Bajo (1) 25% o menos del total de la superficie del complejo; Medio (2) Del 25 al 75% del total de la superficie del complejo; Alto (3): 75% o más del total de la superficie del complejo.

- **A.4) Reducción del riesgo y de la vulnerabilidad social.** Umbrales: Baja (1): beneficia a 25% o menos del total de la población dentro del complejo; Media (2): beneficia a entre el 25% y 75% del total de la población dentro del complejo; Alta (3): beneficia a más del 75% del total de la población dentro del complejo.

B. Factibilidad

- **B.1) Grado de conflicto potencial que puede tener la estrategia con el modelo de desarrollo regional actual.** Umbrales: (1): Conflicto alto; (3): Conflicto medio; (6): Conflicto bajo.
- **B.2) Capacidad instalada para implementar y/o coadyuvar en actividades de manejo que involucra la estrategia de adaptación: (En términos de personal y equipamiento del sector ambiental).** Umbrales: Baja (1): No existe personal ni equipo suficiente para implementar la estrategia en el corto plazo; Media (2): El personal y equipo existente que podría contribuir a implementar la estrategia es insuficiente; Alta (3): Existe personal y equipo suficiente para implementar la estrategia en el corto plazo.
- **B.3) Nivel de aceptación de la estrategia por parte de las comunidades y usuarios de los recursos en la región.** Umbrales: Baja (1): menos del 25%; Media (2): entre el 25 y el 75%; Alta (3): más del 75%.
- **B.4) Costos de implementación.** Umbrales: Baja (1): No se cuenta con recursos financieros ni para personal, operación o equipamiento para implementar un proyecto piloto alineado a esta estrategia; Media (2): Se cuenta con recursos financieros para personal y/o equipamiento pero no para la operación de un proyecto piloto alineado a esta estrategia; Alta (3): Se cuenta con recursos financieros para personal, operación y equipamiento suficiente para implementar un proyecto piloto alineado a esta estrategia.
- **B.5) Oportunidades actuales de financiamiento en CONANP y socios.** Umbrales: **Baja (1):** No hay propuestas de proyectos relacionados a la estrategia; **Media (2):** Con propuestas de proyectos compatibles con la estrategia y que ya están sometidas; **Alta (3):** Con propuestas de proyectos compatibles con la estrategia ya aprobadas.
- **B.6) Experiencia de manejo existente relacionada a la estrategia.** Umbrales: Baja (1): Nula; Media (2): Poca experiencia; Alta (3) Amplia experiencia comprobada.

C. Concurrencia institucional y apalancamiento.

- **C.1) Número de instituciones con interés en concurrir con la estrategia y con capacidades significativas para implementación.** Umbrales: **Baja (1):** No hay instancias interesadas en la implementación; **Media (2):** Existen algunas instancias interesadas; **Alta (3):** Hay muchas instancias interesadas en la implementación de la estrategia.

D. Replicabilidad

- **D.1) Número de ANP o superficie de conservación (Ha) que podrían adoptar esta estrategia.** Umbrales: **Baja (1):** La estrategia solo puede ser aplicada a una sola ANP en sitios muy específicos; **Media (2):** La estrategia solo puede ser aplicada a ANP de este complejo; **Alta (3):** La estrategia puede ser aplicada a otras áreas protegidas de otros complejos o regiones.
- **D.2) Aplicabilidad de los mecanismos de implementación de la estrategia a otros objetos de conservación y regiones.** Umbrales: Baja (1): La estrategia solo puede ser aplicada a un objeto o región de conservación;

Media (2): La estrategia solo puede ser aplicada a más de un objeto o región de conservación. Alta (3): La estrategia puede ser aplicada a varios objetos y regiones de conservación

E. Viabilidad de monitoreo

- **E.1) Existencia de iniciativas que pueden contribuir a monitorear y evaluar el desempeño e impacto de la estrategia.** **Umbral: Baja (1):** A nivel regional o nacional hay alguna iniciativa o plataforma de monitoreo relacionadas a los impactos que pretende enfrentar la estrategia pero la información no tiene la escala al detalle requerido. **Media (2):** En algún área fuera del complejo se realizan actividades de monitoreo que podrían servir de ejemplo para implementarlas en el complejo a través de una nueva iniciativa para dar seguimiento ya sea a los impactos estimados por el CC o al desempeño de las actividades de adaptación indicadas por la Estrategia; **Alta (3):** En el complejo ya ocurren actividades de monitoreo que con algunos ajustes pueden contribuir a dar seguimiento ya sea a los impactos estimados por el cambio climático o al desempeño de las actividades de adaptación indicadas por la Estrategia.

En la revisión y aplicación de criterios de puntuación, los participantes pueden decidir ponderar más unos criterios que otros y los puntos pueden multiplicarse por un factor de ponderación.

IV.4) Identificación de estrategias prioritarias por su articulación con políticas públicas y/o por su puntuación en términos de impacto, factibilidad, concurrencia, replicabilidad y viabilidad de monitoreo.

Aplicando el sistema de puntuación, las estrategias pueden ser agrupadas en 3 niveles de prioridad: Muy Alta, Alta y Media. Los siguientes pasos se enfocan en las de más alta prioridad.

IV.6) Identificación de estrategias de alta prioridad y redacción de una estrategia final que se buscará implementar mediante un proyecto piloto a nivel complejo.

Es a partir de las estrategias de más alta prioridad de donde los participantes ayudados por los facilitadores redactan una estrategia que se concentre a uno de los temas centrales de las 2 o 3 estrategias con más puntuación y pudiendo incorporar elementos relevantes de las otras que puedan ayudar a determinar los medios de implementación.

IV.7) Identificación de insumos para el diseño preliminar de un proyecto piloto.

Una vez redactada una estrategia final, para fines de este proyecto, se procede a recabar información a partir de la experiencia de los participantes, y poder contar con insumos que puedan ser útiles para convertir la estrategia en un proyecto piloto factible de ser implementado en el corto plazo. Para ello, los participantes aportan información específica con referencia a los siguientes aspectos:

- a) Resultados directos que pudieran esperarse de un proyecto piloto alineado a la estrategia.
- b) Propuesta de 3 a 5 actividades específicas de implementación que permitan poner en práctica la estrategia.
- c) Propuesta de actores que pudieran ser responsables de monitorear y evaluar el proyecto y que capacidades son las necesarias.
- d) Propuesta de actores de los distintos sectores que podrían ser colaboradores principales en la implementación
- e) Propuesta de mecanismos necesarios para tener una coordinación entre actores involucrados en la implementación del proyecto.
- f) Insumos de información, herramientas y sistemas relacionados a cambio climático que son necesarios o que existen actualmente para un proyecto piloto alineado a esta estrategia.
- g) Propuesta de medios y mecanismos se pueden presentar los resultados de un proyecto piloto a los 3 gobiernos de estado, comunidades locales, etc.

FASE V – Diseño de un proyecto piloto a partir de la estrategia seleccionada.

- V.1) Diseño conceptual de un proyecto piloto a través de una cadena de resultados.**
- V.2) Desarrollo de objetivos, metas, actividades, actores y roles e indicadores del proyecto piloto con base a los resultados esperados del proyecto.**
- V.3) Identificación de áreas específicas de impacto del proyecto y validación por parte de los directores de las áreas naturales protegidas involucradas.**
- V.4) Desarrollo de un plan de trabajo detallado con actividades de implementación específicos para cada objetivos y meta del proyecto piloto.**
- V.5) Identificación de responsables potenciales de cada actividad del proyecto.**
- V.6) Desarrollo de plan de monitoreo del proyecto piloto determinando sus indicadores de impacto y desempeño y los mecanismos de coordinación internos de CONANP para dar seguimiento y evaluar el proyecto**
- V.7) Estimación de costos de implementación del proyecto**
- V.8) Elaboración del proyecto en términos de una propuesta genérica que pudiera ajustarse ante las oportunidades de financiamiento que pudieran surgir para buscar su implementación.**

FASE VI – Entrega y difusión de los resultados del proyecto.

- VI.8) Elaboración de 4 publicaciones para difundir en línea con los resultados alcanzados en el proyecto para cada complejo de áreas protegidas.**
- VI.8) Elaboración de 4 programas de adaptación al cambio climático a nivel de complejo de áreas protegidas a partir de las estrategias identificadas, las alternativas para el monitoreo de impactos sobre los ecosistemas y las prioridades de investigación más relevantes.**

Anexo 3.- Referencias de trabajos relevantes sobre las áreas protegidas del complejo del Caribe de México: Sian Ka'an, Banco Chinchorro, Arrecifes de Xcalak y trabajos de escala regional.

1) Reserva de la Biosfera Sian Ka'an

Conservación y Manejo

- Aviña, R., 1983. "La cacería" en Sian Ka'an. Estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como reserva de la biosfera. Centro de Investigaciones de Quintana Roo/SEDUE, pp. 181-192.
- Batllore Sampedro, Eduardo. Enrique Dunhe B., Juan E. Bezaury C., Gloria Calderon O., Pedro Pablo IDzib H., Roberto Limberg T., Rafael Gutierrez R., Felipe González y Juan Carlos Trejo, 1992. Protección y Manejo de la Cuenca Alta de la Bahía del Espíritu Santo. Reporte. CINVESTAV Mérida, Biocenosis A.C, Amigos de Sian Ka'an A.C.
- Centro de Investigaciones de Quintana Roo/SEDUE, 1983. Sian Ka'an: Estudios preliminares para el establecimiento de una zona en Quintana Roo propuesta como Reserva de la Biosfera. 215 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2008. Programa de Conservación y Manejo del Complejo Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Arrecifes de Sian Ka'an y Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil. SEMARNAT. México.
- Gutierrez, D., García-Saez, C., Lara, M., Padilla, C., Macias, R., Pizana, J., 1992. Informe final del proyecto "Consideraciones para el manejo de los arrecifes de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an", Quintana Roo, México. Biocenosis A.C., ICM yL-UNAM y Amigos de Sian Ka'an. A.C. Cancún, Q. Roo.
- INE, 1996. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. INE/SEMARNAP. Programas de Manejo 3, Áreas Naturales Protegidas, México. 75 pp.
- Lopez Omat, A. y J. Consejo. 1987. Plan de manejo de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo. Gobierno del Estado de Quintana Roo, 141 pp.
- Neuman, B.R. and M. L. Rahbek, 2006. Modelling Concepts for the Sustainable Management of the Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Institute of Environment & Resources Technical University of Denmark. M.Sc. Thesis. 256 pp.
- Olmsted, I. 1989. Propuesta para el manejo de la Palma Chit (*Thrinex radiate*) en la zona de amortiguamiento de la Reserva Sian Ka'an. Informe Amigos de Sian Ka'an A.C.
- Olmsted, I. 1989. Propuesta para el manejo de la palma Nakax (*Coccothrinex readii*) en la zona de amortiguamiento de la Reserva Sian Ka'an. Informe a Amigos de Sian Ka'an A.C.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)/ Instituto Nacional de Ecología (INE) 2000. Integración del Ordenamiento Ecológico Costero de la Reserva de Biosfera Sian Ka'an.

Monitoreo

- Amigos de Sian Ka'an - GVI México, 2009. Reporte Anual 2009. Expedición Marina Pez Maya, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. 137 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.
- Colmenero R. Luz del Carmen, Julio Castillo E. Julio Juarez 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.
- Correa S. Jorge, Jesus 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.
- 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.
- Gutiérrez, C. D. y C. Garcia. 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.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

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.

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.

Biodiversidad

Navarro L., D. y J. G. Robinson (editores). 1990. Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo/Universidad de Florida. 471 pp.

Navarro L., D. y E. Suarez M., editores. 1992. Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Volumen 2. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, 295 pp.

Corales y Bentos

Gómez, P., 1992. Esponjas marinas (Porifera) de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. En: Navarro, D. y E. Suárez (eds.). Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. CIQRO, Chetumal. 2:23-33.

González, M. A., E. A. Chávez, G. de la Cruz y D. Torruco, 1991. Patrones de distribución de gasterópodos y bivalvos en la península de Yucatán, México. Ciencias Marinas, 17(3):147-172.

Jordán, E., 1990. Corales escleractíneos y gorgonáceos del ambiente coralino de Sian Ka'an. En: Navarro, D. y J. G. Robinson (eds.). Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. CIQRO, Chetumal. 127-130.

Jordán, E., Martín, E., Sánchez, M. and A. de la Parra, 1994. The Sian Ka'an Biosphere Reserve Coral Reef System, Yucatán Península, Mexico. Smithsonian Institution. 32 pp.

Padilla, C., Gutiérrez, D., Lara, M. y C. García, 1992. Coral Reefs of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, Quintana Roo, Mexico. Proceedings of the Seventh International Coral Reef Symposium, Guam, 1992, Vol. 2.

Ecología

Mazzotti, F.J., H. E. Fling, G. Merediz, M. Lazcano, C. Lasch and T. Barnes, 2005. Conceptual Ecological Model Of The Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico WETLANDS, Vol. 25, No. 4, December 2005, pp. 980–997

Vidal, L. and M. Basurto, 2003. A Preliminary Trophic Model of Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, Mexico (Modelo trófico preliminar de Bahía Ascensión, Quintana Roo, México). Fisheries Centre Research Reports (2003), vol. 11(6): 255-264.

Plancton

Suarez, E. and R. Gasca, 1994. Zooplankton Biomass Fluctuations in a Mexican Caribbean Bay (Bahía de la Ascension) during a Year Cycle. Caribbean Journal of Science 30(1-2): 116-123.

Vegetación

Cortés-Castelán, J.C. y G. A. Islebe, 2005. Influencia de factores ambientales en la distribución de especies arbóreas en las selvas sureste de México. Rev. biol. trop v.53 n.1-2 San José jun. 2005

Olmsted, I. 1989. Aspectos ecológicos de la Palma (*Chamaedorea sehrizlii*) Xiat en Sian Ka'an. Informe a Amigos de Sian Ka'an A.C.

Olmsted, I. C. y R. Durán G. 1986. "Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México." *Biotica*, 11: 151-179.

Whigham, D. F., I. Olmsted y E. Cabrera Cano. 1991. "The impact of hurricane Gilbert on trees, litterfall, and woody debris in a dry tropical forest in the northeastern Yucatán Peninsula." *Biotropica*.

Algas y Pastos Marinos

Aguilar, M., 1990. Algas marinas bentónicas de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. En: Navarro, D. y J. G. Robinson (eds.). Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. CIQRO, Chetumal. 13-34.

Baltz, D., Peterson, G., Lara-Domínguez A.L., Morales, J. 2008. Informe de las Actividades de Campo del Proyecto "Patrones de uso del hábitat por los estadios tempranos del ciclo de vida de peces y crustáceos decapados en las comunidades de pastos marinos de Sian Ka'an, México:

Requerimientos del hábitat de crianza por los juveniles y especies en tránsito en las épocas de secas y lluvias". Reporte del Muestreo de Nortes 2007. LSU-INECOL- TNC- CINVESTAVCONANP. 16 pp.

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.

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.

Macro-Invertebrados

Briones, F. Patricia, Enrique Lozano A. 1992. *La Langosta en Bahía de La Ascension*. ICMYL-UNAM. Serie Cuadernos de Sian Ka'an, número 3. Amigos de Sian Ka'an. Cancún, Q. Roo. 16 págs..

Lozano-Alvarez, E., Briones-Fourzán, P. & Negrete-Soto, F. 1993. Occurrence and seasonal variations of spiny lobsters (*Panulirus argus*) (Latreille) on the shelf outside Bahía de la Ascension, Mexico. U.S. Fishery Bulletin. 91: 808-815.

Lozano, A. Enrique. Fernando Negrete S. 1992. Pesca *exploratoria de langosta por fuera de las bahías de la Ascension y Espiritu Santo en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an*. ICMYL-UNAM Informe Final Amigos de Sian Ka'an A.C.

Oliva, J. y A. de J. Navarrete, 2007. Larvas de moluscos gasterópodos del sur de Quintana Roo, México. Hidrobiológica 17(2): 151-158.

Sosa-Cordero, E., M.L.A. Liceaga-Correa and J.C. Seijo, s/a. The Punta Allen lobster fishery: current status and recent trends . Case studies on fisheries self-governance.

Sosa-Cordero, E., Ramírez González, A. & Domínguez Viveros, M.. 1996. La explotación de langosta *Panulirus argus* en Bahía Espiritu Santo, Quintana Roo, Mexico: un estudio descriptivo. Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 45: 820-839.

Solares-Leal, I. & Alvarez-Gil, O. 2003. Socioeconomic assessment of Punta Allen: A tool for the management of a coastal community. Sian Ka'an Biosphere Reserve. Comisión Nacional de Áreas Protegidas. SEMARNAT. Mexico.

Sosa-Cordero, E. 1995. Evaluación del impacto del huracán Gilberto en la pesquería de langosta *Panulirus argus* de Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo. Nota Científica. Amigos de Sian Ka'an. Serie Documentos (Cancún, México). 4: 55-59.

Vertebrados

Calderón Mandujano, R. R y S. Calmé. 2006. Formación de la colección de referencia de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. El Colegio de la Frontera Sur. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. V008. México D. F.

Lopez-Ornat, A. and C. Ramo, 1992. Colonial Waterbird Populations in the Sian Ka'an Biosphere Reserve (Quintana Roo, Mexico). Wilson Bull., 104(3), 1992, pp. 501-515.

Lopez-Ornat, A. 1991. "Avifauna" en Diversidad biológica en la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. D. Navarro L. y J. G. Robinson, editores. Centro de Investigaciones de Quintana Roo/University of Florida, pp. 331-370.

Lopez Ornat, A., J. F. Lynch, B. MacKinnon de Montes, 1989. New and Noteworthy Records of Birds from the Eastern Yucatán Peninsula . The Wilson Bulletin, 101(3):390-409.

Navarro L., D., T. Jiménez A. y J. Juárez G. 1990. "Los mamíferos de Quintana Roo" en *Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo/Universidad de Florida, pp. 371-450.

Pozo de la Tijera, C. y J. E. Escobedo Cabrera, 1999. Mamíferos terrestres de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Rev. biol. trop v.47 n.1-2: 251-262 San José jun. 1999

Vásquez-Yeomans, L. y M. A. González-Vera, 1992. Peces marinos de las costas de Quintana Roo: un listado preliminar. En: Navarro, D. y E. Suárez (Eds.). *Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. CIQRO, Chetumal. 2:361-373.

Especies Invasoras

Alvarez-Gil, O. (ed) 1997. La casuarina o pino de playa en Sian Ka'an, una amenaza para su diversidad biológica. Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Comunicado Sian Ka'an 1(2).

Amigos de Sian Ka'an 1995. Erradicación de la casuarina en la Reserva de Biosfera Sian Ka'an. Amigos de Sian Ka'an A. C. 110 pp.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

- Arellano-Guillerm o A. 1996. Programa de erradicación de la casuarina (*Casuarina* sp.) en la Reserva de Biosfera Sian Ka'an. Informe final, proyecto Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 41 pp.
- Bezaury, C. Juan. 1989. "La Casuarina, una amenaza a la flora y fauna de nuestras costas." *Boletín Amigos de Sian Ka'an*, 5:10-11
- Bezaury, C. Juan. 1990,1991. *Censos aereos para la ubicación de las zonas invadidas por Casuarina en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Planos de Densidad Relativa*. Amigos de Sian Ka'an A.C.
- García, G., Manzanero, L. y A. Arellano, 1996. Programa de erradicación de la casuarina (*Casuarina* sp) en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Informe final* del Proyecto F009. CONABIO. 41 pp.
- García-Beltrán G., Manzanero-Acevedo L. & Arellano-Guillerm o A. 1996. Erradicación de casuarina en la Reserva de Biosfera Sian Ka'an. *Boletín Amigos de Sian Ka'an* 15: 7-10
- Gutiérrez-Aguirre M. A., Reid J.W. & Suárez-Mora les E. 2003. An Afro-asian species of *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) in Central America and México. *Journal of Crustacean Biology* 23: 352-363.
- Schmitter-Soto J.J. & Car o C.I. 1997. Distribution of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae), and water body characteristics in Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 45: 1257-1262
- 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.

Fuego

- 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.
- Navarro L., D., R. y Martín Medrano. 1991. *El incendio en la zona norte de Quintana Roo: Impacto sobre la fauna. Reporte Técnico*. SEDUE. 35 pp.

Aspectos físicos

- Arellano-Méndez L., Herrera-Silveira, J.A. 2006. Hidrología De Bahía De La Ascensión: Temporada De Secas 2006. Lpp/Cinvestav I.P.N. Unidad Mérida. 11 pp.

Exploración de acuíferos subterráneos

- Meacham, Sam, 2006. Ox Bel Ha Water Protection Project. Sian Ka'an Exploration Expedition. November, 2005 – June, 2006. Final Report for The Nature Conservancy. Centro Investigador del Sistema Acuífero de Quintana Roo, A.C. 210 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.
- 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

Corredores

- Ruz, M.H., I. Z. Coral López, P.R. De Dios, V. Fidalgo, M. Flores, L. Herrera, D. Maldonado, P. Peniche, y J. Villagrán, 1999. Corredor Biológico Mesoamericano: Prospección social en tres micro-regiones del entorno de Sian Ka'an. Banco Mundial — Centro De Estudios Mayas, IIFI, UNAM. México. Junio De 1999. 238 pp.

Pesquerías

- 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.

Aspectos Económicos

César Dachary, A. y A. López Ornat. 1983. "Economía, población y dinámica en el uso del suelo en la Reserva de la Biosfera y su zona periférica" en *Sian Ka'an, Estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como reserva de la biosfera*, pp. 123-144

César Dachary, A. y Stella Maris Arnalz. 1989. *Sian Ka'an, el hombre y su economía*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. 140 pp.

2) Banco Chinchorro

Manejo

Bezaury, J. E., J. Carranza, G. García, C. Gracida, M. Lara, R. M. Loreto, B. MacKinnon y E. Quijano, 1997. Bases para el manejo de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Reporte preliminar. Amigos de Sian Ka'an, Cancún. 94 pp.

Castillo, M. A., J. Correa, A. de J. Navarrete, J. C. Fernández, G. García, I. J. March, J. J. Schmitter, E. Sosa, E. Suárez, J. Carranza y M. A. Lazcano, 1998. Manejo y conservación del arrecife Mesoamericano: Banco Chinchorro. Evaluación de la biodiversidad, economía y levantamiento geográfico para el manejo de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Propuesta Preliminar (segundo borrador, 8 de junio de 1998). ECOSUR, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 42 pp.

Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Reserva de la Biosfera, la región conocida como Banco Chinchorro. Diario Oficial de la Federación, viernes 19 de julio, primera sección:7-10 (1996).

Ecología

Aldana-Aranda, D., Patiño, V. and Thierry Brulé, 1997. Nutritional potentialities of *Chlamydomonas coccooides* and *Thalassiosira fluviatilis*, as measured by their ingestion and digestion rates by the Queen Conch larvae (*Strombus gigas*). *Aquaculture* 156 (1997) 9-20.

Aspectos generales

Aguilar, A. y W. Aguilar, 1993a. Último Refugio en el Caribe Mexicano: Banco Chinchorro. CIQRO, Chetumal, cuadernos de divulgación núm. 6:34 p.

Aguilar, A. y W. Aguilar, 1993b. Banco Chinchorro: Arrecife Coralino en el Caribe. En: Salazar-Vallejo, S. I. y N. E. González (eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO/CIQRO, México. 808-816.

Manejo

Aguilar, J. A., W. Aguilar, E. Cabrera, J. Correa, A. de J. Navarrete y M. Domínguez, (sin fecha). Propuesta para el establecimiento de Banco Chinchorro como Reserva de la Biosfera. SIMAP, CIQRO. 21 pp.

Instituto Nacional de Ecología, 2000. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. SEMARNAT. México. 192 pp.

Plancton

Álvarez-Cadena, J., E. Suárez-Morales & R. Gasca 1998. Copepod assemblages from a reef related environment in the Mexican Caribbean Sea. *Crustaceana* 71(4):411-433.

Suárez-Morales, E. y E. Rivera-Arriaga, 1998. Zooplancton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo. *Hidrobiológica* 8:19-32.

Suárez-Morales, E., L. Vásquez, R. Gasca, A. González, R. M. Hernández el. Castellanos. 1991. Fauna Planctónica. In: Camarena-Luhrs, T y S. Salazar-Vallejo (eds.) *Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO). Chetumal, México. pp. 92-116.

Suárez-Morales, E. & R. Gasca Serrano, en prensa. The planktonic copepod community at Mahahual reef, western Caribbean. *Bull. Mar. Sci.* (en prensa).

Vertebrados

Bahena, H. y R. Herrera, 1998. Herpetofauna de Banco Chinchorro, Quintana Roo, Caribe Mexicano. ECOSUR. Inédito. 5 pp.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

Bezaury, J. E., J. Carranza, G. García, C. Gracida, M. Lara, R. M. Loreto, B. MacKinnon y E. Quijano, 1997. Bases para el manejo de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. Reporte preliminar. Amigos de Sian Ka'an, Cancún. 94 pp.

MacKinnon, B. and J. Acosta Aburto, 2003. Critical Habitat For Migratory Land Birds, Banco Chinchorro, Quintana Roo, Mexico. Bulletin Of Marine Science, 73(1): 171–186.

Vegetación

Cabrera, E. F., 1998. La vegetación y Flora de los cayos de Banco Chinchorro, Quintana Roo. Amigos de Sian Ka'an, Cancún, 30 p.

Huerta, L. y A. Garza, 1980. Contribución al conocimiento de la flora marina de la parte sur del litoral de Quintana Roo, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México, 23:25-44.

Corales y Bentos

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.

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.

Revels, B. 2000. Pastos marinos en la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro. (en preparación).

Aspectos físicos y meteorológicos

Jordán, E. y E. Martín, 1987. Chinchorro: morphology and composition of a Caribbean atoll. Atoll Res. Bull. (310):1-25.

Merino, M., 1986. Aspectos de la circulación costera superficial del caribe mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13(2):31-46.

Morales, J., 1993. Los Huracanes en la Península de Yucatán. Edición de autor. Mérida. 111 pp.

Especies Invasoras

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.

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.

García-Rivas, M.C., 2010. Reserva de la Biósfera 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.

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.

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.

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.

3) Parque Nacional Arrecifes de Xcalak

Manejo

Carranza, J., C. Molina, J. Bezaury, C. López y J. McCann. 1996. Manejo Integrado de los Recursos Costeros en Xcalak, Quintana Roo, México. Propuesta para el Establecimiento del Área Natural Protegida Marina "Arrecifes de Xcalak". en: Sian Ka'an Serie Documentos 5: 1-68.

CONANP, 2004. Programa de Manejo Arrecifes de Xcalak. SEMARNAT. México. 161 pp.

López, C., J. McCann, C. Molina y P. Rubinoff. 1997. Estrategia Comunitaria para el Manejo de la Zona de Xcalak, Quintana Roo, México. Comité Comunitario para la Protección y Manejo de los Recursos Costeros de Xcalak, Amigos de Sian Ka'an A.C., Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island. Mérida. 24 pp.

Ecología

Tunnell, Jr. J.W., A. Rodríguez, R. L. Lehman y C. R. Beaver. 1993. An ecological characterization of the southern Quintana Roo Coral Reef System. Center for Coastal Studies Texas A&M University. Corpus Christi, EUA. 161 pp.

Macro-Invertebrados

De Jesús-Navarrete, A.; M. Domínguez-Viveros; A. Medina-Quej y J. J. Oliva-Rivera. 2000. Crecimiento, mortalidad y reclutamiento del caracol *Strombus gigas* en Punta Gavilán, Q. Roó, México. *INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14.*

Pesquerías

Basurto, M. 1995. Descripción de las pesquerías del sur de Quintana Roo (Punta Pulticub-Xcalak y Banco Chinchorro). Reporte Interno, Amigos de Sian Ka'an A.C.

Vegetación

Cabrera, E. 1997. La vegetación en la zona de Xcalak. In: Amigos de Sian Ka'an, Número Especial 17:24-30.

Aspectos Socio-económicos

Granados, S. D., O. Macías, J. Martínez, M. Navarro. 1995. Formas de Producción en la Península de Xcalak, Quintana Roo. En Prensa.

Lázaro-Estrella, A. 1986. Diagnóstico Socio-Cultural de la Isla Holbox y el Puerto de Xcalak en el Estado de Quintana Roo. Investigación realizada por la Dirección General de Culturas Populares/SEP (Unidad Regional Q. Roo) en vinculación con el Programa Cultural de las Fronteras en Chetumal, Capital. Secc. 2 (Xcalak), 48 pp.

Ramírez Nava, D. J. 1983. Estudio de la Comunidad de Xcalak, Municipio de Othon P. Blanco, Quintana Roo. Tesis Médico Cirujano. Universidad Veracruzana, Fac. de Medicina, Cd. Mendoza, Veracruz. 66 pp.

Vertebrados

Meredíz, G y B. Mackinnon. 1997. La fauna silvestre de Xcalak. In: Amigos de Sian Ka'an. Número Especial 17:31-37.

Aspectos físicos

Shaw, C., J. Boothroyd, J. Kilinger y P. Rubinoff. 1997. Geología costera de la región de Xcalak. In: Amigos de Sian Ka'an, Número Especial 17:16-23.

4) Trabajos de enfoque regional

Acuífero de Yucatán

Batlíori Sampedro, 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.*

Beddows, P.A., M. R. Hendrickson, K.H. Webster and S. M. Kras, 2007. Mapping Flooded Caves From Above: Surface karst inventory of the Yucatan Peninsula. 2007 National Cave and Karst Management Symposium. Pp. 193-197.

Escolero, O.A., L. E. Marin, B. Steinich, A. J. Pacheco, S. A. Cabrera and J. Alcocer, 2002. Development of a Protection Strategy of Karst Limestone Aquifers: The Merida Yucatan, Mexico Case Study. *Water Resources Management 16: 351-367.*

Gelting, R.J., 1995 Water and Population in the Yucatan Peninsula International Institute for Applied Systems Analysis. Working Paper. 22 pp.

González-Herrera, R., Sánchez, I., and J.Gamboa, 2002. Groundwater-flow modeling in the Yucatan karstic aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal (2002) 10:539-552.*

Rebolledo Vieyra, M., s/a. Proyecto de Creación de una Reserva Hidrogeológica para Quintana Roo Centro para el Estudio del Agua CICY, A.C. Parque Xel-Ha. 8 pp.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

- Sánchez-Pinto, I., R. González-Herrera and E. Perry, 2005. Hydrodynamic Behavior Of The Yucatan Aquifer: A Perspective On The Hydraulic Conductivity Estimation., Ciudad de La Habana, Cuba. Espelune. 2: 8-22.
- Supper, R., G. Merediz, K. Motchka, M. Heidovitsch, A. Ahl, P. Bauer y B. Neuman, 2008. Reporte preliminar de la segunda fase del estudio estratégico de las aguas subterráneas de Quintana Roo. Amigo e Sian Ka'an. México. 16 pp.
- Villasuso, M.J. and R. Méndez, 2000. A Conceptual Model of the Aquifer of the Yucatán Peninsula.in: Lutz, W., Prieto, L. and W. Sanderson (eds.). Population, Development, and Environment on the Yucatán Peninsula: From Ancient Maya to 2030. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. Pp. 120-139.

Agregaciones de desove

- Aguilar-Perera, A. and W. Aguilar-Davila. 1996. A spawning aggregation of Nassau grouper *Epinephelus striatus* (Pisces: Serranidae) in the Mexican Caribbean. Environmental Biology of Fishes. 45:351-361.
- 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.
- Heyman, W.D. and B. Kjerfve, 2008. Characterization of Transient Multi-Species Reef Fish Spawning Aggregations at Gladden Spit, Belize. Bulletin of Marine Science, 83(3): 531–551.
- 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.
- Luckhurst, B.E. 2002. Recommendations for a Caribbean regional conservation strategy for reef fish spawning aggregations. Revision June 30, 2002. The Nature Conservancy.

Arrecife Mesoamericano.

- Arrivillaga, A. y N. Windevoxhel, 2008. Evaluación Ecorregional del Arrecife Mesoamericano: Plan de Conservación Marina. Guatemala. 30 pp.
- 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 Borde-Barrera en el Sur del Caribe Mexicano] . Fisheries Centre Research Reports (2003), vol. 11(6): 227-235.
- 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.
- Burke, L. and Z. Sugg, 2006. Hydrologic Modeling of Watersheds Discharging Adjacent to the Mesoamerican Reef . ICRAN Mesoamerican Reef project USAID, United Nations Foundation (UNF), WRI, UNEP – World Conservation Monitoring Center (WCMC) and the World Wildlife Fund (WWF). 35 pp.
- Chavez, E.A. y E. Hidalgo, 1988. Los Arrecifes Coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el Contexto Socioeconómico. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología 15(1): 167-175
- Jordán, E, 1979. Estructura y Composición de Arrecifes Coralinos en la Región Noreste de la Península de Yucatán. México Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. 1979, 6(1): 69-86.

Monitoreo

- 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.
- 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. CINESTAV- Unidad Mérida. Informe Final CONACyT. Mérida Yucatán. 124 pp.
- 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.
- McMellor, S., 2007. A Conservation Value Index to facilitate coral reef evaluation and Assessment. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Biological Sciences, University of Essex, November 2007. 214 pp.

Núñez-Lara, E, C. González-Salas, M.A. Ruiz-Zárte, 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

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

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.

Caracol Rosado

Basurto, M., P. Cadena, G. Escobedo y F. Fernández, 2005. Evaluación de la población de *Strombus gigas* en los bancos de Cozumel y Chinchorro y recomendaciones para su aprovechamiento sostenible. Dictamen Técnico 2005. Instituto Nacional de la Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera de Puerto Morelos, Quintana Roo. 20 pp.

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.

Tello, J., Rodríguez, L. y F. Rodríguez, 2005. Genética poblacional del caracol rosado *Strombus gigas* en la Península de Yucatán: Implicaciones para su manejo y pesquería. Ciencias Marinas. 31(2): 379-386.

Invertebrados

Castellanos, I. y R. Gasca, 2002. Eufáusidos (Crustacea: Malacostraca) del centro y sur del Mar Caribe mexicano. Rev. Biol. Trop. 50(1): 77-85.

Gasca, R., 1997. Sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) del Mar Caribe Mexicano. Hidrobiológica. 7(1): 51-57.

Maas-Vargas, M.G., 2004. Inventario de las esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) de la colección de referencia de bentos costeros de ECOSUR. Universidad y Ciencia. 20 (39):23-28.

Tovar-Hernández, M.A. and S. I. Salazar-Vallejo, 2006. Sabellids (Polychaeta: Sabellidae) from the Grand Caribbean. *Zoological Studies* 45(1): 24-66.

Winfield, I. y E. Escobar, 2007. Anfípodos (Crustacea: Gammaridea) del sector norte del Mar Caribe: Listado faunístico, registros nuevos y distribución espacial. Revista Mexicana de Biodiversidad. 78(1): 51-61.

Lagunas costeras

Herrera, J.A., 2006. Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): investigación, diagnóstico y manejo. ECOTROPICOS 19(2):94-108

Langosta

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.

Manglares

Barbier, E.B. and I. Strand 1997. Valuing Mangrove-Fishery Linkages: A Case Study of Campeche, Mexico. Paper prepared for the 8th Annual Conference of European Association of Environmental and Resource Economics (EAERE), Tilburg University, The Netherlands, 26-28 June 1997. 29 pp.

CONABIO 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 35 pp.

Banco Mundial, ISME, cenTer Aarhus (2004). Principios para un Código de Conducta para la Gestión y Uso Sostenible de Ecosistemas de Manglar. 188 pp.

Miranda Ramírez, L., 2008. Análisis espacio-temporal del manglar en el Corredor Turístico Cancún-Tulum, Quintana Roo, utilizando imágenes de satélite. Tesis. Licenciatura en Geografía. UNAM. México. 164 pp.

Conectividad

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.

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

Mumby, P.J., A. J. Edwards, J. E. Arias-González, K.C. Lindeman, P. G. Blackwell, A. Gall, M. I. Gorczyńska, 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.

Roberts, C. 1997. Connectivity and management of Caribbean coral reefs. *Science* 278:1454-1457.

Oceanografía

Badan, A., J. Candela, J. Sheinbaum and J. Ochoa, 2005. Upper-layer Circulation in the Approaches to Yucatan Channel. Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union. 14 pp.

Candela, J., J. Sheinbaum, J. Ochoa and A. Badan, 2007. The response of the Yucatan Current to the passage of Hurricane Wilma. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9.

Ezer, T., Thattai, D.V., Kjerfve, B. and W. D. Heyman, 2005. On the variability of the flow along the Meso-American Barrier Reef system: a numerical model study of the influence of the Caribbean current and eddies. *Ocean Dynamics* (2005) 55: 458–475.

Peces

Sadovy, Y. 1997. The case of the disappearing grouper: *Epinephelus striatus*, the Nassau grouper in the Caribbean and western Atlantic. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* 45: 5-22.

Vásquez-Yeomans, L., E. Sosa-Cordero, M.R. Lara, A. J. Adams and J. A. Cohuo, 2009. Patterns of distribution and abundance of bonefish larvae *Albula* spp. (Albulidae) in the western Caribbean and adjacent areas. *Ichthyol Res* (2009) 56:266–275.

Pesca

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.

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.

Kaiser, M.J. and G. Edwards-Jones, 2006. The Role of Ecolabeling in Fisheries Management and Conservation. *Conservation Biology* Volume 20, No. 2, 392–398

Roheim, C. A. and J. Sutinen, 2006. Trade and Marketplace Measures to Promote Sustainable Fishing Practices, ICTSD Natural Resources, International Trade and Sustainable Development Series Issue Paper No. 3, International Centre for Trade and Sustainable Development and the High Seas Task Force, Geneva, Switzerland. 47 pp.

Wessells, C.R.; Cochrane, K.; Deere, C.; Wallis, P.; Willmann, R. Product certification and ecolabelling for fisheries sustainability. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 422. Rome, FAO. 2001. 83 pp.

Plancton

Chiappa, X., L. Sanvicente, A. Monreal and D. Salas, 2003. Ichthyoplankton distribution as an indicator of hydrodynamic conditions of a lagoon system in the Mexican Caribbean. *Journal of Plankton Research* 25(7):687-696.

Rodríguez, A., A. Cruz y M. A. Padilla, 2001. Composición, distribución y abundancia de larvas de la familia Myctophidae en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México y mar Caribe. INP. SAGARPA. México. *Ciencia Pesquera* No. 15:97-104.

Algas

Dreckmann, K. y A. Sentíes, 2002. *Caulerpa mexicana* en México. *Polibotánica*. 13: 97-105.

Mateo, L., Aguilar, R., Mendoza, C. y L. Aguilar, 2008. Distribución y variación morfológica de *Amphiroa beauvoisii* (Corallinales, Rhodophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79:7-22.

Mateo, L. y C. Mendoza, 2007. *Spongites yendoi* (Foslie) Y. Chamberlain (Corallinales, Rhodophyta) en la costa atlántica de México y Caribe mexicano. *Polibotánica*. Núm. 24, pp. 75-82

Reptiles

- Cedeño, J.R., 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in southeastern Quintana Roo, México. *Herpetological Natural History*. 10(1):17-30.
- 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.
- García-Grajales, J., Buenrostro-Silva, A. y Armando H. Escobedo-Galván, 2007. Análisis de los métodos usados para estimar la abundancia de las poblaciones silvestres de cocodrilianos (*Crocodylia*) en México. *Ciencia y Mar XI* (31):23-32.
- Eckert, K. L., K. A. Bjorndal, F. A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (Editores). 2000 (Traducción al español). *Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas*. Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4.
- García, A., Ceballos, G. and R. Adaya, 2003. Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in Mexico. *Biological Conservation* 111 (2003) 253–261.
- Machkour, S., Hénaut, Y., Charruau, P., Gevrey, M., Winterton, P. and L. Legal, 2009. Between introgression events and fragmentation, islands are the last refuge for the American crocodile in Caribbean Mexico. *Mar Biol* (2009) 156:1321–1333.
- Rodriguez D., Cedeño-Vázquez J.R., Forstner M.R.J., Densmore L.D., 2008. Hybridization between *Crocodylus acutus* and *Crocodylus moreletii* in the Yucatan Peninsula: II. evidence from microsatellites. *J. Exp. Zool.* 309A:674–686.

Turismo y áreas protegidas

- García-Saez, C. s/a. *Marine Protected Areas, Local Communities and Tourism: The Challenges*. 11 pp.
- Hernández, I., Jiménez, J., Montes, R. y F. Jiménez, 2007. Plan Estratégico de Turismo Para el Desarrollo Rural Sustentable y Participativo de la Zona Maya de Quintana Roo. *Ciencias Sociales Online*, julio 2007, Vol. IV, No. 2: 139-168.

Vegetación.

- Sánchez, O., Islebe, G. y M. Valdez, 2007. Flora arbórea y caracterización de gremios ecológicos en distintos estados sucesionales de la Selva Mediana de Quintana Roo. *Foresta Veracruzana*. 9(2): 17-26.
- Macario, P., 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana*. 32:11-23

Misceláneos

- Chiappy, C., Gama, L., Giddings, L., Rico, V. y A. Velázquez, 2000. Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la Península de Yucatán. *Investigaciones geográficas*. UNAM. 42:28-39.
- Chiappy, C. y L. Gama, 2004. Modificaciones y fragmentación de los geocomplejos tropicales de la Península de Yucatán *Universidad y Ciencia*. Número Especial I: 17-25.
- Elizondo, C. y D. López, 2009. Las áreas voluntarias de conservación en Quintana Roo *Colección Corredor Biológico Mesoamericano México*. Serie Acciones / Número 6. 126 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. y J. W. Day, 2005. Ecosistemas Vulnerables, Riesgo Ecológico y el Record 2005 de Huracanes en el Golfo de México y Mar Caribe. 6 pp.

Anexo 4.- Matriz de convergencia en la región del Arrecife Mesoamericano para el tema de cambio climático ⁴⁷.

Actividades específicas	Quienes trabajan en el tema	Período de ejecución	Presupuesto			Región de trabajo
			Existe	Solicitado	Pendiente de gestión	
Planes de adaptación al cambio climático para zonas costeras; Programa de divulgación; créditos de carbono y generación eléctrica más limpia; valoración económica de áreas críticas. Tortugas y Cambio climático.	WWF	2009	X			4 países
Identificación de áreas de blanqueamiento de corales y mapeo de áreas de resiliencia de arrecifes. Documentación de los efectos del Cambio climático en la anidación de las tortugas	WCS	2006-2010	X			GRMR-Bz
Protección de arrecifes coralinos y resiliencia (monitoreo), protección de manglares, políticas para la protección de herbívoros	TNC-MAR	2008-2017	X			4 países
Desarrollar un modelo de resiliencia de manglares aplicado a la región.	TNC-MAR	2008-2017	X			4 países
Reforestación de Mangle	SAM	2008-2013		X		4 países
AGRRA (Bz) y monitoreo integrado de cultivos y clima	WWF	2009	X			Bz
Intercambio de experiencias sobre incorporación de la información sobre la resiliencia en manejo de áreas marinas e incidencia sobre políticas y estrategias de adaptación	UICN-TNC	2009-2012			X	4 países

⁴⁷ Centeno, 2008.

Anexo 5.-Recursos en Internet de utilidad para adaptación al cambio climático

a) Herramientas para la estimación de escenarios climáticos:

Climate Wizard TNC – Univ. of Washington-University of Southern Missisipi, <http://www.climatewizard.org/>

Climate Projections (Met Office) <http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/science/projections/>

Climate Predictability Tool, The International Research Institute for Climate and Society, <http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt?open=512&objID=697&PageID=7264&mode=2>

Climate Change and Sea Level Rise Tool, University of Arizona http://www.geo.arizona.edu/dgesl/research/other/climate_change_and_sea_level/sea_level_rise/sea_level_rise.htm

Sea Level Rise and Coastal Flood Frequency Viewer, NOAA Coastal Services Center, <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/tools/slrviewer/index.html>

GTK Sea Level Rise Modelling Tools, <http://www.gtk.fi/slr/toolmethod.php?id=1>

Flood Maps <http://flood.firetree.net/>

SLAMM VIEW, Sea Level Affects Marshes Model Visualization, <http://www.slamview.org/>

b) Métodos para evaluar impactos potenciales del CCG sobre comunidades humanas:

Cristal, Community-based risk screening tool – Adaptation and Livelihoods, IISD, SEI, IUCN, Inter Cooperation (<http://www.cristaltool.org/>).

c) Herramientas para elaborar cadenas de resultados y planificar proyectos:

Miradi, Adaptive Management Software for Conservation Projects <https://miradi.org/>

d) Índices de vulnerabilidad de especies al CCG:

Climate Change Vulnerability Index, NatureServe , <http://www.natureserve.org/prodServices/climatechange/ClimateChange.jsp>

e) Herramientas para el monitoreo de variables relacionadas con el CCG:

Monitoring Climate Change Tools, EPA <http://www.epa.gov/climatechange/monitoring.html>

f) Herramientas para el análisis de conectividad:

Connectivity Analysis Toolkit <http://www.connectivitytools.org>

GIS tools for connectivity, corridor, or habitat modeling, Corridor Design
http://www.corridordesign.org/designing_corridors/resources/gis_tools

Connectivity GIS tool (Python script for ArcGIS Version 9.2), <http://el.erd.usace.army.mil/emrrp/gis.html>

g) Herramientas y recursos diversos:

Tools available from the Future International Climate Change Action Network <http://www.fiacc.net/>

Climate Change Tools, Climate Change Resource Center USFS <http://www.fs.fed.us/ccrc/tools/>

Tools and resources UNEP WCMC, <http://www.unep-wcmc.org/climate/>

Hypothesis of Change method, The Nature Conservancy. Climate Change Adaptation at TNC (TNC's Knowledge Base for Climate Change Adaptation) <http://conserveonline.org/workspaces/climateadaptation/documents/climate-clinic>

CAIT, Climate Analysis Indicator Tool (World Resources Institute) <http://cait.wri.org/>

The Climate Change Explorer Tool, http://wikiadapt.org/index.php?title=The_Climate_Change_Explorer_Tool

GIS & Remote Sensing SERVIR, http://www.servir.net/en/biodiversity_and_climate_change

Coastal Vulnerability and Adaptation Tools, EPA <http://www.epa.gov/climatereadyestuaries/vulnerability.html>

RANA - Red de Análisis para los Anfibios Neotropicales Amenazados <http://rana.biologia.ucr.ac.cr/>

h) Otros recursos y redes temáticas:

Adaptation Network, <http://www.adaptationnetwork.org/>

WikiAdapt - Advancing Capacity for Climate Change Adaptation (ACCCA), http://wikiadapt.org/index.php?title=Main_Page

Climate Action Network, <http://www.climateactionnetwork.org/>

Climate Change Knowledge Network, <http://www.cckn.net/>

Future International Climate Change Action Network, <http://www.fiacc.net/>

The University of Edinburgh Climate Change Network, <http://www.hss.ed.ac.uk/climatechange/about.htm>

Climate, Community and Biodiversity Alliance, <http://www.climate-standards.org/>

Anexo 6.- Proyectos, consultorías y subproyectos del Corredor Biológico Mesoamericano Sección México desarrollados en el Corredor Sian Ka'an- Calakmul.⁴⁸

A) Específicamente enfocados en el corredor.

- Programa emergente de los grandes felinos que se tornan perjudiciales en la zona dañada por el huracán Dean.
- Fortalecimiento de las capacidades de gestión de UMAS en el corredor Sian Ka'an - Calakmul.
- Pago de servicios ambientales de captura de agua y desempeño hidrológico en el Corredor Sian Ka'an - Calakmul
- Consolidación de las reservas ejidales en el corredor Sian Ka'an - Calakmul
- Elaboración de un manual técnico para el cultivo de pimienta en el Corredor Sian Ka'an – Calakmul.
- Capacitación y fortalecimiento de las capacidades de planeación de los Consejos de Desarrollo Rural Sustentable de los Municipios de las áreas focales del Corredor Sian Ka'an-Calakmul en Felipe Carrillo Puerto y José María.
- Evaluación de las plantaciones forestales realizadas en el área del CBMM Sian Ka'an - Calakmul.
- Asesoría para el diseño e implementación de un Centro de gestión integral alternativa de residuos sólidos en el Corredor Sian Ka'an - Calakmul, Quintana Roo.

B) Desarrollados en la península de Yucatán y que incluyen al corredor Sian Ka'an Calakmul

- Diagnóstico de los sistemas de silvicultura y de caoba en los Corredores de la Península de Yucatán.
- Identificación de proyectos estratégicos comunitarios de manejo sostenible en CBM-M del estado de Quintana Roo.
- Generación de un mapa sobre diferenciación de mieles peninsulares.
- Informe y cartel sobre la percepción de la importancia de la biodiversidad en el área de influencia del CBMM en la Península de Yucatán.
- Mieles peninsulares y diversidad biológica: Estudio de mercado para mieles diferenciadas, por floración singular o mezclas, en la Península de Yucatán, como parte de la estrategia de conservación y fortalecimiento de la biodiversidad del CBMM.
- Propuesta e implementación de planes piloto de buen manejo apícola, vinculados a una propuesta de ordenamiento apícola y monitoreo de la calidad de miel, en las áreas focales del CBMM en el estado de Quintana Roo y sus áreas de influencia.
- Mieles peninsulares y diversidad biológica: Estudio de mercado para mieles diferenciadas, por floración singular o mezclas, en la península de Yucatán, como parte de la estrategia de conservación y fortalecimiento de la biodiversidad del CBMM.
- Fortalecimiento interinstitucional de las organizaciones sociales del área focal de Calakmul.
- Establecimiento de un sistema de unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de vida silvestre en el CBMM, región península de Yucatán.
- Acompañamiento de proyectos para el fortalecimiento de apicultura en el Corredor Sian Kaan Calakmul.
- Intercambio de experiencias entre organizaciones forestales de Quintana Roo y Campeche.
- Fortalecimiento organizativo, administrativo y de gestión de una organización forestal regional en La Montaña, Campeche.
- Elaboración de una propuesta regional de Turismo de bajo impacto ambiental para el área focal de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo y sus áreas de influencia.
- Zonificación ecológica para los programas de manejo de las reservas de Balam Kin y Balam Ku, en el Estado de Campeche.

C) Subproyectos Estado de Campeche.

⁴⁸ Información proveída por Pedro Alvarez Icaza

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

1. Equipamiento del centro de acopio de la Sociedad Cooperativa de Producción Agropecuaria Ajel Ti Matie El, S.C.L.
2. Producción de Miel en Panal de la Flor de Guayacán SPR de R.I.
3. Equipamiento para impulsar la apicultura en Xpujil
4. Fortalecimiento a la apicultura para producir miel orgánica
5. Fortalecimiento a la apicultura para mejorar la producción de miel en el Ejido Zoh-Laguna
6. Fortalecimiento del Criadero de Abejas Reina de Unión de Silvicultores Ecologistas de Calakmul
7. Certificación de Miel Orgánica de Productores Orgánicos de Calakmul A.C.
8. Finalización del Centro de Acopio de Apicultores Ecológicos del Oeste de Calakmul SPR de R.I
9. Envasado de Miel de Apicultores Indígenas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, SSS
10. Producción de meliponas
11. Producción de Miel en Panal de Productoras apícolas de la biosfera de Calakmul Las Orquídeas
12. Equipamiento del centro de acopio del Consejo Regional Indígena y Popular de Xpujil, S.C.
13. Acopio y Envasado de Miel en la Región de Calakmul
14. Reforzamiento del Campamento Ecoturístico YAAX'CHE, Ejido Conhuas, Calakmul, Campeche.
15. Equipamiento y acondicionamiento para practicar espelelismo en las Grutas de Cristóbal Colón, Calakmul, Campeche
16. Proyecto de equipamiento e infraestructura para la Unidad de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre, Ejido Nuevo Becal
17. Establecimiento de un vivero para la producción de árboles nativos para la recuperación de terrenos degradados en el municipio de Calakmul
18. Elaboración de artesanías con bejucos y corteza vegetal
19. Proyecto de equipamiento e infraestructura para la Unidad de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre, Ejido Arroyo Negro
20. Reactivación del Jardín Botánico Medicinal y procesamiento de medicamentos a base de plantas y alimentos
21. Equipamiento de un Taller de tallado de madera y capacitación grupo las artesanas, Ejido Nuevo Becal, Calakmul, Campeche.
22. Proyecto de equipamiento e infraestructura para la Unidad de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre, Ejido Kiché Las Palias
23. Proyecto de equipamiento e infraestructura para la Unidad de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre, Ejido Cristóbal Colón
24. Diversificación de fuentes de trabajo y acceso a un mercado de calidad a través del mejoramiento de técnicas productivas y comerciales de la Sociedad de Mujeres Campesinas para la Producción y Conservación, S.S.S. de Xmabén en la Región de la Montaña, Hopelchén Campeche
25. Fortalecimiento de la Apicultura para la Conservación de la Selva
26. Mejoramiento de los procedimientos productivos y gerenciales para el proceso de conversión a miel orgánica de la organización Lol-Jabín, Región la Montaña Hopelchén Campeche
27. Mejoramiento de los procedimientos productivos y gerenciales para el proceso de conversión a miel orgánica de la organización Kaba Maya Lol-Dzidzilché, Región la Montaña Hopelchén Campeche
28. Escuela de meliponicultura para la conservación de la biodiversidad y los montes de los Chenes
29. Mejoramiento de la calidad de la miel e incremento de número de colmenas de apicultores organizados en núcleos familiares en el área focal de la Montaña Hopelchén, Campeche.
30. Fortalecimiento a la apicultura para producir miel orgánica en el Ejido de Dzilbalchen, Campeche

31. Mejoramiento genético del hato apícola en la región de la Montaña, a través de un criadero de abejas reinas genéticamente mejoradas
32. Fortalecimiento a la actividad Productiva y Comercial del Vivero la Bella Mexicana
33. Proyecto de equipamiento e infraestructura para la Unidad de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre, Ejido Pachuitz
34. Fortalecimiento a la Actividad Productiva y Comercial del Vivero Despeinadas

D) Subproyectos Estado de Quintana Roo

35. Comercialización y aseguramiento de la calidad de la mermelada de pitahaya
36. Fortalecimiento del sistema productivo de traspatio practicado por las mujeres mayas: cosecha y comercialización de hortalizas orgánicas
37. Fortalecimiento y equipamiento de la actividad apícola en productores de la comunidad de Melchor Ocampo.
38. Tecnificación de la Producción Apícola de la comunidad de Tepich
39. Fortalecimiento de la apicultura orgánica en productores de la comunidad de Tihosuco
40. Consolidación del Subcentro de Acopio de Miel Orgánica
41. Fortalecimiento de la cultura de la conservación a través de la apicultura orgánica
42. Tecnificación de la Producción Apícola mediante la adquisición de equipo para la producción orgánica en productores de la comunidad de San José II
43. Mejoramiento de la base productiva de la apicultura orgánica en productores de la comunidad de X-Hazil Sur
44. Desarrollo de productos eco turísticos en la ruta de los Cenotes, en la Región de los Chunes del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.
45. Los Senderos del Saraguato y el Tapir
46. Desarrollo de capacidades locales y competitividad en dos ejidos certificados de Quintana Roo
47. Fortalecimiento a la producción sustentable del chicle en la Región del Corredor Sian Ka'an-Calakmul a través de la integración productiva
48. Reconversión tecnológica y productiva para garantizar la calidad e inocuidad del chicle natural en las cooperativas productoras del Corredor Biológico Sian Ka'an-Calakmul
49. Desarrollo de imagen y presentación del producto con certificación orgánica y asistencia técnica empresarial para el mejoramiento de las condiciones productivas y la calidad del chicle en las cooperativas del Corredor Sian Ka'an-Calakmul
50. Consolidación de proyecto Ecoturístico comunitario Kantemó
51. Circuitos de historia, cultura y naturaleza en las comunidades de Sacalaca, Sabán, Huay Max del Municipio de José María Morelos, Q. Roo
52. Taller de artesanías
53. Cultivo y comercialización de plátano
54. Cultivo de hortalizas orgánicas
55. Fortaleciendo la cultura de la conservación a través de la apicultura en El Cedralito, Othón P. Blanco, Quintana Roo
56. Fortaleciendo la Cultura de la conservación a través de la apicultura en el Ejido Francisco J. Mujica
57. Fortaleciendo la Cultura de la conservación a través de la apicultura en el Ejido Laguna Om
58. Fortaleciendo la cultura de la conservación a través de la apicultura en el Ejido El Paraíso, Othón P. Blanco, Quintana Roo
59. Fortaleciendo la cultura de la conservación a través de la Apicultura en el Ejido Reforma

Número 1: Adaptación al Cambio Climático en las Áreas Protegidas del Caribe de México

60. Desarrollo de la cadena de producción de cera para uso apícola en la comunidad de Río Verde, municipio de Othón P. Blanco
61. Centro Ecoturístico y de recreaciones acuáticas Buena Vista
62. Desarrollo Ecoturístico el Palmar, Segunda etapa
63. Campamento Ecoturístico y Pueblo Museo "Santa Cruz Chico" "Uchben Kah"
64. Desarrollo de capacidades locales y competitividad en dos ejidos certificados de Quintana Roo
65. Desarrollo de capacidades locales y competitividad en dos ejidos certificados de Quintana Roo
66. Establecimiento de un vivero para producción de plantas forestales en la comunidad de Reforma, Othón P. Blanco
67. Procesamiento de la nuez del ramón para la elaboración de alimentos en la comunidad de Graciano Sánchez, Quintana Roo

Anexo 7.- Propuesta de indicadores de Cambio Climático de la Red Mexicana de Manejo Integrado Costero-Marino (Tomado de Azuz-Addeath *et al.*, 2010b).

A) Indicadores de cambio climático: Aspectos ecológicos.

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación dpsr)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Escorrentías.	EH1	Cambios en escorrentías de ríos, arroyos.	Caudal Medio Qm (m ³ /s), Caudal de Avenida Q80(m ³ /s) y Caudal de Estiaje Q20(m ³ /s).
Desecación de cuerpos de agua.	EH2	Disminución de la superficie de cuerpos de agua.	Superficie de cuerpos de agua anual
Inundaciones.	EH3	Aumento de la Frecuencia, duración y extensión de las inundaciones.	veces/año, días, km ² .
Intrusión salina de acuíferos.	EH4	Aumento del nivel de salinización de los acuíferos.	Salinidad (ups).
Temperatura oceánica superficial.	EOM1	Anomalías de temperatura oceánica superficial.	Diferencias respecto a algún promedio de temperatura superficial (grados).
Sistemas tropicales.	EOM2	Cambios en número, intensidad.	Numero, intensidad.
Nivel del mar.	EOM3	Cambios en el nivel del mar.	Tasa de cambio del nivel del mar (m).
Temperatura atmosférica.	EOM4	Anomalías en temperatura atmosférica.	Temperaturas máximas, mínimas, Temperatura promedio anual(°C).
Pluviometría.	EOM5	Anomalías en las precipitación.	Precipitación (mm).
Erosión/Acreción costera.	EOM6	Cambios en la línea de costa	Erosión/ Acreción (m ³ /año).
Cobertura de lagunas costeras.	EABE1	Cambio en la cobertura de las lagunas costeras.	Superficie de lagunas (km ²).
Cobertura de manglar, pastos marinos, marismas, etc.	EABE2	Cambios en la cobertura de las tipos de vegetación de zonas costeras inundables.	Superficie de vegetación anual.
Cobertura de vegetación de playas y dunas costeras.	EABE3	Cambios en la cobertura de las tipos de vegetación de zonas costeras no inundables.	Superficie de vegetación anual.
Cobertura de arrecifes de coral.	EABE4	Cambio en la cobertura de arrecifes de coral.	Superficie de arrecifes de coral.
Diversidad de especies de flora y fauna nativas.	EABE5	Cambio en la diversidad de las especies de flora nativas.	% de especies flora nativas, total de especies.
Especies con estatus de protección.	EABE7	Cambio en el número de especies bajo algún estatus de protección.	% del total de especies.

B) Indicadores de cambio climático: Uso de espacios.

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación dpsr)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Cambio en la distribución del recurso pesquero.	UE6	Cambios ubicación de las zonas pesca por especie.	Distancia al puerto de arribo (km).
Cambio en producción del recurso pesquero.	UE7	Cambio en esfuerzo pesquero por área de pesca.	Tasa de Cambio en Producción (%ton/año).
Pérdida de infraestructura costera.	UI4	Pérdida de infraestructura por evento meteorológico.	Millones de pesos por pérdidas de Infraestructura /evento meteorológico.
Gasto público para desarrollo turístico costeros.	UI4	% Gasto público destinado al desarrollo turístico costero.	% de inversión para desarrollo turístico en la costa /gasto público total para desarrollo.
Gasto del FONDEN.	GP1	Incremento en el gasto FONDEN por municipio.	Millones de pesos por evento.
Gasto Investigación y procesos de adaptaciones al cambio climático.	GP2	% del gasto público a acciones de cambio climático.	% presupuesto de gasto público (millones de pesos/año).

C) Indicadores de cambio climático: Habitantes y patrimonio.

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación dpsr)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Zonas Arqueológicas	HPC1	Perdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos
Pueblos Mágicos	HPC2	Perdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos
Monumentos	HPC3	Perdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos
Espacios Públicos	HPC4	Perdidas de sitios por evento meteorológico extremo	Número de sitios por municipio, número de eventos meteorológicos extremos
Gasto Público destinado a recuperación de Patrimonio cultural en zonas costeras	HPC4	% de Gasto Público destinado a recuperación de patrimonios culturales	Gasto público total, gasto en recuperación de patrimonios culturales
Pérdidas Humanas	HMDH4	Pérdida de vidas humanas por evento meteorológico	No. Personas/evento

D) Indicadores de cambio climático: Gobernanza.

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación dpsr)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Leyes y reglamentos asociados con cambio climático.	GIL1	Proporción de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático.	Número de leyes estatales y/o reglamentos municipales que contemplen los posibles efectos del cambio climático sobre el total existentes.
Instituciones gubernamentales que tengan injerencia o facultades sobre zonas costeras y marinas.	GIL2	Proporción de Instituciones que tengan injerencia o facultades sobre algunos aspectos que puedan incidir en las zonas marinas y costeras.	Número de instituciones con injerencia o facultades en zonas costeras y marinas sobre el total de instituciones.
Comisiones específicas en los congresos locales.	GIL3	Proporción de Comisiones específicas en los congresos locales.	Número de comisiones municipales sobre el total.
NOM orientadas a reglamentar actividades que impactan al ambiente costero-marino.	GIL4	Proporción de las nom orientados a reglamentar actividades que impactan al ambiente costero-marino del total existentes.	Número de NOM.
Programa Estatal de Cambio Climático.	GPPAI1	% de acciones instrumentadas del Programa Estatal de Cambio Climático.	Programa concluído y número de acciones propuestas, número de acciones instrumentadas.
Programas municipales de prevención de riesgo.	GPPAI2	% de acciones instrumentadas en los programas municipales de prevención de riesgo.	Programa concluído y número de acciones propuestas, número de acciones instrumentadas.
Organizaciones dedicadas al cambio climático.	GOS1	% de organizaciones sociales dedicadas al cambio climático sobre el total.	Número de organizaciones sociales por municipio.
Procesos de participación pública.	GPPT1	% de procesos de participación publica en tematica de cambio climático sobre el total de proceso.	Número de procesos de participacion pública, número de procesos por temática.
Representatividad ciudadana en MIA y OET.	GPPT2	% de participantes en consultas públicas de MIA y OET sobre el total de la población municipal.	Numero de MIA y OET, población total y número de asistentes.

E) Indicadores de cambio climático: Recursos humanos.

Nombre Propuesto del Indicador (Clasificación dpsr)	Código	Descripción del indicador	Medición (variables, fórmulas, unidades, etc.)
Profesionistas que de manera curricular aborden el tema del cambio climático.	FREF1	% de profesionistas que aborden tematica sobre el total de profesionistas por estado.	Número de profesionistas egresados por institución, número de curricula que aborden el tema cambio climático.
Profesionistas que trabajan en instituciones gubernamentales en temática de cambio climático o en Manejo Integral de Zona Costera (MIZC).	FREF3	% Profesionistas que trabajan por institucion gubernamental sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, número de instancias gubernamentales.
Profesionistas que trabajan en consultorias y empresas en tematica de cambio climatico o en MIZC.	FREF4	% Profesionistas que trabajan por consultorias y empresas sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, número de consultorias y empresas sobre los temas.
Profesionistas que trabajan en SCO en tematica de cambio climatico o en MIZC.	FREF5	% Profesionistas que trabajan para SCO sobre cambio climático o en MIZC.	Número de profesionistas, número de SCO sobre los temas.
Programas en medios con temática de cambio climatico y MIZC.	FREI1		Número de programas que aborden cambio climático o MIZC en radio, televisión y prensa sobre el total de programas . Número de programas en medio, número de programas con temática.
Investigaciones con temas de cambio climático.	FRI1	% investigaciones con tematica cambio climático sobre el total.	Número de investigaciones y temática.
Publicaciones con temas de cambio climático.	FRI3	% Publicaciones con tematica cambio climático sobre el total.	Número de publicaciones y temática.