

BIODIVERSIDAD EN CAMPECHE



Foto: Jorge A. Benítez, Centro EPOMEX-UAC.

PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN

VIII

Guillermo J. Villalobos-Zapata
Coordinador

La protección y conservación de los recursos naturales en México se ha constituido en una política ambiental de prioridad. Es por ello que desde 1992 se han ido conformando instituciones y dependencias significativas como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la CONABIO (Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad). Estas instituciones y dependencias públicas son las encargadas de monitorear los compromisos internacionales de conservación de los recursos naturales y sus ecosistemas, vigilar su aplicación y extenderlos a los 31 estados y el Distrito Federal.

Los estados mexicanos, según su prioridad y entorno social, económico-ambiental, adecuan las iniciativas de conservación y protección de los ecosistemas y recursos naturales presentes en su territorio. En el caso de Campeche, podemos mencionar que es uno de los estados con mayores avances en el reconocimiento y decreto de áreas naturales protegidas que contribuyen a proteger y conservar poco más del 40% de su territorio; actualizando su Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y creado una Procuraduría Estatal de Protección al Ambiente.

En esta Sección se desarrollan los siguientes capítulos: Áreas Naturales Protegidas en Campeche, identificación de regiones prioritarias a conservar y proteger, conservación de suelos, reforestación, reforestación de los ecosistemas de manglar y los efectos del cambio climático en la biodiversidad.

En el primer capítulo se presentan las diferentes Áreas Naturales Protegidas (ANP) decretadas (federales, estatales y municipales) se plantea sus principales ecosistemas, recursos naturales y problemática, así como las estrategias que pudieran contribuir a la consolidación de la protección y conservación de las ANP ya existentes. En el capítulo de Identificación de Regiones Prioritarias a Conservar, se hace una propuesta de

las áreas y corredores biológicos, que desde una visión académica se plantea pueden ser valoradas por las autoridades competentes y por la propia sociedad civil para ser consideradas como ANP a futuro. En el capítulo de Conservación de Suelos se describen los suelos de Campeche y la necesidad e importancia de generar acciones que lleven a conservar, restaurar y recuperar estos suelos tan importantes para el sustento de la biodiversidad presente. Por otro lado, en el capítulo de Reforestación se plantea la situación y problemática que conlleva la deforestación significativa en Campeche y propone consolidar los programas y acciones ya existentes y como desarrollar otras. El capítulo de Restauración de Ecosistemas de Manglar plantea la metodología y problemática de la misma, describiendo algunos resultados de proyectos ya aplicados en el estado de Campeche. Finalmente el capítulo de Efectos del Cambio Climático en la Biodiversidad plantean inquietudes para los ecosistemas y la biodiversidad en Campeche, que se generan antes los potenciales escenarios de los efectos del calentamiento global y el cambio climático y se proponen situaciones que deberán ser consideradas en la construcción de las estrategias para buscar acciones que sumen a la mitigación y adaptación al cambio climático y así como para la protección de la biodiversidad.



Foto: Jorge A. Benítez, Centro EPOMEX-UAC.



Foto: Jorge A. Benítez, Centro EPOMEX-UAC

Áreas Naturales Protegidas en Campeche

Guillermo J. Villalobos-Zapata

Campeche es un estado con frente costero en cuyo litoral se extrae el mayor volumen de petróleo (51% del nacional); su región sur es fronteriza con Guatemala, y está distribuida en una de las más importantes cuencas hídricas del país en términos de su volumen, el Sistema Grijalva-Usumacinta; y la península de Yucatán. Presenta una superficie terrestre de 56 858 km², su litoral tiene una extensión de 525.30 km, correspondiente al 4.5% de la longitud del litoral nacional y al 6.8% del litoral del Golfo de México, con una superficie de la plataforma continental frente al litoral campechano de 51 000 km² (INEGI, 1995). La importancia, reconocimiento y la generación de políticas y acciones de conservación se dan casi de manera natural al identificar, mediante los estudios de la academia, que en su territorio y su zona marina adyacente existe la mayor superficie de mangle y de pastos marinos de los estados costeros del Golfo de México.

Campeche tiene 2 342 118 ha de superficie protegida, lo que representa más de 41% de la superficie del estado; ocupa el primer lugar en la protección de litorales en todo el país, más de 60% de su litoral está sujeto bajo algún tipo de régimen de protección. En 176 kilómetros de su litoral se distribuyen 11 campamentos tortugueros, distribuidos en cuatro de los seis municipios costeros.

Actualmente, tiene tres y media Áreas Naturales Protegidas (ANP) de carácter federal (tabla 1 y figura 1), dos estatales y dos municipales. De las ANP de carácter federal, dos y media se localizan en ecosistemas costero-marinos: la Laguna de Términos, Petenes y la porción de territorio de Campeche contenida en Ría Celestún, equivalente a 45% de la superficie total del ANP; y la terrestre corresponde a la Reserva de la Biosfera de Calakmul, que es combinación de un macizo de selva alta y media en muy buen estado de conservación, con la existencia de monumentos arqueológicos mayas de la ciudad de Calakmul y la presencia de asentamientos humanos generados por procesos de políticas públicas federales de colonización de tierras en la década de los sesentas y setentas del siglo XX.

Las ANP constituyen una de las herramientas de administración y gestión de la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, así como de los bienes y servicios ambientales existentes dentro de su territorio. De esa manera, representan la posibilidad de mantener y/o rescatar la integridad de los ecosistemas y su biodiversidad *in situ*, que no reconocen fronteras político-administrativas como las eco-regiones de Petenes-Celestun-El Palmar y la de Pantanos de Centla-Laguna de Términos, que deben ser integradas al Corredor Biológico Mesoamericano.

El panorama general de las áreas naturales protegidas decretadas en Campeche se establece como positivo en términos de la política ambiental en toda la cobertura de los tres órdenes de gobierno, así como en la difusión del conocimiento y empoderamiento de la sociedad; pero negativo o insatisfactorio en términos de su misión, del financiamiento irregular, de la implantación y seguimiento de sus programas de conservación y manejo, así como de la propia participación y continuidad de los Consejos Consultivos; ya que no se han detenido, en los términos deseables óptimos, la deforestación, los incendios provocados, el cambio de uso de suelo, la caza furtiva, ni el tráfico de especies de flora y fauna, entre otros. No obstante, los diferentes sectores de la sociedad (gobiernos, academia, sectores, ongs, pueblos indígenas y ciudadanía) siguen construyendo políticas, proyectos y acciones que buscan sumar a la propia política de la CONANP para avanzar en la conservación, protección y uso sustentable de la biodiversidad local que contribuya a mantener el equilibrio ecosistémico del estado, con opciones sustentables de bienestar para los habitantes de la región.

SITUACIÓN

Si bien, a principios de la década de los noventa del siglo pasado, se inicio la estrategia de conservación a través de las ANP federales, el gobierno de Campeche ha dado continuidad a la política ambiental

Tabla 1. Listado de ANP en Campeche, su superficie y sus poblaciones de influencia.

ANP (año de decreto)	Categoría	Orden de Gobierno	Superficie (ha)	Asentamientos humanos
Calakmul (terrestre) 1989	Reserva de la Biosfera	Federal	719 000	
Balan-Kim (terrestre) 1999	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Estatad	110 990	Santa Lucía, Xbonil, Nuevo Conhuas, Constitución, Pablo García, Concepción, Km 120, Puebla de Morelia, E. Zapata, Felipe Ángeles, E. Echeverría, El Chichonal, V. Gómez Farías.
Balam-Ku (terrestre) 2003	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	Estatad	409 200	Carlos Cano, Chencoh, Dzibalchen, Las Flores y Pich
Salto Grande (terrestre) (2004)	Parque Urbano	Municipal	1 570	Candelaria
Laguna Ik 2006 (terrestre)	Jardín de regeneración y conservación de especies	Municipal	28 820	Hopelchen
Laguna de Términos (costera-marina) 1994	Área de Protección de Flora y Fauna	Federal	705,016	Cd. del Carmen, San Antonio Cárdenas, Nuevo Campechito, Emiliano Zapata, Atasta, Puerto Rico, Isla Aguada, Sabancuy, Palizada
Petenes (costera-marina) 1999	Reserva de la Biosfera	Federal	282 858	Koben, Las Palmas.
Celestún (costera-marina) 2000. Porción Campeche 34 130 has (57.72 %) de las 59,130 ha terrestres.	Reserva de la Biosfera	Federal	81 482	Isla Arena, Xixín, Real de Salinas, San Joaquín y El Remate
Total			1 663 016	

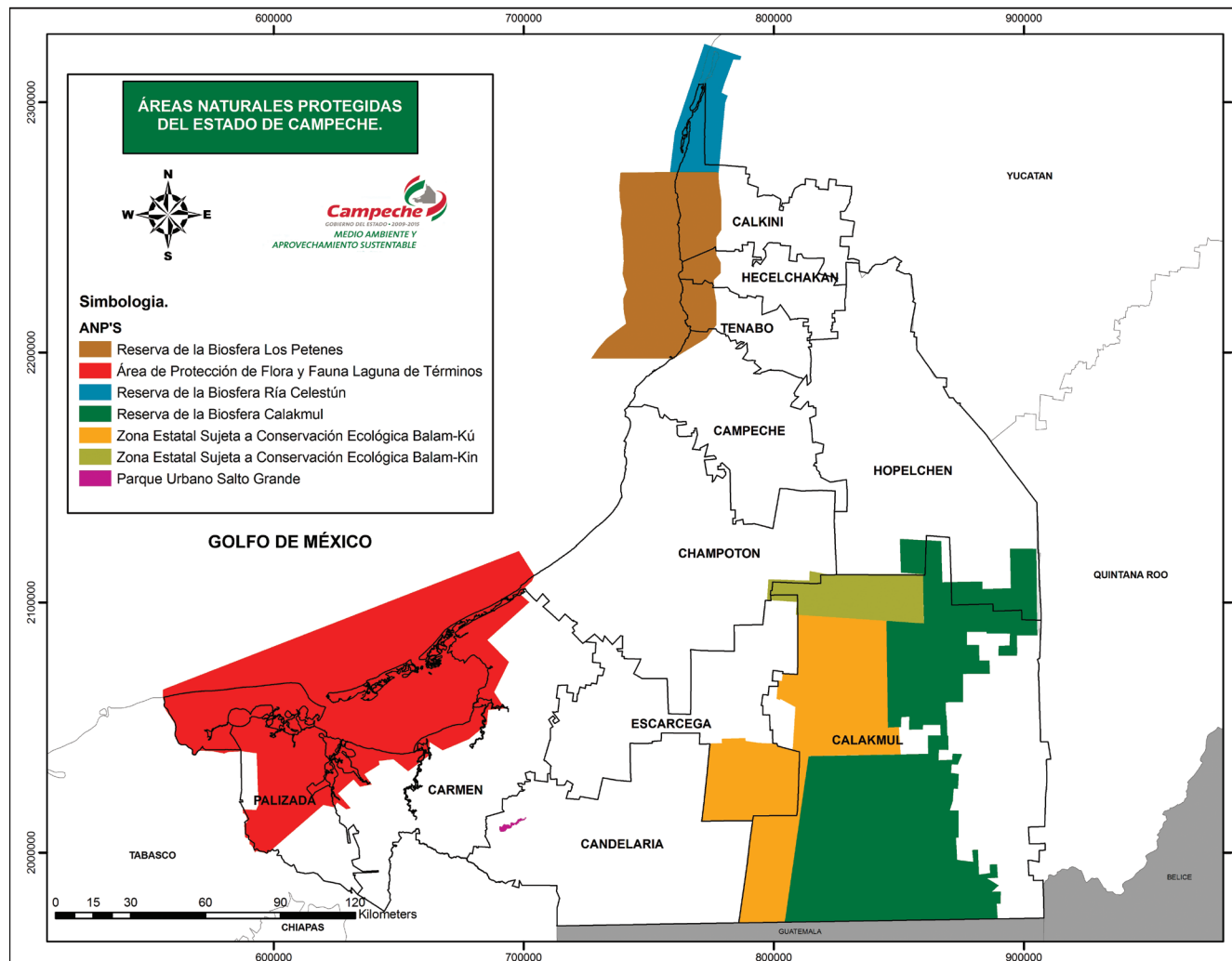


Figura 1. Áreas Naturales Protegidas del estado de Campeche
(Fuente: Secretaría de del Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable del Gobierno del Estado de Campeche, 2010).

a través del decreto de áreas naturales protegidas estatales e incluso municipales (tabla 1).

IMPORTANCIA DE LAS ANP

La importancia de proteger ecosistemas, tanto en su estructura como en sus funciones ecológicas, se sustenta en garantizar que la flora y la fauna mantengan la calidad de sus hábitats que garantice las diferentes etapas de sus ciclos de vida (e.g. distribución, crianza, alimentación, reproducción, descanso y protección, entre otros). De esa manera, se contribuye al equilibrio energético que trasciende estados, países y regiones, como es el caso de aves y mamíferos marinos migratorios, que año tras año llegan y circulan la porción norte y oeste de la península de Yucatán, donde más de 300 000 aves acuáticas migratorias invernán distribuidas entre las ANP de Yucatán, Campeche y Tabasco, particularmente en Ría Lagartos, El Palmar, Ría Celestún, Los Petenes, laguna de Términos y Pantanos de Centla (Correa *et al.*, 1996).

Los ecosistemas de la región tienen un rol ecológico importante, ya que constituyen áreas de refugio, anidación y crianza para diversas especies migratorias. Los estudios orientados a acciones de conservación deben beneficiar directamente a los hábitat de aves migratorias no cinegéticas tales como: *Jabiru mycteria* (cigüeña Jabiru), *Mycteria americana* (cigüeña americana o cigüeña coco), *Anas acuta* (pato golondrino), *Anas cyanoptera* (cerceta aliazul clara), *Mareca americana* (pato chalcuán), *Aythya affinis* (pato boludo chico), *Amazona albifrons* (loro frentiblanco), *Chloroceryle* sp (Martín pescador), entre otras (Correa Sandoval, 1992 y com.pers. 2007).

La zona de humedales es de suma importancia para la cigüeña Jabiru (*Jabiru mycteria*), como especie en peligro de extinción, este ecosistema representa un lugar seguro para el anidamiento y crianza (Correa y Luthin, 1988; Hartasánchez, 1992). Estas áreas de invernación poseen las de mejores condiciones en el sureste para las poblaciones de gar-

zas y cigüeñas. Incluso, se señala que, de acuerdo a estudios recientes (Correa, com. pers. 1994 y 2007), las zonas de distribución de la cigüeña Jabiru entre Palizada y Sitio Viejo o Balchacah se amplían más al sur del límite definido para el área de protección.

Por otra parte, las playas de las reservas costeras constituyen algunas de las principales zonas de reproducción de las tortugas marinas. La cacerolita de mar (*Limulus polyphemus*) es un artrópodo marino que constituye un fósil viviente, que se reproduce en las playas arenosas y parte del estero de las rías en el norte y oeste de la península de Yucatán hasta Isla del Carmen, Campeche.

DESCRIPCIÓN SINTÉTICA

La ANP más antigua y más extensa del estado, es la Reserva de la Biosfera (RB) “Calakmul” que se decretó en 1989, con una superficie de 721 000 ha. Es la única de las ANP que tiene la denominación de Patrimonio Natural de la Humanidad reconocido por la UNESCO, al ser sumada a la denominación de Patrimonio Cultural de la Humanidad la zona arqueológica de Calakmul.

La RB “Los Petenes”, postulada por el Ejecutivo estatal en 2004, así como el Área de Protección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”, fueron postuladas en el 2008 para la misma distinción.

Las características peculiares de la RB Calakmul son: el buen estado de conservación de la selva alta, su diversidad biológica y la riqueza arqueológica de la ciudad maya de Calakmul; además, se encuentra en el área de influencia un conjunto de poblaciones multiculturales con diferentes cosmovisiones de uso y conservación de los recursos naturales (originarios de Veracruz, Tlaxcala, DF, Zacatecas, Durango, Coahuila, Tabasco, Chiapas, Quintana Roo y Guatemala, entre otros) que están tratando de articular el programa de conservación y manejo de la Reserva con programas ecológicos de ordenamiento territorial comunitario y municipal.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

La Reserva de la Biosfera Ría Celestún es una ANP costera localizada en la zona noroccidental de la península de Yucatán, distribuida dentro de los estados de Campeche y Yucatán. Sin embargo, el mayor beneficio económico por turismo y desarrollo de proyectos sólo lo reciben los habitantes de la comunidad de Celestún (Yucatán) y muy poco los habitantes de Isla Arena (Campeche). Su programa de manejo contempla los componentes de conservación, desarrollo social, investigación científica y monitoreo ambiental. La actividad turística sobre la comunidad de Celestún está llegando a ser significativa, por lo que se requieren estudios sobre la capacidad de carga real (no solo física) de la región, así como programas urgentes sobre el manejo integral y disposición de desechos sólidos en la comunidades de Celestún e Isla Arena y manejo integral del agua y disposición de desechos líquidos.

En la actualidad, en las Reservas de Biosfera Los Petenes y Ría Celestún, dentro de la porción del territorio de Campeche, se llevan a cabo diferentes proyectos para mejorar la condición de los ecosistemas presentes en ella, tales como: monitoreo hidrológico, monitoreo de aves, restauración (reforestación y rehabilitación hídrica) y protección de humedales, transferencia de la ganadería extensiva a la intensiva para disminuir deforestación, diversificación de la ganadería con iniciativas de trabajar fauna de mamíferos nativos como lo son: venado cola blanca y tepezcuintle, educación ambiental, agroforestería y monitoreo y vigilancia de recursos marinos como el pulpo, el pepino de mar, explotación sustentable de salinas, además de promover la vigilancia y actividades nuevas como el turismo alternativo en todas sus variantes como ecoturismo, turismo de aventura, turismo de naturaleza, turismo rural, entre otros.

La principal problemática en la RB de Ría Celestún que afecta a Campeche, según comentario personal de la Dirección de la Reserva, es el inadecuado e insuficiente manejo de los desechos, tanto sólidos como líquidos que impactan a los suelos, se infiltran al manto freático

que pueden, en el mediano y largo plazo, afectar la salud propia de los habitantes. Otra amenaza, tanto para las comunidades de Celestún, en Yucatán, como de Isla Arena en Campeche, es la alta vulnerabilidad de los asentamientos existentes ante el impacto de huracanes, tormentas tropicales y el incremento del nivel medio del mar por el cambio climático global; así como procesos de erosión en algunas zonas aledañas a estos asentamientos.

PRESIONES

Las principales presiones sobre las áreas naturales protegidas de Campeche son: pastoreo, acumulación de basura, tala (disfrazada de extracción de leña), invasión anárquica de la mancha urbana en los humedales y zonas de dunas, falta de implantación y vigilancia a cabalidad del programa de conservación, manejo, deforestación, incendios forestales, conflictos agrarios, caza furtiva, afectación por fenómenos naturales, falta de regulación de las empresas autodenominadas “ecoturísticas” y de pesca deportiva, cambio de uso de suelo, contaminación crónica del acuífero, saqueo de flora y fauna silvestres, falta de poligonal definitiva, falta de presupuesto de operación para las direcciones de las ANP y de proyectos insuficientes, insuficiencia de coordinación institucional en proyectos productivos, cobertura insuficiente en cuanto a la vigilancia para las ANP y carencia de actualización de inventarios de flora y fauna terrestre y acuática.

Uno de los ejemplos, es la cigüeña *Jabiru mycteria*, cuya presencia ha disminuido considerablemente según reporta el personal del APFF Laguna de Términos. Otro caso similar es el del jaguar, donde de acuerdo a Hidalgo y Contreras (2010), en la región de Palizada sólo se reportan tres organismos adultos, aunque les permite estimar a una población más grande distribuida en la selvas bajas y medianas, así como en el manglar que rodean a la laguna de Términos, particularmente en la zona circundante al arroyo Las Piñas.

Una de las causas de la disminución de especies es la caza y pesca furtiva y, en menor grado, el tráfico de especies. Estas ilícitas actividades conllevan un alto grado de perturbación de sus hábitat naturales, con fragmentación natural y antrópica de la vegetación, deforestación, incendios crónicos, extracción de recursos y un crecimiento de la población humana de la zona que pone en riesgo a estas ANP con relación al mantenimiento del nivel de diversidad, endemismo y su conectividad funcional de sus ecosistemas con el resto de la península de Yucatán.

ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA LAGUNA DE TÉRMINOS

Esta ANP tiene singulares oportunidades y retos para cumplir con su misión y objetivo de creación. Por un lado, comprende a la mayor laguna costera de México, que por su dimensión comprende cinco subsistemas ecológicos. Cuenta con lagunas interiores tanto dulceacuícolas hasta marinas, que establecen un importante hábitat para la crianza, el crecimiento y la alimentación del camarón, pez bagre y los delfines, los cuales representan un recurso de importancia pesquera en el Golfo de México.

En el extremo continental, tanto en Atasta como en Palizada, se presentan los mangles más vigorosos y de mayor altura del Golfo de México y del Caribe. En contraste, en la isla de barrera (Isla del Carmen) habita la mayor población humana reportada para una isla mexicana (150 000 habitantes, según INEGI, 2005); y en su zona de influencia se localizan las oficinas y servicios asociados de Petróleos Mexicanos (se extrae el 71% de petróleo nacional y el 31% de gas natural) (Fuente: BDI. PEP, 2007).

La actividad de PEMEX en la eco-región Pantanos de Centla-Laguna de Términos, iniciada, para su zona marina, en 1973, posterior al hallazgo de las chapapoterías de Cantarel en 1971, ha aumentado la man-

cha urbana en la isla del Carmen y la alteración del manejo de suelo y vegetación de la eco-región de la Isla y de la península de Atasta (porciones de territorio involucrados en el APPF Laguna de Términos debido al establecimiento de la planta de recompresión de Atasta, la planta de producción de nitrógeno cercana a la Laguna de Pom, y la exploración del Pozo “El Riverero”, alteró). Referente al nivel de ecosistemas acuáticos, el mayor impacto se dio en 1979-1980 con el derrame de Pozo Ixtoc, cuyo descontrol duró 11 meses y se derramaron 3 100 000 barriles de petróleo, quedando sin control 1 023 000 barriles de petróleo (Seoáñez Calvo, 2000). Por otro lado, PEMEX también ha compensado sus agravios mediante el financiamiento de estudios significativos de impacto ambiental, programas de monitoreo tanto en península de Atasta como en la laguna de Términos, estudios de flora y fauna en sus áreas de sus proyectos, ha financiado plantas de tratamiento de aguas para ciudad del Carmen y apoyo a la actualización del Programa de Conservación y Manejo del APPF Laguna de Términos. En este tenor, cabe mencionar que la CFE, al realizar sus obras de ampliación y modernización del tendido eléctrico en el estado de Campeche, ha cumplido con estudios de rescate de flora y fauna y de reforestación de manglar como el proyecto que apoyan a la Dra. Agraz del Centro EPOMEX-UAC, en el litoral interno de isla del Carmen.

Las principales problemáticas dentro de la Laguna de Términos son: la tala ilegal, la sustentabilidad de los manglares, la extracción indiscriminada y permanente de arena, tanto en sus zonas continentales como en la misma isla, la pesca ilegal de camarón con redes de arrastre dentro de la Laguna y sus sistemas fluviolagunares asociados, la sobrepoblación en la isla del Carmen y la erosión de sus playas, así como la alta vulnerabilidad de toda la porción insular y continental ante los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes, tormentas, mareas de tormenta y lluvias torrenciales). Otra amenaza es la proliferación de especies exóticas, tales como tilapia y pez

diablo o plecostomo en el río Palizada como consecuencia de los cultivos e impactos por los eventos hidrometeorológicos. En Isla Aguada los asentamientos irregulares, en la zona de mayor vulnerabilidad y erosión costera, son otros factores que generan presión sobre las áreas de conservación y protección.

A pesar de los esfuerzos en las otras zonas, La Reserva de la Biosfera de los Petenes presenta un mayor acercamiento a la definición de una ANP verdadera, debido al elevado estado de conservación de sus ecosistemas, los recursos naturales presentes dentro de ellos, la ausencia de asentamientos humanos y el adecuado aprovechamiento de sus recursos como el agua, la madera y la cacería de autosubsistencia. Sin embargo, sí hay factores que amenazan los petenes como son: los incendios forestales, la pesca de pulpo con artes prohibidas (buceo y arpón) y la desviación de sus manantiales para usos antrópicos.



Foto: María Andrade, PRONATURA-EY

REFERENCIAS

- Arriaga Cabrera, L., E. Vázquez Domínguez, J. González Cano, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, y V. Aguilar Sierra (coordinadores), 1998. Regiones Marinas Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores), 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Arriaga, L., V. Aguilar, y J. Alcocer, 2002. Aguas Continentales y Diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- BDI-PEP, 2007. Base de Datos Pemex Exploración y Producción: www.pemex.com
- CONABIO, 1997, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS). Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX)/BirdLife International/Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA).
- Correa Sandoval J., 1992. Status of aquatic birds in the coastal wetlands of the Yucatan Peninsula. Master Thesis. University of Newcastle upon Tyne, 110 p
- Correa Sandoval J. y S. Luthin, 1988. Propuesta para la protección de la cigüeña jabirú en el sureste de México. p. 607-615. En: INIREB-Gobierno del Estado de Tabasco (eds.) Ecología y conservación del Delta y los Ríos Usumacinta y Grijalva Memorias. Villahermosa Tabasco, 714 p.
- Hartasánchez, I., 1992. Aspectos ecológicos de los humedales alrededor de Laguna de Términos con énfasis en especies Ciconiformes. Delta Usumacinta-Grijalva, Campeche México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Costa Rica, 190 p.
- Hidalgo Mihart, M.G. y F. M. Contreras Moreno, 2010. Estudio para el Monitoreo de las Poblaciones de jaguar en la región de Palizada-Carmen, Campeche. Proyecto PROCODES-SEMARNAT 2009, APFF Laguna de Términos. 36 p.
- INEGI, 2005. Censo General de Población y Vivienda 2005. <http://www.inegi.gob.mx>

Sitios prioritarios para la conservación

*Jorge A. Benítez Torres
y Guillermo J. Villalobos-Zapata*

INTRODUCCIÓN

La destrucción y fragmentación del hábitat es la mayor amenaza de las especies terrestres y acuícolas, por ello, el establecimiento de áreas naturales protegidas ha demostrado ser una herramienta efectiva para la conservación de la biodiversidad (Bruner *et al.*, 2001). Según los datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Langhammer *et al.*, 2007), alrededor de un 12% de la superficie terrestre está bajo algún tipo de protección. De acuerdo con el análisis de esta organización, aunque el grado de efectividad de los programas de conservación y manejo de cada área protegida varía entre sí, se ha logrado detener la tendencia del deterioro dentro de estas áreas salvaguardando la biodiversidad que contienen.

México cuenta actualmente con el 13% de su superficie declarada como Áreas Naturales Protegidas (ANP) y el objetivo nacional es incrementar dicha extensión en los próximos 10 años, según los compromisos adquiridos en el marco de la Conferencia de Naciones Unidas sobre la Biodiversidad, celebrada en Nagoya, Japón (SEMARNAT/CONANP, 2010). Este porcentaje de ANP es aún mayor en los estados del sur y sureste del país (Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo), donde en conjunto cubren aproximadamente el 20% de esta región (Vales *et al.*, 2000) y es excepcionalmente alto en el estado de Campeche donde el 40% de su territorio tiene algún estatus de protección. Esto coloca al sureste de México y particularmente al estado de Campeche en índices porcentuales de protección, similares a lo reportado para países como Estados Unidos y Australia (UNEP-WCMC, 2008).

Aunque la proporción de ANP a nivel nacional de la región sureste y del estado de Campeche exceden el 10% recomendado por la UICN, la protección de la biodiversidad está lejos de ser completa y aún hay importantes vacíos y omisiones en su cobertura (Langhammer, 2007; CONABIO *et al.*, 2007). La presente contribución sugiere nuevas áreas,

zonas de recarga hídrica y corredores de protección que consolidarán el sistema de ANP de Campeche, lo cual tendrá no solo un impacto significativo en la conservación de la biodiversidad nacional, sino que protegerá importantes servicios ambientales derivados de los ecosistemas presentes en estas ANP y sus corredores biológicos.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN CAMPECHE

La red de ANP del estado de Campeche es una de las más extensas del país, con alrededor de 2.2 millones de hectáreas, de las cuales ~30% son de superficie terrestre y ~10% de superficie marino-estuarina. De éstas, tres son de carácter federal (cubriendo el 30.7% de la superficie estatal), dos estatal (9%) y dos municipal (0.3%). De acuerdo con INEGI-CONABIO-INE (2008), estas ANP dan protección a dos eco-regiones principales: a) selvas cálido-húmedas, representadas por los humedales de la laguna de Términos y por las selvas altas y medianas subperenifolias de la región de Calakmul y b) selvas cálido-secas, representadas por la selva mediana subcaducifolia y humedales de la región de los Petenes.

Una de las grandes fortalezas de las ANP en Campeche, ha sido el mantenimiento razonable de su integridad ecológica, lo cual se ha logrado en gran medida por la baja productividad que tienen estas áreas para las actividades agropecuarias. Para el caso de las selvas de la región de Calakmul, tanto la topografía accidentada, como la carencia de agua de buena calidad, no ha permitido la colonización espontánea de nuevos pobladores (Galindo-Leal, 1999; Benítez *et al.*, en prensa) y estos han estado a expensas de obras hidráulicas por parte del gobierno para poder establecerse (Arreola *et al.*, 2004; Chowdhury, 2006; Benítez, 2010). Para el caso de los humedales de Términos y los Petenes, además de su difícil acceso y escasa vialidad

para las actividades agropecuarias, la aplicación del artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre y las NOM-059-SEMARNAT-2010 y NOM-022-SEMARNAT-2003, han contribuido al mantenimiento de estas áreas con un buen grado de conservación, aunque los impactos de cambio de usos de suelo, incendios y tala aún persistan.

No obstante el aceptable grado de conservación de las ANP de Campeche, una de las debilidades más relevantes de estas áreas es la deficiencia en su vigilancia, lo cual ha propiciado impactos tales como: cambio de uso de suelo, tala, extracción ilegal de recursos forestales y la caza furtiva. Aunque estas actividades son de menor impacto que las actividades agropecuarias, también ejercen una presión importante sobre las poblaciones explotadas (*e.g.* mangle, guayacán, pavo ocelado, felinos mayores). Aunado a lo anterior, dichas actividades inducen un proceso de colonización temporal, el cual puede adquirir un carácter permanente debido a que los recursos tecnológicos para incorporar estas tierras a las actividades económicas tradicionales son cada vez más accesibles.

Otra debilidad que comparten las ANP de Campeche es el estar rodeadas de actividades agropecuarias extensivas y de poblaciones humanas con un desarrollo urbano desordenado. Estos procesos de colonización y transformación de tierras han eliminado el 20% de la cubierta forestal del Estado y fragmentado otro 40% (figura 1), con tasas de deforestación de entre 2.2% y 5.3% (Benítez *et al.*, 1992; Benítez *et al.*, 1993; Mas y Puig, 2001; Benítez *et al.*, 2005a y b; Couturier *et al.*, 2009a y b; Porter-Bolland *et al.*, 2007). Todos estos estudios han encontrado a las actividades agropecuarias y el desarrollo urbano como la causa principal de cambio de uso del suelo.

De acuerdo con las experiencias de manejo en otras latitudes (Daugerty, 2005), se sugieren tres acciones para reducir las debilidades de las ANP de Campeche: a) el establecimiento de corredores biológicos para conectar dichas áreas, b) ampliar algunas de estas reservas hacia

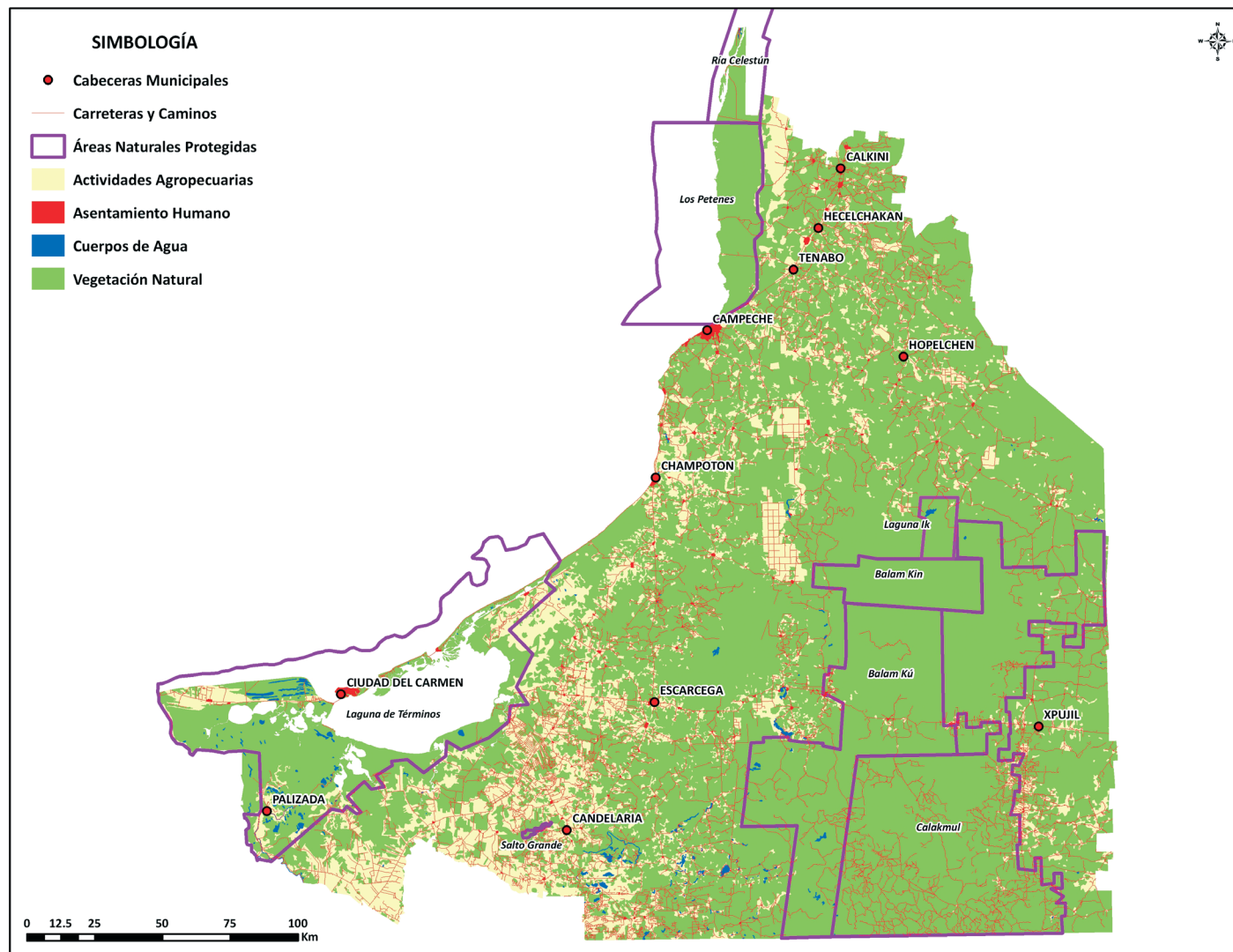


Figura 1. Fragmentación del hábitat alrededor del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del estado de Campeche.

sus límites naturales con la finalidad de incluir hábitats no protegidos actualmente y c) agregar áreas que además de proteger la biodiversidad cumplan con servicios ambientales prioritarios para el Estado y garanticen la movilidad de la fauna.

PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO Y CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA DE ÁREAS PROTEGIDAS DE CAMPECHE

Se proponen tres tipos de proyectos integrales para articular y fortalecer el sistema de ANP existentes en el estado de Campeche: a) el *Corredor Biológico del Río Candelaria*, que conectará funcionalmente a dos de las regiones protegidas más importantes del país, b) el *Sistema de Parques Mocú-Guayacán*, que ampliará y reforzará las ANP de la región de Calakmul y, c) *Parques Ecohídricos*, que garantizarán la conservación y mantenimiento de la calidad del agua del 65% de la población del estado de Campeche (figura 2). Los límites geográficos de estos proyectos son una primera aproximación y su delimitación final requerirá de estudios con mayor detalle. Estos tres grandes proyectos se describen a continuación.

Corredor Biológico del Río Candelaria

El uso de corredores biológicos es un método de conservación bien establecido que asegura la conectividad entre áreas protegidas, ya sea dentro de un mismo país, como a través de fronteras internacionales. Ejemplos de ellos son el Corredor Biológico Mesoamericano (<http://www.cbmm.gob.mx>), la Iniciativa del Corredor del Jaguar (http://www.panthera.org/jaguar_corridor.html) y el Proyecto de Corredor Verde en Vietnam (<http://www.huegreencorridor.org/>). Estos proyectos cobran especial importancia porque se ha encontrado que la simple definición de áreas protegidas aisladas no ha sido suficiente para la conservación de la biodiversidad y además la biota requiere rutas

de movilidad, particularmente en áreas tropicales donde se localiza la mayor biodiversidad mundial (Daugherty, 2005).

No obstante las bondades probadas de los corredores biológicos, hasta el momento, la literatura reporta pocos casos de conservación exitosos utilizando a los ríos como ejes de tales corredores. De acuerdo con Ward *et al.* (2002), la conectividad es crucial para mantener los procesos funcionales de un corredor biológico ripario. Una vez restablecidos estos procesos, el río por sí solo se vuelve un agente de restauración. En este sentido, el Corredor Biológico del Río Candelaria se propone para articular la conexión y la transferencia de materia y energía entre dos de las regiones protegidas más importantes del país: a) la región de selvas del sur del estado de Campeche, que incluye la Reserva de la Biosfera Calakmul, y las ANP estatales Balam kú y Balam kin, y b) la eco-región de humedales costeros constituida por las ANP de Laguna de Términos y Pantanos de Centla (esta última en Tabasco).

La cuenca alta del río Candelaria se ubica en las ANP de la región de Calakmul (Balam kú, Calakmul y Selva Maya) y su corriente desemboca en el sistema de reservas de la Biosfera de Términos y Centla. Tanto la biodiversidad de la cuenca alta como la de los humedales asociados a la cuenca baja han sido reportados ampliamente en la literatura (Lot y Novelo, 1988; Ogden *et al.*, 1988; Brazda, 1998; Arriaga *et al.*, 2000; Lee, 2000; Salgado-Ortiz *et al.*, 2001; Díaz-Gallegos *et al.*, 2002; Martínez y Galindo, 2002; Lot, 2004; Vargas-Contreras, 2004 y 2005; Maya-Martínez, 2005; Córdova 2007).

La parte media del río Candelaria, actualmente sin protección, presenta importantes áreas de humedales dulceacuícolas y selvas bajas en buen estado de conservación, para las cuales se han reportado por lo menos un tercio de las especies presentes tanto en la región de Calakmul, como en la eco-región Términos-Centla (Benítez *et al.*, 2009 y 2010). Este porcentaje es aún mayor para el grupo de las aves migratorias (G. Escalona, com. personal). En esta región se tienen regis-

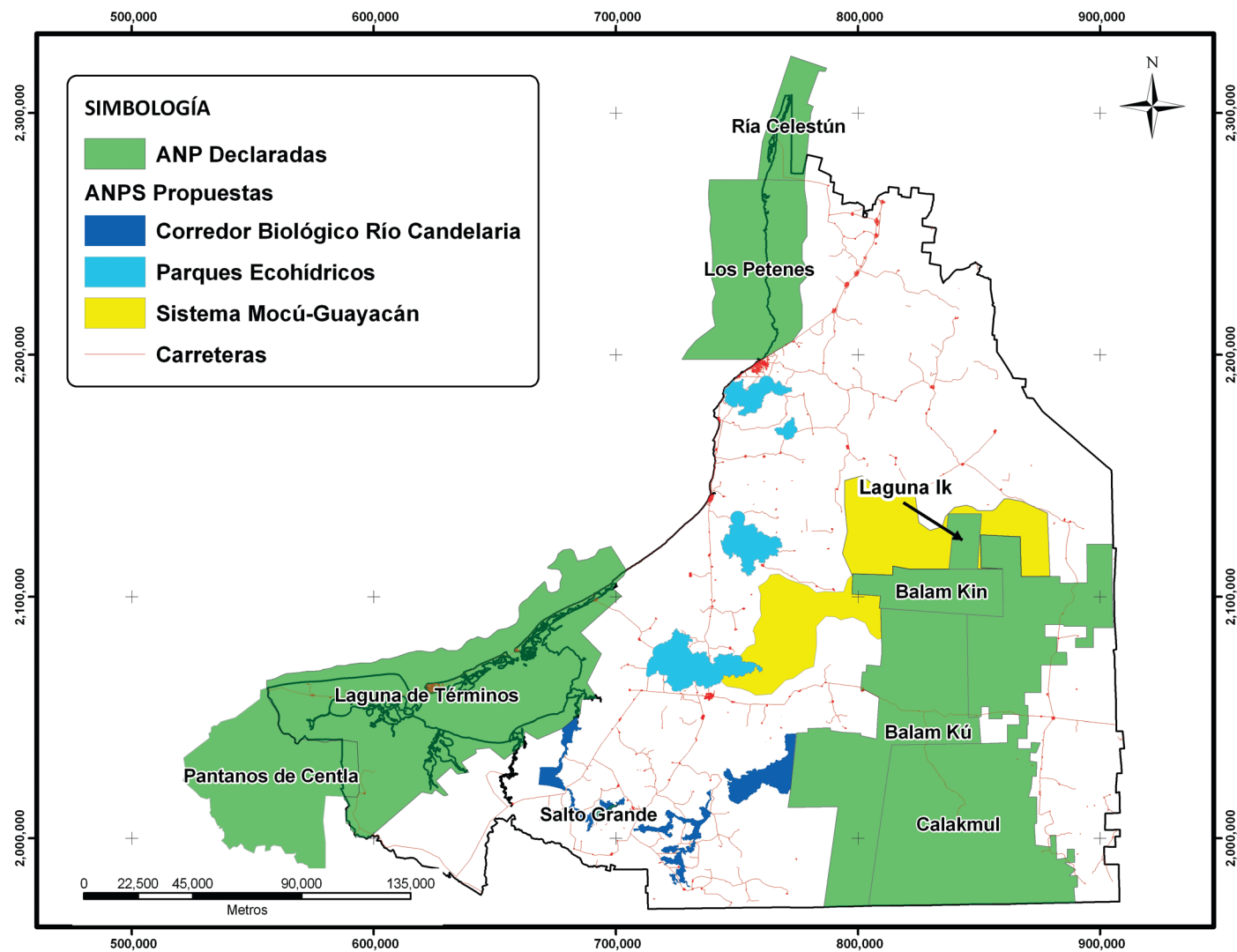


Figura 2. Áreas Naturales Protegidas declaradas y propuestas del estado de Campeche
Se considera a Pantanos de Centla (Tabasco) por formar parte de una eco-región fundamental con los humedales de laguna de Términos.

tros de especies amenazadas o en peligro de extinción como la nutria (*Lontra longicaudis*), el jabirú (*Jabiru mycteria*), el jaguar (*Panthera onca*), el tapir (*Tapirus bairdii*), el mono saraguato (*Alouatta pigra*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el manatí (*Trichechus manatus*) y el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). La alta biodiversidad de esta región es más evidente en las áreas donde coinciden fuentes de agua permanente y vegetación en buen estado de conservación (Benítez, 2010).

Dentro de la cuenca del río Candelaria, las actividades humanas han eliminado el 20% de la vegetación natural y 35% se encuentra en diferentes grados de perturbación; si no se toman medidas correctivas, los procesos de deforestación eliminarán en la próxima década un 15% más de la vegetación natural (Benítez, 2010). Uno de los servicios ambientales más afectados por esta deforestación en la cuenca del río Candelaria es la cantidad y calidad del agua que drena hacia laguna

de Términos (Amábilis y Benítez, 2005; Benítez *et al.*, 2005b; Sanvicente *et al.*, 2005), con lo cual se compromete tanto la biodiversidad como las pesquerías de este cuerpo lagunar costero (Benítez, 2010).

Con la finalidad de cambiar las tendencias de deterioro de la cuenca, se propone una serie de áreas protegidas de diferente administración y manejo (figura 3), que en su conjunto aumenten la conectividad del río como corredor biológico. Estas áreas, con una superficie total de 717.2 km², han sido seleccionadas por el grado de conservación de la vegetación y de su función dentro de la hidrología de la cuenca. Para ello se utilizó la base de datos del Sistema de Información Geográfica del Río Candelaria (SIGCAN), integrada por el Centro EPOMEX de la Universidad Autónoma de Campeche. Las fichas técnicas de estas áreas, que se proponen sean consideradas por las autoridades federales y estatales, se describen a continuación:



Foto: Jorge A. Benítez, Centro EPOMEX-UAC.

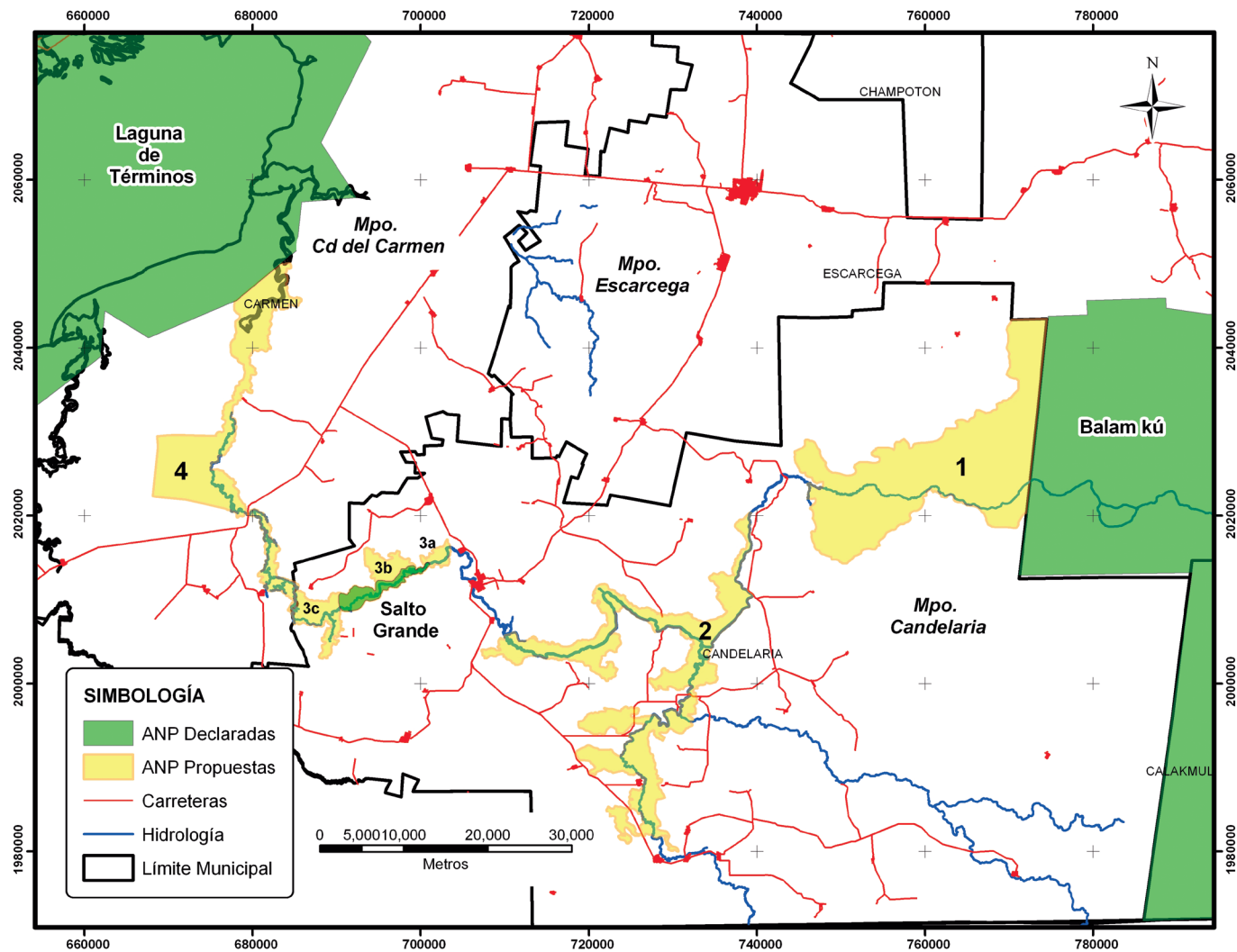


Figura 3. Áreas Naturales Protegidas del corredor biológico del río Candelaria: 1) Zona Sujeta a Conservación Ecológica *Pek'il ja*, 2) Parque Nacional Bajos de Itzamkanac, 3a,b y c) incorporación de áreas al Parque Municipal Salto Grande, 4) Parque Municipal Tabche.

ANP propuesta: Zona Sujeta a Conservación Ecológica Pek'il ja

Superficie: 207 km².

Nivel de protección sugerido: estatal.

Principales características: localizada a lo largo del río Caribe, da continuidad a la flora y fauna del grupo de ANP constituidas por Balam Kú, Balam Kin y Calakmul (figura 4). Es una zona con un alto grado de conservación donde se vinculan áreas de vegetación y fuentes de agua. Presenta gran potencial ecoturístico. Su nombre maya (*Pek'il ja*) significa perro de agua (*Lontra longicaudis*), la cual es una especie en peligro de extinción y es un indicador biológico de hábitats en buen estado de conservación. El individuo de la fotografía inserta en la figura 4 fue observado en el río Caribe y es el primer registro que se tiene de *L. longicaudis* para el estado de Campeche, después de 12 años. El área que cubre esta propuesta de ANP se encuentra incluida en los vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre detectados por CONABIO *et al.* (2007).

Principales amenazas: colonización y expansión de la frontera agropecuaria.

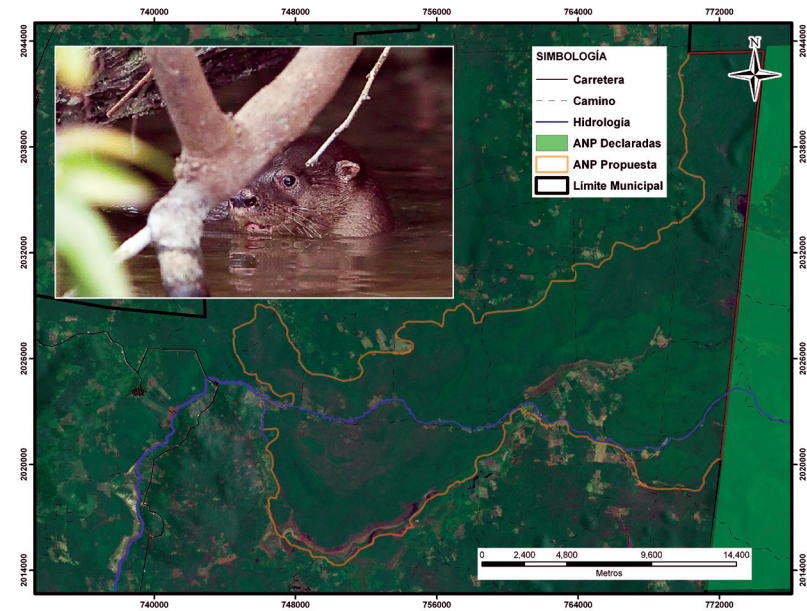


Figura 4. Zona Sujeta a Conservación Ecológica Pek'il ha.



Foto: Jorge A. Benítez, Centro EPOMEX-UAC.

ANP propuesta: Parque Nacional Bajos de Itzamkanac

Superficie: 321 km².

Nivel de protección sugerido: federal.

Principales características: son los humedales dulceacuícolas de mayor extensión en el estado, tiene manantiales que representan importantes áreas de refugio y alimentación para aves, por lo cual es un importante atractivo escénico y ecoturístico (figura 5). Desde el punto de vista hidrológico, estas áreas son las llanuras de inundación de mayor importancia del río Candelaria, las cuales cumplen la función de regular las avenidas excepcionales, mitigando las inundaciones río abajo (CONAGUA, 1992; Benítez, 2010). Dentro de estas áreas se localizan vestigios de terrazas y campos elevados prehispánicos donde los mayas realizaban agricultura de humedad (Siemens y Puleston, 1972; Siemens *et al.*, 2002). Se encuentra vinculado a dos importantes sitios arqueológicos: El Tigre (*Itzamkanac*) y Cerro de los Muertos.

Principales amenazas: incendios intencionales, cacería furtiva.

ANP propuesta: incorporación de Áreas al Parque Salto Grande

Superficie: 43 km².

Nivel de protección sugerido: municipal (Candelaria).

Principales características: el Parque Urbano Municipal Salto Grande se localiza en la porción media del río Candelaria y fue decretado como ANP municipal en 1995 (, 2009). Dentro de su Programa de Manejo, aprobado por cabildo en el 2009, se tiene contemplada la incorporación de nuevas áreas de conservación (figura 6). El parque en general y las nuevas áreas propuestas en este capítulo, son de gran importancia para plantas y aves acuáticas, así como para tropas de mono araña (*Ateles geoffroyi*) y mono aullador (*Alouatta pigra*). La zona presenta un alto valor recreacional, ecoturístico e histórico.

Principales amenazas: incendios intencionales, actividades turísticas desordenadas.

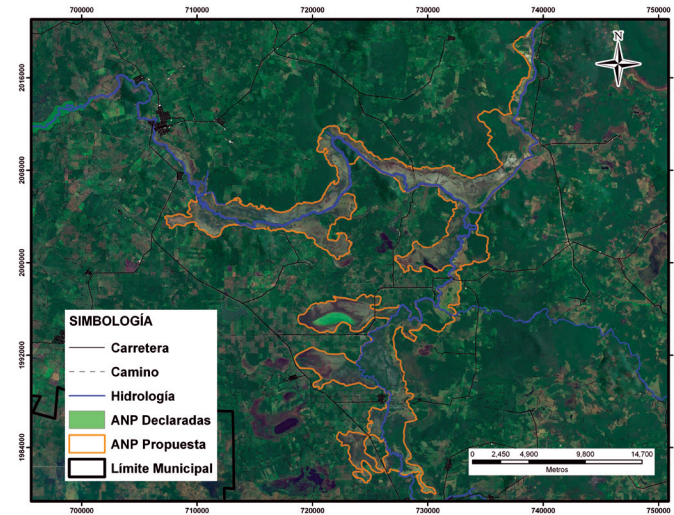


Figura 5. Parque Nacional Bajos de Itzamkanac.

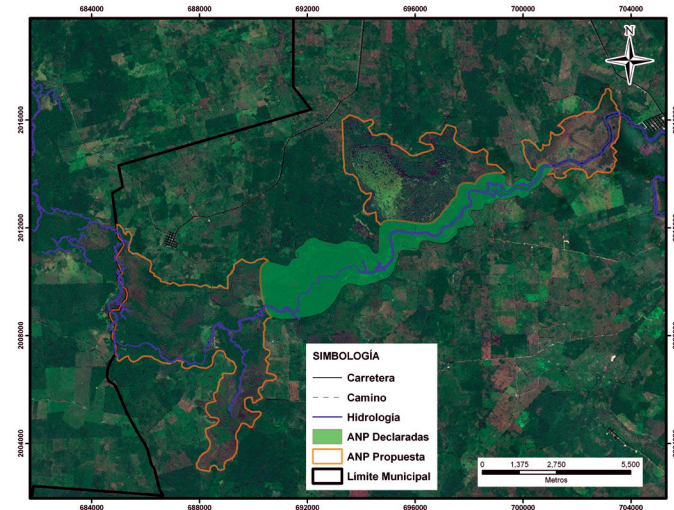


Figura 6. Incorporación de Áreas al Parque Salto Grande.

ANP propuesta: *Parque Municipal Tabché*

Superficie: 145 km².

Nivel de protección sugerido: municipal (Carmen).

Principales características: es la zona de transición entre ecosistemas dulceacuícolas riparios y estuarinos lagunares. Presenta una comunidad de mangle bien estructurada, asociada a selvas medianas y bajas en procesos de recuperación. También posee un gran potencial para actividades de turismo de naturaleza y es el hábitat de especies en peligro de extinción como el jabirú (*Jabiru mycteria*), el jaguar (*Panthera onca*), el saraguato (*Alouatta pigra*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*) y el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*).

Principales amenazas: ampliación de la frontera agrícola. Explotación forestal y cacería furtiva.

El total de las ANP propuestas en el corredor biológico de Candelaria, cubren menos del 1.3% de la superficie del estado y representan menos del 0.04% del territorio nacional. Sin embargo, el proteger estas áreas traerá enormes beneficios a favor de la biodiversidad, especialmente para el Corredor Biológico Mesoamericano. La combinación de ANP con actividades económicas sustentables como el Programa de Conservación y Turismo de Naturaleza realizado actualmente por el municipio de Candelaria, junto con programas federales de reforestación, pago de servicios ambientales y ordenamientos ejidales, pueden ayudar a la consolidación de este corredor biológico (Benítez, 2010).

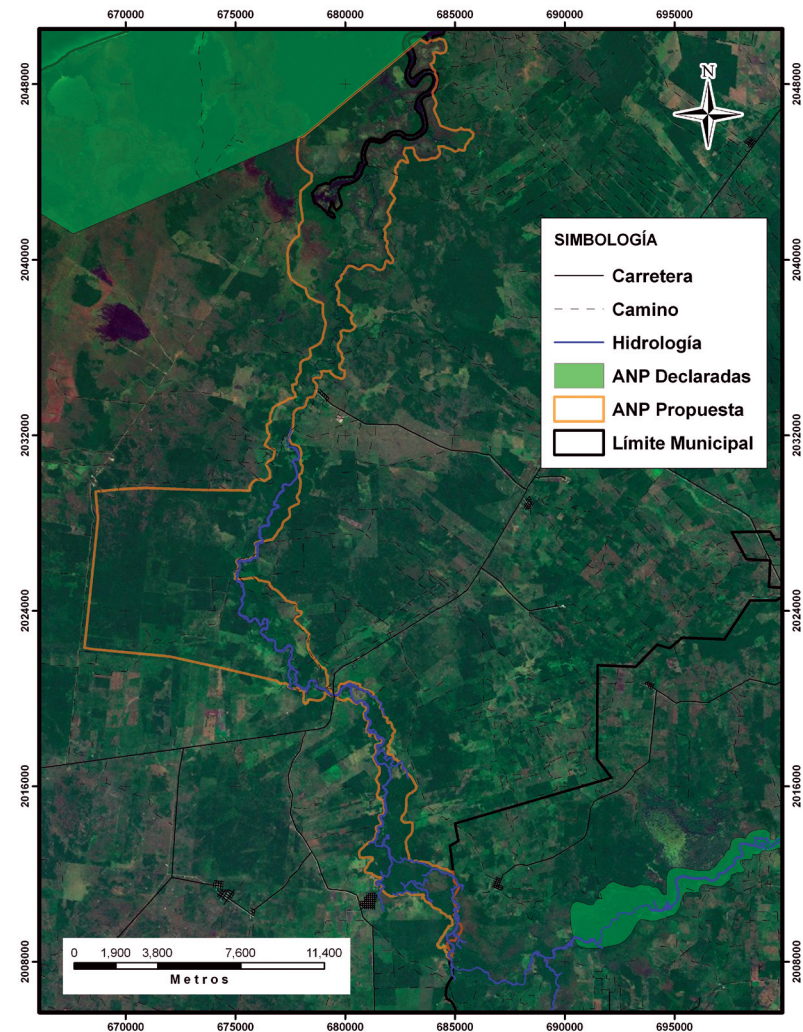


Figura 7. Parque Municipal Tabché

Sistema de Parques Ecológicos Mocú y Guayacán

Las áreas propuestas como Parques Ecológicos Mocú y Guayacán tienen como objetivo el incluir ecosistemas no representados actualmente en el sistema de reservas de la región de Calakmul (Calakmul, Balam Kú y Balam Kin). Ambas áreas presentan grandes extensiones de selva donde se ha reportado el 80% de la flora peninsular, cerca de 100 especies de mamíferos, 282 especies de aves, 50 especies de reptiles, cerca de 400 especies de mariposas y una gran variedad de insectos (Galindo-Leal, 1999; Lee, 2000; Salgado-Ortíz *et al.*, 2001; Díaz-Gallegos *et al.*, 2002; Martínez y Galindo, 2002; Maya-Martínez, 2005; Vargas-Contreras, 2004 y 2005). La justificación de la declaratoria de estas áreas está ampliamente descrita en los planes de manejo de Balam Kú y Balam Kin (Secretaría de Ecología, 2009a y b). Las fichas técnicas de las áreas propuestas se describen a continuación:

ANP propuesta: Zona Sujeta a Conservación Mocú

Superficie: 1 467 km².

Nivel de protección sugerido: estatal.

Principales características: áreas de selva mediana en muy buen estado de conservación, asociadas a lomeríos y cuerpos de agua permanentes. De acuerdo con los registros ornitológicos (Escalona-Segura, com. personal), *Mocú* es de gran importancia para la biodiversidad porque es el único lugar donde se ha registrado el águila blanca *Leucoptermis albicollis* y en esta área se encuentra una de las mayores poblaciones de pato real (*Cairina moschata*) y de otros anátidos.

Principales amenazas: Expansión de la frontera agrícola, explotación forestal ilegal y cacería furtiva.

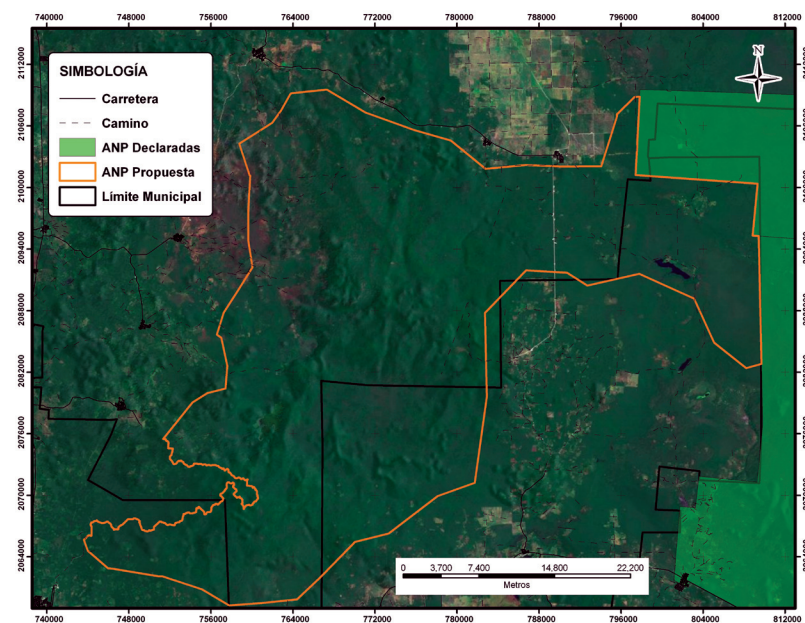


Figura 8. Zona Sujeta a Conservación Mocú.

ANP propuesta: Zona Sujeta a Conservación Guayacán

Superficie: 1 875 km².

Nivel de protección sugerido: estatal.

Principales características: áreas de selva mediana en buen estado de conservación, con importantes poblaciones de Guayacán. Se encuentra asociada al área protegida de carácter municipal Jardín de Regeneración y Recuperación de Especies Laguna Ik.

Principales amenazas: explotación forestal no sustentable, ampliación de la frontera agrícola y cacería furtiva.

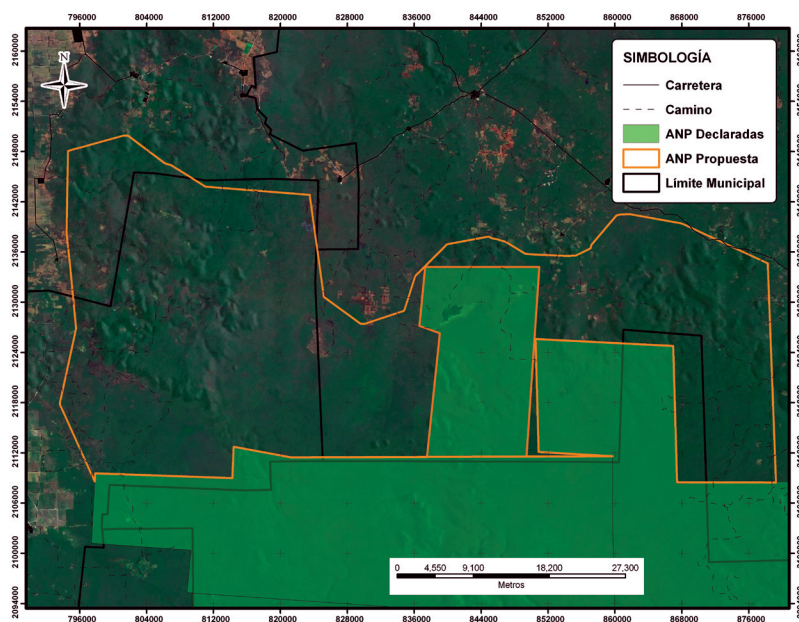


Figura 9. Zona Sujeta a Conservación Guayacán.

Parques Ecohídricos

Al igual que la mayoría de las poblaciones en la península de Yucatán, las comunidades del estado de Campeche dependen principalmente del agua subterránea como fuente de abastecimiento (CONAGUA, 2008). Dado que el consumo es mínimo comparado con la recarga anual del acuífero (74 712 millones m³ año⁻¹; Villasuso y Mendez, 2000), se considera que el abastecimiento de este líquido no es un problema pero si lo es el mantenimiento de su calidad. Debido a la naturaleza kárstica de la región, la poca profundidad del manto freático, los altos valores de precipitación y la alta conductividad hidráulica del suelo, las fuentes de abastecimiento de agua presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación (Escolero *et al.*, 2000, 2002 y 2007). Esta situación es particularmente cierta para el estado de Campeche, donde existe un deficiente manejo y tratamiento de las aguas municipales y los residuos sólidos, escasa cobertura de los sistemas de drenaje y altas tasas de deforestación por actividades agropecuarias (Benítez *et al.*, en prensa).

Las áreas de influencia de las fuentes de abastecimiento del estado de Campeche cubren cerca de 120 000 ha de superficie. De acuerdo con Benítez *et al.* (en prensa), las actividades humanas dentro de estas áreas ocupan actualmente entre 18 y 35% de su superficie. De acuerdo con el análisis de las tendencias de uso del suelo esta proporción puede crecer hasta en un 40% para el año 2030 si no se toman las medidas adecuadas. Estos mismos autores señalan que, aunque los niveles de contaminación de las fuentes de abastecimiento se mantienen en general por debajo de la norma oficial mexicana, actualmente existen niveles preocupantes de algunos nutrientes y metales pesados, cuya fuente son los basureros a cielo abierto y el cambio de uso del suelo.

La vegetación natural de las áreas de recarga cumplen una importante función ecológica de regulación hídrica con alto valor económico. Aunado a lo anterior, estas áreas de vegetación son el refugio de flora

y fauna silvestre, lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad. Por lo anteriormente expuesto, se propone el establecimiento de “Parques Ecohídricos” en el área de influencia de los pozos que abastecen las tres principales ciudades del estado: San Francisco de Campeche (230 000 habitantes), Ciudad del Carmen (195 000 habitantes) y Champotón (75 000 habitantes) (INEGI, 2005). Con estos parques se pretende aumentar el acervo de diversidad biológica del Estado, incrementar la conectividad del hábitat que garantiza la movilidad de la fauna y mantener la calidad del agua del 65% de la población estatal. Las fichas técnicas de las áreas propuestas se describe a continuación:

ANP propuesta: Parque Ecohídrico Chiná-Uayamon

Superficie: 25 km².

Nivel de protección sugerido: federal (CONAGUA).

Principales características: presenta extensiones de selva mediana y baja en buen estado de preservación, asociada a lomeríos y valles kársticos. Se divide en dos áreas: el área de recarga de la galería filtrante de Chiná, que actualmente abastece a la ciudad de Campeche y el área de Uayamón que se tiene para explotación futura del mismo centro de población.

Principales amenazas: con base en el número de habitantes que se registra dentro de estas áreas, se estima que cerca de 823 toneladas por año de desechos sólidos son vertidos sin ningún control (Benítez *et al.*, en prensa). Existe fuerte presión por crecimiento urbano y ampliación de la frontera agrícola.

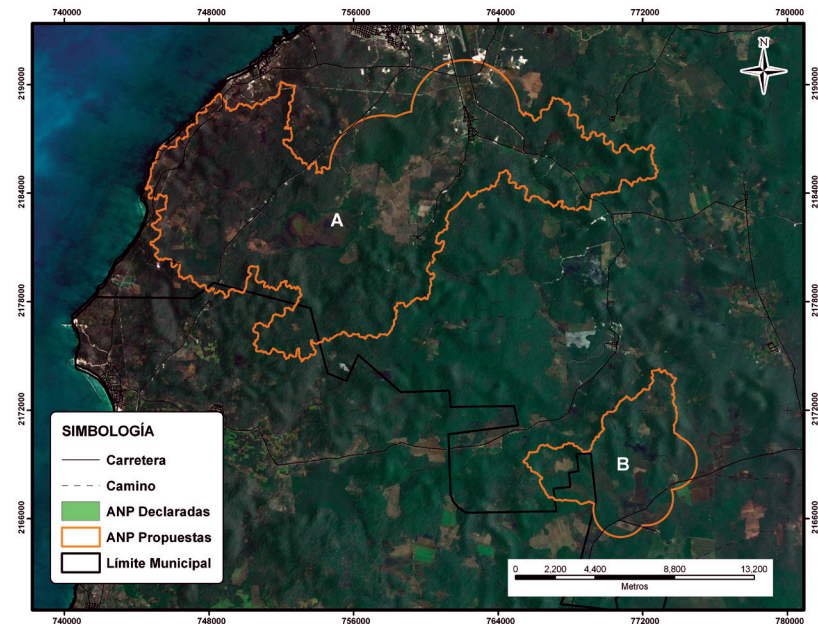


Figura 10. Parque Ecohídrico para la fuente de abastecimiento de agua de la ciudad de Campeche, Campeche. A) Chiná, B) Uayamon.

ANP propuesta: Parque Ecohídrico Chicbul

Superficie: 56.6 km².

Nivel de protección sugerido: federal (CONAGUA).

Principales características: presenta extensiones de selva mediana y baja en buen estado de preservación, se encuentra asociada a los humedales que rodean a la laguna de Términos y a la ANP propuesta de Mocú. Esta zona abastece de agua a ciudad del Carmen a través de un acueducto de aproximadamente 100 km, el cual tuvo un costo cercano a 1 000 millones de pesos (CONAGUA, com. personal).

Principales amenazas: con base en el número de habitantes que se registra dentro de estas áreas, se estima que cerca de 719 toneladas por año de desechos sólidos son vertidos sin ningún control (Benítez *et al.*, en prensa). Existe fuerte presión de cambio de uso del suelo por ampliación de la frontera agrícola.

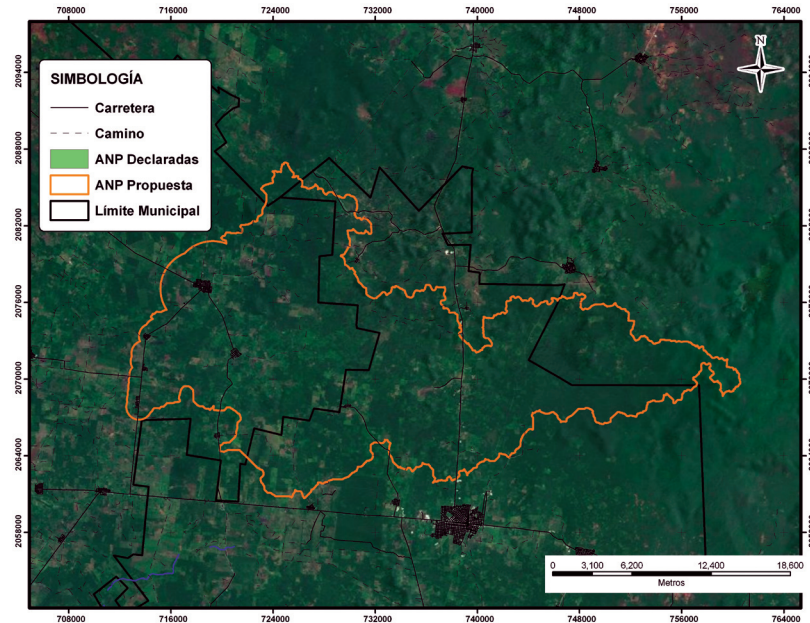


Figura 11. Parque Ecohídrico *Chicbul* para la protección de la fuente de abastecimiento de agua de ciudad del Carmen, Campeche.



ANP propuesta: Parque Ecohídrico Champotón

Superficie: 35 km².

Nivel de protección sugerido: federal (CONAGUA).

Principales características: presenta extensiones de selva mediana y baja en buen estado de preservación, se encuentra asociada a la ANP propuesta de Mocú y los humedales del valle de Edzná.

Principales amenazas: con base en el número de habitantes que se registra dentro de estas áreas, se estima que cerca de 778 toneladas de desechos sólidos son vertidos por año sin ningún control (Benítez *et al.*, en prensa). Existe fuerte presión de cambio de uso del suelo por ampliación de la frontera agrícola.

CONSIDERACIONES FINALES

Las nuevas áreas de conservación propuestas para el estado de Campeche han sido diseñadas para los tres niveles de gobierno y complementan en gran medida los esfuerzos de conservación de las áreas ya declaradas. Por tal motivo, se propone la conformación de un Sistema Estatal de ANP que oriente los planes de manejo de cada área hacia metas más amplias de conservación.

La mayoría de las áreas propuestas son de tenencia de la tierra ejidal y se localizan en suelos poco aptos para actividades agropecuarias. Esta situación las hace viables de declaratoria en la medida que se busque el consenso de los propietarios de la tierra y la sociedad usuaria de los bienes y servicios ambientales provenientes de estas zonas.

Estas nuevas iniciativas de conservación solo pueden tener éxito a largo plazo mediante el respaldo de los propietarios privados y comunales que rodean las ANP decretadas. En este sentido, incentivar prácticas sustentables como el turismo de naturaleza, la apicultura, las plantaciones forestales y el aprovechamiento de productos no ma-

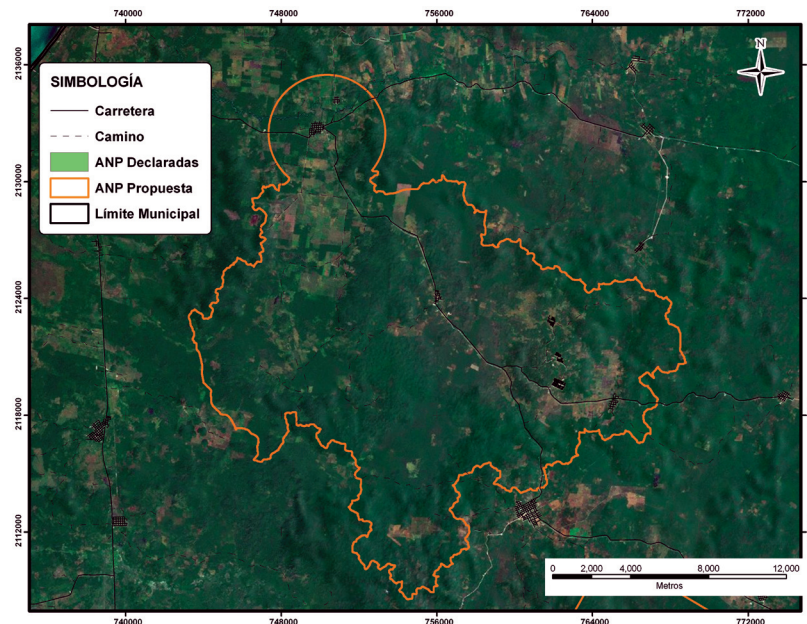


Figura 12. Parque Ecohídrico Champotón.

derables, son claves para minimizar la presión de cambio de uso de suelo. Aunado a lo anterior, la declaratoria voluntaria de áreas protegidas (ejidales y/o privadas) y Unidades de Manejo Ambiental (UMA) eficientes alrededor de las ANP puede ser de gran relevancia para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en el estado de Campeche; sobre todo aquellas que conectan otras áreas protegidas (figura 13). Encontrar mecanismos de apoyo económico para la declaratoria de estas iniciativas -ejidales y privadas- es esencial para un sistema de ANP altamente conectado y eficiente

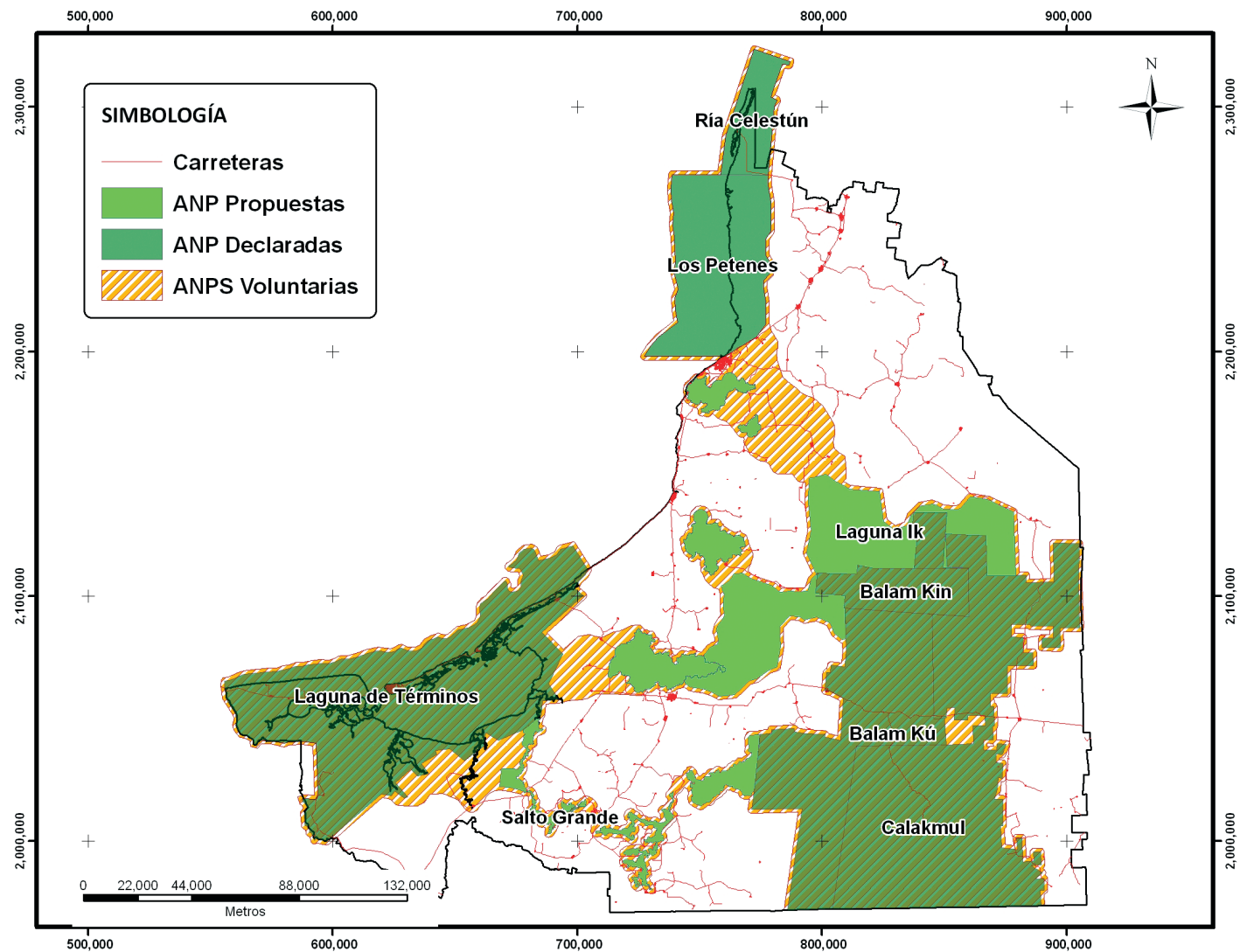


Figura 13. Áreas Naturales Protegidas declaradas y propuestas para manejo gubernamental y ANP voluntarias para manejo privado o comunal.

REFERENCIAS

- Amábilis S.L. E., y J.A. Benítez, 2005. Patrones Espaciales y Estacionales de la Calidad de Agua y su Relación con la Cobertura Vegetal. *Jaina volumen especial*:14-15.
- Arreola A., R. Delgadillo, A. López y G. García-Gil, 2004. Diagnóstico de la situación del desarrollo en el municipio Calakmul, Campeche. Proyecto Prosureste. GTZ/CONANP. 107 p.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores), 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Benítez J.A., D. Zárate-Lomeli, y I. Márquez, 1992. Avances en la evaluación ambiental de la planicie costera asociada a la Laguna de Términos, Campeche. *Jaina*, 3 (2):24.
- Benítez J.A., D. Zárate-Lomeli, J.L. Rojas, y A. Yáñez-Arancibia, 1993. Expansión urbana y deterioro ambiental en la región de la laguna de Términos, Campeche. p. 195-212. En: H. Izazola y S. Lerner (comp.) Población y medio ambiente ¿nuevas interrogantes a viejos problemas? somede, Colegio de México, The Population Council, 432 p.
- Benítez J.A., G. García-Gil, C.I. Acuña-Estrada y C. Castro, 2005a. Estimación de los Cambios en la Cobertura y Biomasa Forestal. *Jaina volumen especial*, 32-33.
- Benítez J.A., H. Sanvicente-Sánchez, J. Lafragua-Contreras, P. Zamora, L.M. Morales-Manilla, J.F. Mas, G. García-Gil, S.A. Couturier, R. Zetina, R. Calan, L. Amabilis, C.I. Acuña y M. Mejenes, 2005b. Reconstrucción histórica de los cambios en la cobertura forestal y su efecto sobre la hidrología y calidad del agua. Memorias del Congreso Internacional del Agua de la frontera México-Guatemala-Belice. 14 y 15 de noviembre de 2003, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Benítez J.A., 2010. Situación Actual de las Cuencas Transfronterizas de los ríos Candelaria y Hondo. p. 203-209 In: H. Cotler. (Coord.). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización. Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. 231 p.
- Benítez J.A., J. Ben-Arie, G. Villalobos, J. Vargas, G. Escalona, S. Farías, E. Chan, H. Reyes, Y. Carrillo-Medina y D. Samarrón, 2010. El Río Candelaria como Corredor Biológico entre las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de Calakmul-Bal ku y Laguna de Términos, México; una iniciativa Municipal y Ejidal con amplia participación ciudadana. III Congreso Mesoamericano de Áreas Protegidas, 8-12 marzo, 2010. Mérida, Yucatán. México.
- Benítez J.A., M. Lara-Flores, V. Acevedo, L. Amábilis, J. Ben-Arie, J. Rendón, J.A. Vidal-Maldonado, B.T. Cen y K. Sonda-Santos, en prensa. An Assessment of Water Quality (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, TP, SO₄, Coliform Bacteria and Heavy Metals) of the Main Water Supplies in the State of Campeche. *Tropical Ecosystems*.
- Brazda R.A., 1988. Winter Waterfowl populations and habitat evaluation aerial surveys East Coast of México. Flyway Biologist, United States Fish and Wildlife
- Bruner, A.G., Gullison, R.E., Rice, R.E. y G.A.B. Fonseca, 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291:125-128.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA-FCF-UANL, 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 128 p.
- CONAGUA, 2008. Boletín hidrometeorológico, Organismo de cuenca península de Yucatán, Dirección Técnica, Jefatura de proyecto de aguas superficiales y meteorología. CONAGUA.

- CONAGUA, 1992. Análisis técnico a los problemas de inundaciones que se presentan en la Cuenca hidrológica del río Candelaria así como, los proyectos hidroagrícolas susceptibles de ejecutarse. Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal Campeche. 23p.
- Córdova A., 2007. Desarrollo de un Índice de Integridad Biológica Avifaunístico para los Humedales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 152 p.
- Couturier, S., J.F., Mas, G. Cuevas, J.A. Benitez, A. Vega-Guzmán, y C. Tapia, 2009a. An accuracy index with positional and thematic fuzzy bounds for land-use/land-cover maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75(7): 243-259.
- Couturier, S., JF Mas, E. López-Granados, J.A. Benitez, V. Corla-Tapia, A. Vega-Guzmán, 2009b. Accuracy Assessment of the Mexican National Forest Inventory Map: a Study in four eco-geographical areas. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 31(2):163-179
- Daugherty, H.E., 2005. Biodiversity conservation and rural sustainability: a case study of the Alexander Skutch Biological Corridor in Southern Costa Rica. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 81:155-161.
- Díaz-Gallegos, J., O. Castillo y G. García-Gil, 2002. Distribución espacial y estructura arbórea de la Selva Baja Subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Investigación y Ciencia*, 18(35):11-28
- EASAC, 2009. Programa de Protección y Manejo del Área Natural Protegida en la categoría de Parque Urbano Municipal "Salto Grande. Aprobado por el cabildo del Municipio de Candelaria. Administración 2006-2009. Ecología Aplicada del Sureste (EASAC). 184 p.
- Escolero, O., Marin, L., Steinich, B., Pacheco, J. 2000. Delimitation of a hydrogeological reserve for a city within a karstic aquifer: the Merida Yucatan. *Landscape and Urban Planning*, 51: 53-62.
- Escolero, O. L. Marin, B. Steinich, J. Pacheco y J. Alcocer, 2002. Development of a protection strategy of Karst limestone Aquifers: The Merida Yucatan, Mexico Case Study. *Water Resources Management*, 16: 351-367
- Escolero, O., L. Marin, E. Dominguez-Mariani y S. Torres-Onofre, 2007. Dynamic of the freshwater-saltwater interface in a karstic aquifer under extraordinary recharge action: the Merida Yucatan case study. *Environmental Geology*, 51: 719-723
- Galindo-Leal, C., 1999. La gran región de Calakmul: Prioridades biológicas de conservación y propuesta de modificación de la Reserva de la Biosfera. Reporte Final a World Wildlife Fund – México, México D.F. 40 p.
- INEGI-CONABIO-INE, 2008. Ecorregiones terrestres de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad- Instituto Nacional de Ecología. Mapa digital
- Langhammer, P., M.I. Bakarr, L.A. Bennun, T.M. Brooks, R.P. Clay, W. Darwall N. De Silva, G.J. Edgar, G. Eken, L.D. Fishpool, G.A. Fonseca, M.N. Foster, D.H. Knox, P. Matiku, E.A. Radford, A.S. Rodriguez, P. Salaman, W. Sechrest, y A.W. Tordoff, 2007. Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for Comprehensive Protected Area Systems. IUCN. 134 p.
- Lee, J. C., 2000. A Field Guide to the amphibians and reptiles of the Maya world: the lowlands of Mexico, Northern Guatemala, and Belize. Cornell University Press. 416 p.
- Lot H, A. y Novelo R, A. 1988. El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. p. 537-547p. En: Ecología y Regional Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. conservación del Delta de los ríos Usumacinta y Grijalva, Memorias. INIREB-División

- Lot, A. 2004. Flora y vegetación de los humedales de agua dulce en la zona costera del Golfo México. p. 521-553. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Ezcurra (comp.), SEMARNAT-INE, Instituto de Ecología, A.C., Harte Research Institute.
- Martínez Salas, E. y C. Galindo Leal, 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 71: 7-32.
- Mas, J.F. y H. Puig, 2001, Modalités de la déforestation dans le Sud-Ouest de l'état du Campeche, Mexique, *Canadian Journal of Forest Research*, 31:1280-1288.
- Maya-Martínez, A., 2005. Las mariposas (Rhopalocera: Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae) de la selva alta subperenifolia de la región de Calakmul, México, con nuevos registros. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(2): 123-143.
- Ogden C.J., E.C. Knoder y A. Sprunt, 1988. Colonial Wading Bird Populations in the Usumacinta Delta, México. Ornithological Research Unit, National Audubon Society.
- Porter-Bolland, E.A. Ellis y H.L. Gholz, 2007. Land use dynamics and landscape history in La Montaña, Campeche, Mexico. *Landscape and Urban Planning*, 82(4):198-207.
- Salgado-Ortíz, J., E. M. Figueroa-Esquivel, y J. Soriano-Vargas, 2001. Avifauna del estado de Campeche: inventario y colección científica de referencia. En: R. I. Márquez (ed). Contribuciones al conocimiento y manejo de los recursos naturales del estado de Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. 148 p.
- Sanvicente-Sánchez H., A.I. Ramírez, I. Orozco y J.A. Benítez, 2005. Modelación hidrológica distribuida en la cuenca del río Candelaria. *Jaina volumen especial*, 14-15.
- Secretaría de Ecología, 2009a. Programa de conservación y manejo de la zona sujeta a conservación ecológica Balam-Kin. Gobierno del Estado de Campeche. 294 p.
- Secretaría de Ecología, 2009b. Programa de conservación y manejo de la zona sujeta a conservación ecológica Balam-Kú. Gobierno del Estado de Campeche. 302 p.
- SEMARNAT/CONANP, 2010. Comunicado de Prensa México, D.F., 9 de diciembre de 2010. http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=716
- Siemens A.H. y D.E. Puleston, 1972. Ridged Fields and Associated Features in Southern Campeche: New Perspectives on the Lowland Maya. *American Antiquity*, 37(2):228-239.
- Siemens A.H., J.A. Soler, R. Hebda y M. Heimo, 2002. Dams on the Candelaria. *Ancient Mesoamerica*, 13:115-123.
- UNEP-WCMC, 2008. Estado de las áreas protegidas del mundo 2007: Informe anual de los avances mundiales en materia de conservación. UNEP-WCMC (Cambridge). 37 p.
- Vales, G., Rodríguez, F., R. De la Masa, M. Gómez, y C. Berton, 2000. Áreas naturales protegidas de México. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. Editorial Matro, S.A. de C.V. México.
- Vargas-Contreras J. A., G. Escalona-Segura, J. Arroyo-Cabrales, R. Calderón-Mandujano, L. Sosa-Interián, y R. Reyna-Hurtado, 2005. Especies prioritarias de vertebrados terrestres en Calakmul, Campeche. *Vertebrata Mexicana*, 16: 11-32.
- Vargas-Contreras J.A., J.R. Herrera-Herrera, y J.E. Escobedo-Cabrera, 2004. Noteworthy records of mammal from Campeche, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 8: 61-69.
- Villasuso, M.J. y R. Mendez, 2000. A conceptual model of the aquifer of the Yucatán Peninsula. p. 120-139, In: w. Lutz, L. Prieto, and W. Sanderson (Eds), Population, Development, and Environment on the Yucatán Peninsula; from ancient Maya to 2030. IIASA, Luxemburg, Austria. 257p.
- Ward, J.V., F. Malard, y K. Tockner, 2002. Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors. *Landscape Ecology* 17:35-45



Foto: Jorge A. Benítez, Centro EPOMEX-UAC.

Conservación de suelos

*Jorge Mendoza Vega,
Víctor Manuel Kú Quej,
Luciano Pool Novelo
y Francisco Bautista Zúñiga*

La conservación de los recursos naturales es un objetivo cada vez más frecuente en los discursos políticos, en particular, la preocupación es mayor por la conservación de la biodiversidad. México ha firmado diversos convenios en los que se compromete a diseñar políticas que tiendan a la conservación de la biota. La generación de conocimiento sobre los recursos naturales facilita su conservación, así la realización de inventarios nacionales de la diversidad geológica y edáfica permite un mejor uso de los suelos y facilitan la determinación de acciones para la conservación de la biodiversidad.

El concepto contrario a la conservación es la degradación. La degradación de los suelos consiste en la disminución del funcionamiento óptimo del suelo en los ecosistemas, causado por estrés físico, químico o biótico, y es consecuencia de actividades antropogénicas y condiciones naturales. La degradación del suelo puede ser física por pérdida del suelo (erosión) hídrica y/o eólica, y pérdida de estructura; química por pérdida de nutrientes y materia orgánica, así como la presencia de procesos como salinización, sodificación, acidificación y contaminación; y biológica por la disminución de actividad microbiana y la pérdida de biodiversidad, como por ejemplo la flora y la fauna del suelo (German Advisory Council on Global Change, 1995).

Se estima que el 45% de los suelos del territorio nacional sufre de alguna forma de degradación; el 17.9% corresponde a la degradación química, el 11.8% por la erosión hídrica, el 9.5% a la eólica, y un 6% a degradación física (SEMARNAT/Colegio de Postgraduados, 2003). Las causas principales de la degradación de los suelos en México son: la agricultura inapropiada y el sobrepastoreo (35%), la deforestación (7.4%), la urbanización (1.5%), la sobreexplotación de la vegetación (1.1%) y la actividad industrial (0.5%). En el estado de Campeche la principal forma de degradación de suelos es la pérdida de la fertilidad por la disminución de nutrientes, la pérdida de materia orgánica y la compactación por las actividades agropecuarias (SEMARNAT/Colegio de Postgraduados, 2003).

Para plantear las medidas de conservación de los suelos, es necesario identificar las principales amenazas, esto se logra conociendo los usos de la tierra, las condiciones predominantes del ambiente natural y las propiedades de los suelos de la región. Además, hay que tomar en cuenta que la susceptibilidad de los suelos a la degradación depende de una serie de factores estrechamente relacionados con sus propiedades, origen y procesos de formación, así como de la intensidad y magnitud de los factores degradativos. Al establecer el nivel de degradación y la vulnerabilidad es posible definir las acciones a realizar para su conservación.

A continuación se enlistan las principales unidades de suelo y usos de la tierra en Campeche, así como las prácticas de manejo para su conservación.

LEPTOSOLES

Son suelos poco profundos, limitados en profundidad (≤ 25 cm) por rocas (líticos) o material altamente calcáreo (réndzicos) y con una baja capacidad para retener agua por su excesivo drenaje. Los Leptosoles calcáreos son ricos en materia orgánica, por lo que son más fértiles que los Leptosoles líticos. Ambos son el tipo de suelo más frecuente en el estado de Campeche, ocupan el 33.34% de la superficie del estado (Cap. Suelos. p. 22, figura 2). A pesar de que son varias las limitaciones para su uso en la producción agropecuaria, son de los suelos más sembrados después de los Vertisoles. Es frecuente el establecimiento de pastizales en ellos, también son utilizados en la agricultura de temporal y en menor medida en la agricultura de riego y generalmente tienen una baja capacidad productiva. Son altamente susceptibles a la erosión hídrica, situación que se acentúa por la ubicación que ocupan en el paisaje: partes altas y laderas en lomas y colinas. De esa manera, se recomienda conservar su cobertura natural o al ser utilizados en la agricultura, el diseño de sistemas agrofores-

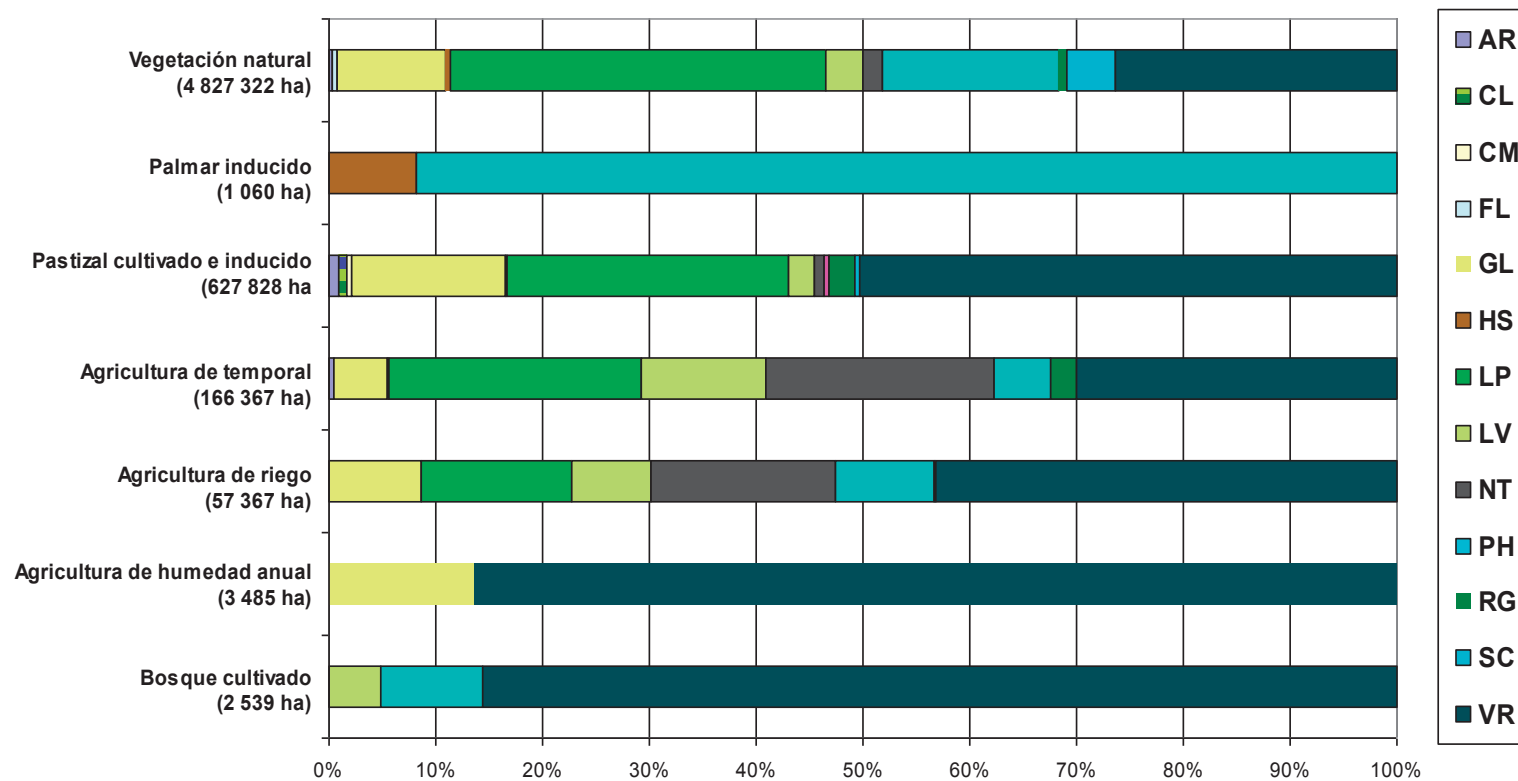
tales, construcción de terrazas o bordos transversales a la pendiente, los cuales se pueden construir a partir de las rocas, que son comunes en este tipo de suelo.

VERTISOLES

Son suelos con una gran proporción de arcilla expandible, lo que causa que en tiempo de secas se formen grandes fisuras de la superficie del suelo hacia abajo. Estos suelos son los más utilizados en los sistemas de producción primaria en el estado de Campeche (figura 1) y los segundos en la superficie que ocupan, 29.3% del Estado (Cap. Suelos. p. 22, figura 2). Se distribuyen en tierras planas y son potencialmente buenos para la agricultura y ganadería, debido a un elevado contenido de materia orgánica y nutrientes, así como tener una profundidad mayor a un metro. Su principal limitación de uso es su textura arcillosa; por lo cual en la época de secas son muy duros y en la de lluvias son muy pegajosos. La principal actividad en este tipo de suelos es la ganadería (figura 1), que a su vez es la actividad de producción primaria de mayor extensión en el Estado (figura 2), con una superficie de 1 478 330 ha. Como segunda actividad productiva en estos suelos, se practica la agricultura de temporal, gran parte de la cual es agricultura de roza y quema. En menor proporción, se practica tanto la agricultura de riego para la producción de hortalizas, tales como la sandía, el tomate, chile y papaya, así como la agricultura de humedad, que depende de la humedad residual y no del temporal.

El alto contenido de arcilla en estos suelos hace que la infiltración del agua sea lenta, incrementando la escorrentía superficial, lo que a su vez aumenta la erosión del suelo. Los Vertisoles con drenaje impedido son particularmente susceptibles a la salinidad.

Se recomienda no cultivarlos en húmedo, protegerlos del impacto directo de la lluvia, manteniendo una cobertura vegetal para evitar la escorrentía, incorporar materia orgánica en el suelo en forma de



LP=Leptosol, VR=Vertisol, PH=Phaeozem, GL=Gleysol, SC=Solonchak, LV=Luvisol, NT=Nitisol, RG=Regoso, HS=Histoso, FL=Fluvisol, AR=Arenoso, CL= Calcisol, CM= Cambisol

Figura 1. Distribución en porcentaje por superficie ocupada por tipo de suelo en los diferentes usos de suelo del estado de Campeche. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI 2005.

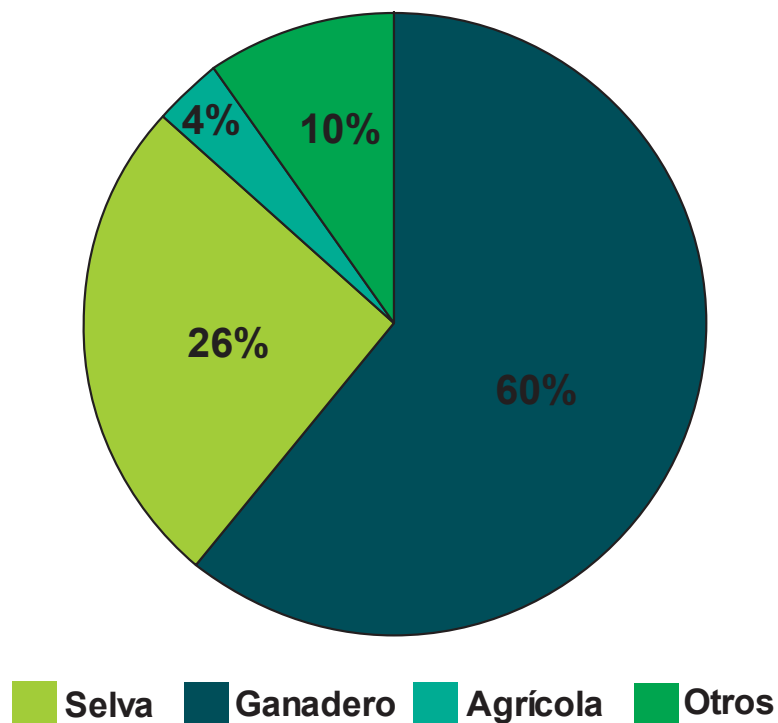


Figura 2. Uso del suelo y cobertura vegetal en el estado de Campeche, 2008. Fuente: Gobierno del Estado 2008.

residuos de cultivo para favorecer el mejoramiento de su estructura y darle un seguimiento a la concentración de sales.

PHAEOZEMS

Estos son suelos con un horizonte superficial oscuro rico en materia orgánica. En el estado de Campeche están estrechamente relacionados con los Leptosoles réndzicos, la principal diferencia entre ellos es la profundidad efectiva del suelo (profundidad a la roca o material calcáreo). Los Phaeozems, igual que los Leptosoles, tienen como uso principal el ganadero, seguido de agricultura de temporal y agricultura de riego. Una de las principales limitaciones para ser usados en agricultura es su pH básico, lo que puede reducir el aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas.

GLEYSOLES

Estos son suelos ocupan las partes bajas en el paisaje, en terrenos con drenaje deficiente, por lo que son susceptibles a las inundaciones. Por lo mismo, presentan coloraciones de verde a azules y moteado de color rojo-cobrizo en conductos o poros del suelo donde hubo oxidación. Ocupan una superficie considerable en el estado de Campeche (10.5%). La principal limitación para su uso es el exceso de agua, pero pueden llegar a tener una buena producción de pastos, si estos se desarrollan bien en un ambiente con exceso de humedad. Por otra parte, la agricultura de temporal y de humedad son los usos más importantes en estos suelos, aunque es importante mantener un buen drenaje. Estos suelos corren riesgo de degradación por salinidad y por alteración de su estructura. Por consiguiente, se recomienda mantener la vegetación natural en los Gleysols de tierras bajas .

SOLONCHAKS

Suelos salinos y por ello también son conocidos con este nombre. Estos suelos son muy particulares, se encuentran en la costa sur y norte del Estado, por su naturaleza tan salina albergan un tipo de vegetación muy específica: manglares, popales y tulares. Debido al riesgo que existe de una intrusión salina al acuífero de agua dulce de tierra adentro, no se debería pensar en otro uso para estos suelos, que el de sostener los ecosistemas costeros que los hospedan.

LUVISOLES Y NITISOLES

Son suelos muy similares en sus propiedades; por ejemplo, ambos tienen un subhorizonte arcilloso. Los Luvisoles son suelos cuya característica principal es la diferenciación en textura a lo largo del perfil; presentan un horizonte superficial con poca arcilla, la cual se ha acumulado en el horizonte inmediato inferior. De los suelos que se reportan en el estado de Campeche, los Luvisoles son los más fértiles, poseen buenas características físicas, químicas y biológicas para la agricultura. Son, junto con los Nitisoles, los únicos suelos en el Estado, cuyo uso principal no es el ganadero sino el agrícola. Los principales cultivos sembrados en los Luvisoles son: el maíz, sorgo, sandía, jitomate, chile habanero y otros. Estos suelos son altamente valorados por la comunidad Menonita de Campeche, quienes practican en ellos una agricultura intensiva; la cual consiste en el uso de maquinaria pesada, implementos sofisticados e insumos como fertilizantes y pesticidas. Los Nitisoles son muy similares a los Luvisoles en coloración, propiedades físicas y biológicas; sin embargo, difieren en fertilidad, pues son más intemperizados que los Luvisoles y por lo tanto, tienen una menor disponibilidad de nutrimentos para las plantas. No obstante, son ampliamente utilizados en agricultura (figura 1).

Ambos suelos corren el riesgo de contaminación y pérdida de la fertilidad por sobre-explotación, así como por compactación y sellamiento por el uso de maquinaria agrícola. Se recomienda no trabajar los suelos cuando estén húmedos, el uso de fertilizantes orgánicos, control biológico de plagas y enfermedades y mantenimiento de los suelos con una cobertura vegetal.

Existen otros suelos en el estado de Campeche además de los ya señalados (figura 1), sin embargo, solo ocupan una pequeña superficie del Estado; en la tabla 1 se enlistan los usos más apropiados para cada unidad de suelo de acuerdo a sus características fisicoquímicas.

COBERTURA VEGETAL/USO DEL SUELO Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Cobertura vegetal/uso del suelo

Campeche es uno de los estados de la República Mexicana con mayor cobertura de vegetación original, esto quiere decir no inducida. Más del 60% de la superficie del estado está cubierta de selvas, el 26% se ocupa en actividades ganaderas, el 4% en actividades agrícolas y el 9% tiene otra cobertura o usos (figura 2), entre los que se incluyen: matorrales, superficies en descanso, acahuales sin uso aparente, cuerpos de agua, marismas, sitios de explotación minera, de infraestructura y asentamientos humanos.

Sistemas de producción

A continuación se describen los sistemas de producción más importantes en el estado de Campeche, los procesos de degradación de la tierra y las prácticas de conservación de suelos asociadas a estos sistemas de producción.

Tabla 1. Usos potenciales de los suelos distribuidos en Campeche.							
	Vegetación natural	Pastizal	Agricultura de temporal	Agricultura de riego	Agricultura de humedad	Bosque cultivado	Palmar inducido
Leptosol	A1	A3	A2	A3	NA	A2	NA
Vertisol	A1	A3	A2	A2	A2	A2	NA
Phaeozem	A1	A3	A2	A3	NA	A2	NA
Gleysol	A1	A3	A3	NA	A1	NA	NA
Solonchak	A1	NA	NA	NA	NA	NA	A3
Histosol	A1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nitisol	A1	A1	A1	A1	NA	A1	NA
Luvisol	A1	A1	A1	A1	NA	A1	NA
Cambisol	A1	A1	A1	A1	NA	A1	NA

(A1: Altamente apta; A2: Medianamente apta; A3: Marginalmente apta; NA: No Apta. FAO 2003).

Ganadería. Campeche ocupa una extensión de 1 478 330 ha (Gobierno del Estado de Campeche, 2007), de las cuales 627 828 ha se encuentran en pastizales cultivados e inducidos; la superficie restante se desarrolla en acahuals, selva y sabanas (INEGI, 2005). Es una ganadería principalmente extensiva y particularmente bovina, de baja tecnología y de doble propósito: producción de carne y leche. Últimamente la ganadería ovina está ganando terreno en el Estado. La actividad ganadera conduce a la pérdida de selvas y a la disminución de la vegetación. Con relación a los suelos, estos sufren por compactación y pérdida de estructura, lo cual resulta en una reducción de la aireación del suelo e infiltración del agua, y consecuentemente aumenta el potencial de la erosión hídrica. La compactación del suelo por el pisoteo de ganado es más severa si los suelos están húmedos y tienen un alto contenido de arcilla, por lo cual los Vertisoles, Gleysoles, Luvisoles y Nitisoles son particularmente susceptibles a la degradación.

Agricultura de roza y quema. En gran parte del territorio campechano se practica la agricultura de roza y quema, la cual representa una forma no sustentable de agricultura derivada del antiguo sistema agrícola de roza, tumba y quema (RTQ). La sustentabilidad del antiguo sistema se fundamenta en el tiempo de descanso suficiente para que la tierra recupere su fertilidad (Pool y Hernández, 1987). Sin embargo, la agricultura de roza y quema actual consiste en tirar una porción de acahuals menores de 10 años de desarrollo, se quema la biomasa cortada, se cultiva la tierra durante dos a cuatro años y luego se deja la tierra en descanso entre 5 y 10 años. Tiempo que no es suficiente para que el sitio recupere su fertilidad, y a partir de aquí se comienza el ciclo nuevamente. Este insuficiente tiempo de descanso en la actualidad, es consecuencia de la presión demográfica y la legislación ecológica para frenar la deforestación, misma que prohíbe derribar acahuals con 15 o más años en descanso. Existen diversas estrategias

de mejoramiento de estos sistemas de cultivo, una de las cuales es el uso de sistemas agroforestales utilizando especies locales de alto valor económico. Sin embargo, como la calidad de las tierras es altamente heterogénea se requiere conocerlas para diseñar estrategias de uso múltiple o multiespecíficas (con diversas especies vegetales). De la misma manera, se recomienda el cultivo de abonos verdes, como el frijol “nescafé” (*Mucuna spp.*) y la incorporación de restos orgánicos (mulching) al suelo.

Cultivo de la caña de azúcar. En el Estado esta actividad abarca una superficie de 8 mil hectáreas (zafra 2005-2006), y se cultiva principalmente en Vertisoles, Luvisoles, Nitisoles y Phaeozems. De los principales problemas de degradación en suelos cañeros se identifican: la compactación, debido al uso de maquinaria pesada, tanto en el cultivo como en la cosecha; y por tratarse de un cultivo semi-perene e intensivo, la pérdida de nutrientes por lixiviación, contaminación por pesticidas, fertilizantes inorgánicos aplicados, y pérdida de materia orgánica y biota del suelo. Se recomienda el uso de llantas anchas en la maquinaria, y no trabajar ni transitar cuando se encuentren húmedos, para evitar alterar la estructura del suelo. Se recomienda también incorporar residuos orgánicos, desechos de la cosecha y el bagazo, producto de la trituración de la caña en la fábrica, para mantener y mejorar la estructura del suelo. Es favorable tener un programa de fertilización coherente con las necesidades del cultivo y las condiciones del suelo para evitar su aplicación en exceso. El control biológico es recomendable contra las plagas de la caña, así como la rotación de cultivos.

A MANERA DE CONCLUSIÓN

Se puede decir que una buena parte de los suelos de Campeche, aproximadamente el 50% de la superficie del estado, compite favorablemente con los suelos mejor conocidos como tropicales, aquellos

que aparecen en los libros de texto y que deben su calificativo a los estudios realizados en regiones del trópico ecuatorial. Aquellos que por las altas temperaturas ambientales, alta precipitación, y el largo tiempo de meteorización son ácidos, pobres en nutrientes y poco productivos. Por otro lado, Campeche conserva todavía en buen estado, gran parte de sus recursos naturales; muestra de esto es que más del 60% de su territorio está cubierto de selva. Sin embargo, las amenazas están latentes, los sistemas de uso de la tierra generan en menor o mayor grado algún problema de degradación de los suelos, por lo que es necesario reconocer la resiliencia de cada tipo de suelo para promover su conservación y realizar un manejo sustentable adecuado.



Foto: Victor Kú, ECOSUR.

REFERENCIAS

- FAO, 2003. Evaluación de tierras con metodologías de FAO. Santiago de Chile. 26 p.
- German Advisory Council on Global Change, 1995. World in transition: the threat to soils/1994 Annual Report. Economica Verlag GmbH, Bonn.
- Gobierno del Estado de Campeche, 2008. Quinto Informe de Gobierno 2007-2008. Lic. Jorge Carlos Hurtado Valdez. Campeche, Camp. México.
- Hauck, F. W., 1974. Shifting cultivation and soil conservation in Africa. *FAO Soils Bull.*, 24:1-4.
- Illsley Granich, C., 1984. Vegetación y producción de la milpa bajo roza-tumba-quema en el ejido de Yaxcabá, Yucatán, México. Tesis en Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 204 p.
- INEGI, 2005. Uso del Suelo y Vegetación serie III, conjuntos E1503, E1506, E1505, E1509, F1512, F1610, E1601, E1604. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Pool N. L., y E. Hernández X, 1987. La intensificación en la producción maicera bajo roza-tumba-quema en Yaxcabá, Yucatán, México. *Terra*, 5(2): 149-162.
- SEMARNAT, Colegio de Postgraduados, 2003. *Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250 000*. Memoria Nacional 2001-2002. México. figura 1. Distribución en porcentaje por superficie ocupada por tipo de suelo en los diferentes usos de suelo del Estado de Campeche.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

Reforestación

Victor Manuel Kú Quej

La acelerada pérdida y degradación de selvas y bosques templados es uno de los problemas ambientales más severos del país; trayendo consigo múltiples impactos como cambios microclimáticos, la reducción de la recarga de acuíferos, la erosión de suelos, el azolve de presas y lagos, pérdida de la biodiversidad y la emisión de gases de invernadero que contribuyen al cambio climático global, entre otros problemas.

Son los incendios forestales, la apertura de nuevas áreas para actividades agropecuarias, la extracción de madera y las políticas de subsidios contrarias al sector forestal las principales causas de la deforestación. Se estima a nivel nacional una tasa de deforestación de entre 500 a 700 mil hectáreas por año. (Mas, 2005; FAO, 2006)

Para el caso de Campeche, uno de los procesos de deforestación masiva se dio en los años 70 en el Valle de Yohaltún, localizado en la parte central del Estado, donde se deforestaron cerca de 20 mil ha de selvas para dar paso al cultivo del arroz. Por otro lado, la colonización del sur del Estado, en esta misma década, continuó hasta mediados de la década de los 90, devastaron grandes extensiones de selvas.

Para el año 1997, la superficie forestal era de 3 731 175 ha (Gobierno del Estado de Campeche, 1998), y para el año 2007 la superficie estatal ocupada por vegetación original era de 3 465 055 ha (Gobierno del Estado de Campeche, 2008), lo que representa una reducción de 266 120 ha; es decir 26.61 ha por año. Este dato contrasta fuertemente si consideramos que de 1976 al 2000, se perdieron un total de 9.5 millones de ha de vegetación original (INEGI, 1976; INEGI, 2002; Velázquez *et al.*, 2002).

Por ello, la pregunta necesaria es: ¿Cuál es la situación actual, cuántas hectáreas quedan en estado primario, cuál es la tasa de deforestación anual?

Ante este panorama, se han implementado diversas políticas de recuperación, restauración y conservación de los bosques y las selvas, en las cuales se incluyen los programas de reforestación. De acuerdo a

cifras oficiales, para el año 2004 se habían reforestado un total de 1.75 millones de hectáreas en todo el país (SEMARNAT, 2006); para el año 2008 la meta fue reforestar 642 mil ha; sin embargo, el porcentaje de supervivencia es mínima 10% (SEMARNAT, 2002; Magallon 2008)

En la actualidad, el estado de Campeche cuenta con dos instancias gubernamentales que promueven la reforestación: la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), mediante el Proárbol y la Secretaría de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable del Gobierno del Estado a través del Programa Estatal de Reforestación.

En el período comprendido entre 1998 y 2001, la superficie reforestada en el Estado fue de 51 289 ha, representando los años con más esfuerzo en la recuperación de zonas deforestadas.

La superficie reforestada de manera oficial en el Estado de 1993 al 2007 es de 86 977 ha, distribuidas en los 11 municipios que integran la geografía estatal; pues se destacando los municipios de Calakmul, Candelaria y Escárcega; busca plantar en zonas de acahual principalmente y en áreas dedicadas a la agricultura y ganadería, bajo esquemas de asociación como los agroforestales y silvopastoriles en menor medida. De las especies más utilizadas se tienen el cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*); estimamos un 60% del total de plantas producidas; y el restante 40% con diversas especies como Maculis (*Tabebuia chrysantha*), Ramón (*Brosimum alicastrum*), Pich (*Enterolobium cyclocarpum*) y Ciricote (*Cordia dodecandra*), principalmente.

Como sucede a nivel nacional, no se cuenta con información actualizada y confiable sobre las tasas de supervivencia de las reforestaciones en Campeche; sin embargo, consideramos que no es mayor al 10%. Las causas de este bajo porcentaje son diversas; en primera instancia se encuentra la calidad de la semilla utilizada, no existe un esquema claro para la selección de árboles productores de semilla que garanticen una buena calidad genética de la semilla y por tanto, de las plantas a producir.

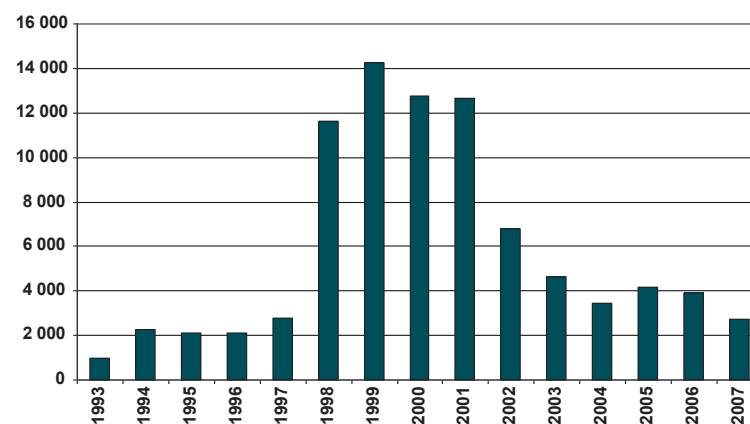


Figura 1. Superficie reforestada del estado de Campeche (ha) 1993-2007.

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR, SEMARNAT y Gobierno del Estado, 2008.

Otro problema aún más grave es la entrega a destiempo de la planta. Las plantas una vez plantadas en el campo, dependen para su supervivencia de las lluvias, por lo que deberían ser plantadas durante el mes de mayo; sin embargo, la entrega de la mayor cantidad de planta se realiza normalmente a partir del mes de julio y agosto; precisamente en la temporada de canícula y con muy poco tiempo de lluvias por delante.

Por otro lado, es importante reconocer que la gran mayoría de las personas se involucra en las actividades de reforestación debido al subsidio que le otorgan, y al momento que este se termina, las plantaciones son abandonadas. La reforestación, en busca del enriquecimiento de acahuales y en sistemas agroforestales, está resultando una alternativa mucho más atractiva para el productor, ya que además de obtener el subsidio, tiene la posibilidad de tener cosechas para el autoconsumo.

No cabe duda de que si nosotros no valoramos nuestras selvas y no vemos una ventaja en mantenerlas de pie y en buen estado de conservación, no habrá manera de detener la deforestación y de tener campañas exitosas de reforestación. De esta manera, claro que perderíamos nuestras selvas en el presente siglo. La política gubernamental de promover el Manejo Forestal Sustentable, por parte de los poseedores del recurso, se vislumbra como una alternativa viable para frenar esta tendencia.

REFERENCIAS

- Busch, C., 2006. Deforestation in the Southern Yucatán: Recent trends, their causes, and policy implications. Unpublished doctoral dissertation. University of California, Berkeley.
- CONAFOR, 2008. Cuadros estadísticos de Incendios Forestales, Plantas para reforestación y superficie Reforestada. Comisión Nacional Forestal 2008.
- FAO, 2006. Tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina y el Caribe. Estudios FAO Montes: 148. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 200 p.
- Gobierno del Estado de Campeche, 1998. Primer Informe de Gobierno 1997-1998. Lic. Antonio González Curi. Campeche, Camp. México.
- Gobierno del Estado de Campeche, 2005. Segundo Informe de Gobierno 2004-2005. Lic. Jorge Carlos Hurtado Valdez. Campeche, Camp. México.
- Gobierno del Estado de Campeche, 2006. Tercer Informe de Gobierno 2005-2006. Lic. Jorge Carlos Hurtado Valdez. Campeche, Camp. México.
- Gobierno del Estado de Campeche, 2007. Cuarto Informe de Gobierno 2006-2007. Lic. Jorge Carlos Hurtado Valdez. Campeche, Camp. México.
- Gobierno del Estado de Campeche, 2008. Quinto Informe de Gobierno 2007-2008. Lic. Jorge Carlos Hurtado Valdez. Campeche, Camp. México.
- Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2002. Cambio de uso del suelo y vegetación 2000. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.

INEGI, 1976. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie I 1976. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.

INEGI, 1993. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie II 1993. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.

INEGI, 2002. Cartografía de uso del suelo y vegetación serie III 2002. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.

Magallón L., H., 2008. Nota periodística. www.ecoportal.net. Consultado el 15 de enero del 2010.

Mas, J.F., 2005. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environmental Monitoring & Assessment*, 105(1-3):69-80.

Masera, O.R., 1996. Deforestación y degradación forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (gira). Documento de trabajo núm. 19. México.

Paz, M.F., 1995. Selvas tropicales y deforestación, apuntes para la historia reciente del trópico húmedo mexicano. p. 53-5. In: De Bosques y Gente: Aspectos Sociales de la Deforestación en América Latina. CRIM/UNAM, Cuernavaca, Mor., México.

Primack B.R., Bray D., Galletti H.A., y Ponciano I., 1999. La Selva Maya Conservación y Desarrollo. p. 120-123. In: D. Acopa y E. Boege. Las Selvas en el Sur de Campeche, México. Experiencias en la Construcción de la Forestería Social en Calakmul. Siglo XXI editores. 475 p.

Repetto, R., 1990. Deforestación en los trópicos. *Investigación y Ciencia*, 165:10-17.

SEMARNAT, 2006. El Medio Ambiente en México 2005: Resumen. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 91 p.

SEMARNAT, 2002. Comunicado de prensa Núm. 006/08, 23 de enero de 2002. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

SEMARNAT, 1995. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 1995.

SEMARNAT, 1996. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 1996.

SEMARNAT, 1997. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 1997.

SEMARNAT, 1998. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 1998.

SEMARNAT, 1999. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 1999.

SEMARNAT, 2000. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2000.

SEMARNAT, 2001. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001.

SEMARNAT, 2002. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2002.

SEMARNAT, 2003. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2003.

SEMARNAT, 2004. Anuario Estadístico de la Producción Forestal.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2004.

SEMARNAT, 2007. Cuadros estadísticos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Velázquez, A., J. F. Mas, G. J. Díaz, S.R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio, 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*, 62: 21-37.

Restauración de los ecosistemas de manglar

Claudia Agraz-Hernández,

J. Ostín-Sáenz,

C. García-Zaragoza,

E. Chan-Canul

y C. Chan-Keb

Los ecosistemas de manglar son considerados como uno de los ambientes más productivos del planeta. Sin embargo, estos presentan un deterioro creciente, calculándose el 19.6% de pérdida de cobertura de manglar a nivel mundial de 1986 a 2001 (OIMT, 2001). En el caso de los bosques de manglar mexicanos, a pesar de que su cobertura representa la décima parte del total mundial y la cuarta parte a nivel Latinoamérica, estos tuvieron una tasa de deforestación del 34% durante el periodo de 1971 al 2000. A nivel estatal, la pérdida de la cobertura de manglar en México presenta gran variabilidad en sus estadísticas, ya que es muy difícil nombrar una cifra exacta por ser ecosistemas de naturaleza dinámica y sujeta a una significativa interferencia; así como por la heterogeneidad de los métodos que han sido usados para determinar la cobertura de mangle. En el caso del litoral del Golfo de México, Agraz-Hernández *et al.* (2007) establecieron que Campeche (29%), Tabasco (26%) y Veracruz (22%) fueron los estados que presentaron mayor pérdida de cobertura de manglar a lo largo del periodo de 1966 a 1991. Atribuyeron, además y primordialmente, su deterioro a la construcción de termoeléctricas, asentamientos y descargas de aguas urbanas, al turismo, la construcción de carreteras y las actividades petroleras. El deterioro ha afectado la calidad y la cantidad del agua de los cuerpos adyacentes, y por ello presenta un aumento en su turbidez, sedimentación y eutrofización.

Por otra parte, y a pesar de que Campeche tiene la mayor cobertura de manglar en el ámbito nacional (194 190 ha, CONABIO, 2009), existen pocos, deficientes y dispersos estudios sobre su estado natural y el grado de deterioro del mangle para la región de la Reserva de la Biosfera Los Petenes y Champotón, con excepción del Área de Flora y Fauna laguna de Términos. Estos ecosistemas son relevantes debido a que mantienen una alta productividad, expresada indirecta y principalmente en “producción pesquera-carbón-tinte-madera”.

En atención a lo anterior, en el estado de Campeche se ha incrementado el interés por la instrumentación de programas de restauración, y

acciones de rehabilitación y recuperación, como estrategias de manejo para revertir los efectos degradativos de ciertas actividades antropogénicas sobre estos ecosistemas.

En Campeche, la restauración se ha venido desarrollando desde una perspectiva técnica para generar herramientas útiles, que den solución a los problemas de conservación detectados en los bosques de mangle tales como: los efectos de borde y fragmentación, la generación de bancos genéticos *ex situ*, la conservación integrada y el desarrollo sustentable. Se han instrumentado además iniciativas de restauración de los ríos y riachuelos, y la reforestación (bajo diferentes densidades) en los bosques de mangle impactados. Agraz-Hernández *et al.* (2007) sugieren que estas técnicas son consideradas como las mejores opciones para revertir los efectos, con el fin de retornar a un estado lo más cercano al bosque original y estimular además la reforestación natural y la obtención de beneficios a mediano y largo plazo: naturales (favorables a la biodiversidad presente) y económicos (para impulsar el desarrollo de las comunidades humanas asentadas en sus áreas de influencia). Los daños principales incluyen las alteración de las condiciones fisicoquímicas del agua superficial e intersticial, como la salinidad, la concentración y disponibilidad de diversos nutrientes y el grado de acidez-alcalinidad.

Cabe destacar que en el ámbito internacional son también escasos los programas de restauración de los humedales costeros (especialmente en manglares). Esto se debe probablemente a que se trata de ecosistemas altamente dinámicos, lo cual dificulta el establecimiento de líneas de acción específicas sin la intervención de especialistas en el tema. Sin embargo, a principios de 1980 en Estados Unidos y en 1995 en México se inició la aplicación de técnicas de restauración hidrológica como una estrategia para la recuperación de los ecosistemas de mangle. Dichas técnicas pueden llegar a incrementar la sobrevivencia o disminuir la mortalidad de algunas especies de mangle en sitios donde se alteró el patrón hídrico. Un ejemplo de ello es la

restauración de zonas de marismas en California, los pantanos de los Everglades en Florida, así como la restauración de los manglares en Tailandia, Puerto Rico, Colombia y México (Berger, 1976; Lewis, 1982; Flores Verdugo y Agraz Hernández, 1995; Chan, 1996; Untawale, 1996; Agraz Hernández, 1999; Sánchez Páez, 2000; Saenger, 2002; Benítez Prado, 2003; Agraz-Hernández *et al.*, 2004). Los costos de los programas de restauración son altamente variables, desde USD \$ 1 140 hasta USD \$ 6 545 /ha e incluso puede llegar hasta USD \$ 216 000 /ha (utilizando árboles) o bien hasta USD \$ 70,000 /ha (al construir canales artificiales). Estas variaciones dependen sobre todo de diversos factores locales tales como: la mano de obra, las características del sitio (facilidad de acceso, tamaño y calidad), la cercanía de las áreas para la colecta de propágulos, el establecimiento de viveros, la selección del tipo de material biológico a usar, los materiales para la construcción y operación de viveros y colecta de propágulos y plántulas, la densidad de siembra, así como el grado de mortalidad (sustitución de plántulas muertas).

Como hemos enfatizado, los programas de restauración en México son pocos, por lo cual es realmente escasa la información al respecto de sus costos. Sin embargo, se estiman costos parciales de USD \$58 a USD \$74/plántula producida en un vivero, de USD \$ 3.15 hasta USD \$ 7.0/m³ de excavación; mientras que el mantenimiento de los canales artificiales se ha situado en USD \$ 1.58/m. Al igual que el costo de la reforestación, el precio por excavación de canales es muy variable, ya que se deben considerar los costos de desplazamiento de los jornales, la condición del suelo y la ubicación/distancia del área. Algunos especialistas estiman necesaria una inversión de USD \$ 12 840 y hasta USD \$ 68 469/ha para la realización de un programa que incluya acciones de restauración hidrológica, producción de plántula en vivero y reforestación (Benítez Prado, 2003; Agraz-Hernández *et al.*, 2004).

Específicamente, en el estado de Campeche se han realizado programas de reforestación en Isla Arena, Atasta e Isla del Carmen. Los



Foto: Claudia Agraz-Hernández, Centro EPOMEX-UAC.

programas de restauración son escasos y pocos validan su éxito o bien es mínima la información disponible al respecto. Sin embargo, como parte de plan de manejo para los ecosistemas de manglar en el estado de Campeche, se tiene bien documentado el programa de restauración que se realiza en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, llevado a cabo en la Universidad Autónoma de Campeche desde hace cinco años, con la intervención de los especialistas adscritos al Laboratorio de Humedales Costeros con especialidad en manglares del Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México, y apoyado por la Comisión Federal de Electricidad (proyecto RGCPTT-UAC/CPS-001/04).

El área de restauración de este programa se encuentra en la parte medio oeste, del sotavento de la Isla del Carmen, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos y corresponde a una franja más o menos paralela a la isla, ubicada en las coordenadas $18^{\circ} 43'$ y $18^{\circ} 42'N$ y $91^{\circ} 38'$ y $91^{\circ} 37'W$. Como medida de compensación, se desarrolló un programa de restauración hidrológica, reforestación con *Avicennia germinans*, basado en el establecimiento de un área apta para la restauración y una zona de monitoreo (bosque conservado y con disponibilidad de germoplasma de calidad).

Dicha selección se efectuó sobre la base de un diagnóstico ambiental en el área de restauración (manglar muerto), mediante la determinación del número de árboles por hectárea (para definir la producción de plántulas en el vivero y la densidad a reforestar), la variación del nivel del suelo (establece el tiempo y la amplitud de inundación por el agua de mar y durante la época de lluvias), el comportamiento de la cantidad de oxígeno, concentración de la salinidad y los nutrientes del agua que pasa por el sedimento. Se identificó y cuantificó el impacto sobre el ecosistema por las actividades antrópicas para ser mitigados. Finalmente se determinó el tiempo, amplitud y frecuencia de inundación del agua que llega al área por el mar y por los escurrimientos del agua dulce por las lluvias, tanto por arriba del sedimento, como el agua que

fluye dentro del mismo. Asimismo, en un bosque conservado de manglar adyacente al área de restauración se efectuaron las determinaciones antes citadas, de la orilla de la laguna hacia el interior del bosque y hasta terminar el manglar. Esto con la finalidad de ser usado como referencia del área a restaurar, para comparar el antes y después de la rehabilitación hidrológica, poder establecer el momento de la siembra (al mejorar las condiciones y/o punto de similitud con las condiciones ambientales con el bosque de referencia) y conocer si las condiciones ambientales en las que crecen las plántulas reforestadas, son similares a un bosque conservado. Estas comparaciones se efectuaron a través de las características del agua y sedimento antes citadas, asimismo, a través del crecimiento en términos de altura de las plántulas reforestadas contra las del bosque de referencia. Estableciéndose así, a su vez el éxito del programa de restauración y su permanencia.

A partir de la información generada, se definió la estrategia para la restauración hidrológica, que derivó en la determinación del número, dimensión y ubicación de los canales artificiales, así como la selección de las especies de mangle adecuadas y la determinación de la cantidad de plántulas a producir en el vivero, según la necesidad de las áreas a reforestar.

MEDIDAS DE COMPENSACIÓN

El programa de restauración hidrológica y reforestación con plántulas de vivero de *Avicennia germinans* comprendió un área total de 30 ha. El programa involucró la construcción de un canal principal (de dos metros de ancho por un metro de profundidad y un kilómetro de longitud) y 4.8 km de canales secundarios (un metro de ancho por sesenta centímetros de profundidad) conectados al canal principal en forma de espina de pescado. Se estableció además una red de muestreo de la concentración y disponibilidad de los nutrientes (nitritos, nitratos,

amonio y fosfatos), cantidad de sales, oxígeno disuelto, y temperatura del agua intersticial mediante parcelas de reforestación (60 X 60 m) distribuidas sobre el total del área a restaurar. El costo fue de USD \$ 3.15/m³ de excavación, USD \$ 150.00 por la limpieza de las parcelas (remoción de los árboles muertos y de la vegetación invasora), USD \$ 1.58 /m de mantenimiento y el monitoreo anual de los parámetros químicos del agua intersticial y biológicos (censos mensuales de supervivencia y crecimiento) de USD \$ 3 190/30 ha.

La reforestación en las parcelas se efectuó a una distancia de siembra entre plántula y plántula de 1.5 m, con una sobrevivencia del 89% del 2006 al 2009 y una tasa de crecimiento promedio de 1.15 ± 0.15 m² año⁻¹.



Foto: Claudia Agraz-Hernández, Centro EPOMEX-UAC.

La rehabilitación hidrológica presentó grandes beneficios en cuanto a la calidad del agua y a la sobrevivencia de las plántulas, ya que aunque la concentración de salinidad disminuyeron tan solo 5 g/L, la cantidad de oxígeno en el agua que pasa por el sedimento, se incrementó sustancialmente durante la época de sequía (época crítica para las plántulas, de -350 mV a -195 mV). El proyecto de restauración de las 30 ha de manglar muerto, a su vez benefició económicamente con el pago de horas-hombre a los pescadores de Isla Aguada, con un total de pago de jornal de 23 671 horas/hombre, de las cuales 9 600 h/hombre se asignaron para la construcción de canales, 7 111 h/hombre para siembra, 2 400 h/hombre para colecta y siembra en las charolas de vivero, 2 400 h/hombre en el mantenimiento del vivero, 1 440 h/hombre en el mantenimiento de parcelas y 720 h/hombre mantenimiento de canales por año).

Adicionalmente al programa de compensación se forestaron 5 ha en dos bajos de marea con plántulas de *Rhizophora mangle* producidas en el mismo vivero bajo las mismas condiciones, densidades y costo que las plántulas de *A. germinans* reforestadas en las parcelas. La sobrevivencias en la producción fue del 98% en el 2007 y las tasas de crecimiento en el vivero de 50.0 ± 2.0 cm.4 meses⁻¹. El costo por siembra para la forestación fue de \$2153 pesos/ha con siembra directa (*in situ*, propágulos) y \$136,156 pesos/ha.

Aunque en el contexto de la recuperación del hábitat los resultados apuntan al éxito de este programa, conviene destacar que este programa dio origen a una nueva alternativa de ingresos económicos inmediatos y beneficio indirectos a largo plazo para los pescadores de la población de Isla Aguada, al especializarse como técnicos (“*manglares*”), creándose 50 empleos temporales.



Foto: Claudia Agraz-Hernández, Centro EPOMEX-UAC.

REFERENCIAS

- Agraz-Hernández, C.M., 1999. Reforestación experimental de manglares en ecosistemas lagunares estuarinos de la costa Noroccidental de México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 132 p.
- Agraz Hernández, C.M., J. Osti-Saénz, C. García-Zaragoza, C. Chan Keb, E. Chan-Canul, y R. Arana-Lezama, 2004. Reforestación y monitoreo de 17.5 ha con manglar al norte de la laguna de Términos, Campeche. Campeche. Universidad Autónoma de Campeche. Apoyado por la Comisión Federal de Electricidad. Informe técnico. 230 p.
- Agraz-Hernández, C.M., J. Osti-Saénz, Jiménez-Zacarías, C. García-Zaragoza, E. Chan-Canul, L. González-Durán, y A. Palomo-Rodríguez, 2007. Restauración con manglar: criterios y técnicas hidrológicas de reforestación y forestación. Universidad Autónoma de Campeche, Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional Forestal. México. 132 p.
- Bénitez-Prado, D. 2003. Creación de áreas de manglar en islas de dragados como apoyo potencial a las pesquerías en la Bahía de Navachiste, Sinaloa. México. Universidad Autónoma de Sinaloa y Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, Mazatlán.
- Chan, H.T., 1996. Mangrove reforestation in Peninsular Malaysia: a case study of Matang. p. 54-75. In: C. Field (ed.) Restoration of mangrove ecosystems. ISM/ITTO. Okinawa.
- Flores-Verdugo, F.J., y C.M. Agraz-Hernández, 1995. Establecimiento y reforestación de tres especies de manglar en islas artificiales de la laguna de Cuyutlán, Colima. Proyecto. 3 de marzo de 1995. Semarnat. Del. Fed. Edo de Colima. 78 p.
- Lewis, R.R., 1982. Mangrove forests. p. 153-172. In: R.R. Lewis (eds.) Creation and Restoration of Coastal Plant Communities. CRC Press. Boca Raton, Florida. USA.
- Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), 2001. Informe complementario sobre la reunión internacional de expertos FAO/OIMT sobre el manejo de los incendios forestales.
- Saenger, P., 2002. Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation. Kluwer Academic Publishers. 359 p.
- Sánchez Páez, H., G. A., Ulloa-Delgado, y R. Alvarez León, 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Asociación colombiana de reforestación de ecosistemas de manglar. ISME Y OIMT.
- Untawale, A. Restoration of Mangroves along the Central West Coast of India. 1996. p. 117-118. In: C. Field. Restoration of mangrove ecosystems. International Society for Mangrove Ecosystems. Okinawa, Japan.

Efectos del cambio climático en la biodiversidad

*Nuria Torrescano Valle,
Jorge Mendoza Vega
y Víctor Manuel Kú Quej*

La influencia del clima sobre la biodiversidad es parte de la dinámica natural de nuestro planeta, los eventos de larga duración como las glaciaciones (eras de hielo) y los de corta duración como los interglaciales (periodos cálidos como el presente Holoceno), han funcionado como mecanismo de recambio biológico. Raup y Sepkoski propusieron, en 1984, que existe una periodicidad de recambio de diversidad biológica a una tasa aproximada de 26 millones de años, que está relacionada con el cambio climático, aunque Benton *et al.* (2004) han determinado una tasa de 15 millones de años. Estos recambios son determinados por la dinámica de clima y los propios mecanismos de adaptación de las especies. Sin embargo, el clima actúa con diferente magnitud en el tiempo, lo cual pone a prueba constante la permanencia de las especies. Sobre todo cuando se suma el efecto del impacto de las actividades humanas sobre el sistema climático denominado *Cambio Climático Antrópico*, el cual tiene grandes repercusiones a corto y mediano plazo.

Durante el Holoceno temprano, cambios astronómicos y del planeta produjeron incremento en la temperatura global, uno de los efectos fue el deshielo de la Laurentida (hace 8 200 años) y el incremento en la precipitación, ambos produjeron el llenado de los lagos y ríos a nivel global y regional. El ambiente se tornó a cálido y húmedo, lo cual permitió el establecimiento de las selvas en la región. Durante el Holoceno medio, las selvas se encontraban ya bien establecidas, el clima fue más cálido y húmedo que en la actualidad (Markgraf 1989).

El clima se ha deteriorado en los últimos 3 000 años, se han presentado varias sequías y cambios importantes en el clima de la península de Yucatán y de la región circuncaribeña (Haug *et al.*, 2003). Los efectos de estos cambios han sido muy importantes en la dinámica de distribución de la actual diversidad biológica y en las poblaciones establecidas a lo largo del territorio de la península de Yucatán. Principalmente se han establecido diversas implicaciones del cambio climático en el colapso de la cultura maya (Folan *et al.*, 1983; Hodell

et al., 1995; Brenner, 2002; Haug, 2003; Mueller *et al.*, 2009; Torrescano *et al.*, en prensa).

Uno de los cambios más recientes de repercusión global ocurrió entre los años 1400 a 1800 de nuestra era, denominado la pequeña era de hielo, el avance de los glaciares provocó un cambio en los patrones climáticos, sobre todo en Europa, ocasionando inundaciones, hambruna, epidemias y la muerte de gran cantidad de personas. En la región Mesoamericana, el cambio se expresó con clima más seco y una reducción fuerte en la precipitación, las crónicas Aztecas y Mayas, además del registro paleoclimático son la fuente de evidencia (Gill, 2000; Hodel *et al.*, 2005).

El cambio climático, es un proceso natural de nuestro planeta que se manifiesta con el incremento de la temperatura media del aire, cambio en los patrones de precipitación y cambio en el nivel del mar. Sin embargo, la evidencia científica ha corroborado que la influencia humana ha provocado su aceleramiento (IPCC, 2007). Las consecuencias del aceleramiento se están registrando en eventos como los huracanes, los cuales se han incrementado en frecuencia e intensidad en los últimos 30 años (Emanuel, 2005), estos eventos son frecuentes en la región, su tendencia pone en riesgo a las especies y poblaciones humanas sobre todo de la costa.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) creado en 1988, con participación de las Naciones Unidas, se ha encargado de reunir a científicos expertos en la materia, recabar datos y estimar tasas de cambio, así como escenarios futuros, con el objetivo de emitir medidas de mitigación al cambio climático que deben ser tomadas en cuenta. El cambio climático y la falta de sustentabilidad en el manejo de los recursos naturales (altas tasas de deforestación, agricultura intensiva y pesquerías excesivas, entre otros) están afectando la dinámica climática del planeta, con efectos negativos importantes sobre la biodiversidad. Estudios de proyección de modelos muestran que los rangos ocupados por muchas

especies serán inhabitables para ellas cuando el clima cambie (IUCN, 2004). Aún bajo escenarios moderados, en los cuales la temperatura se incrementará en sólo 2°C, esas condiciones predicen una extinción de 30 a 50 % de las especies animales terrestres (IPCC, 2007). Thomas *et al.* (2004) demostraron que para el año 2050, y con un rango medio de incremento de temperatura, en México el rango de extinción de las especies se incrementará, con una pérdida estimada de entre 8 y 26% de especies de mamíferos, de 5 a 8% de aves y 7 a 19% de especies de mariposas.



Foto: Víctor Kú, ECOSUR.

La península de Yucatán es particularmente susceptible porque se ubica en una zona de transición entre climas secos y húmedos, tiene una alta influencia marítima y sufre regularmente el embate de fenómenos hidrometeorológicos, los cuales se están intensificando como resultado del calentamiento de la superficie oceánica (Orellana *et al.*, 2003). Es de esperarse que la biota restringida a rangos climáticos limitados y hábitats restringidos, como lo son las islas y penínsulas, sean más vulnerables a la extinción (IPCC, 2002a). De la misma manera, especies con características fisiológicas o fenológicas particulares, como las tortugas marinas y cocodrilos que son comunes en Campeche y la península de Yucatán, y que dependen de la temperatura para determinar su sexo, son especialmente expuestos.

Los humedales son altamente vulnerables al incremento del nivel del mar, la sumergencia es un proceso que ocurre cuando el nivel del mar es mayor a la tasa de sedimentación, la inundación produce la muerte de los manglares, marismas y sabanas que componen los humedales; Parkinson *et al.* (1994) estiman que un incremento en el nivel del mar ~8mm/año erradicará el 1.3% de los manglares del mundo. Además esto significaría la pérdida del margen costero por erosión de los sedimentos.

La elevación del nivel del mar causará perturbaciones importantes a la región de Los Petenes. La intrusión de agua salada en el acuífero de agua dulce en este ecosistema único, tendrá un impacto en las especies vegetales que dependen del agua dulce para su permanencia. Recordemos que los Petenes son formaciones de vegetación no halófila, rodeados de un ambiente salobre. Al haber intrusión de agua salina debido al aumento en el nivel del mar (IPCC, 2002b), esta vegetación desaparecerá. Y con ella muchas especies de animales que tienen como hábitat estas formaciones de vegetación.

El calentamiento global también alterará los tiempos de las sincronías ecológicas y desarrollo de comportamientos en varias especies. Cambios en la sincronía y fenología de varias especies de plantas

puede tener impacto profundo en las poblaciones de fauna silvestre y su papel ecológico que cumplen. Los diferentes tipos de selva de la península de Yucatán, son fuente de alimento de una gran diversidad de fauna y constituyen el segundo macizo forestal más importante del país, además de ser un corredor de comunicación con América Central y del Sur. Cualquier cambio en la distribución y abundancia tiene efectos directos sobre la fauna y, por tanto, constituye la pérdida de biodiversidad. Las tendencias estimadas en la reducción de precipitación hasta en un 20% (IPCC, 2007) e incrementos en la temperatura de 1 a 3°C, sugieren una fuerte alteración en la permanencia de las selvas, iniciando con una alteración de los tiempos, duración, sincronización de los eventos fenológicos, los cuales determinan la floración, producción de hojas y frutos y reproducción de la especies vegetales. Los efectos de este proceso son la alteración directa de los ciclos alimenticios y reproductivos de la fauna que depende de las especies vegetales. Valdez Hernández *et al.* (2009) encontraron que las especies de selvas caducifolias que mostraban alta resistencia a periodos de



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

escasez de agua, están siendo fuertemente afectadas en su fisiología y fenología con la disminución de la precipitación e incremento en la temperatura, aun cuando se localizan cerca de cenotes o cuerpos de agua. Además, algunas de la especies de árboles que producen frutos altamente consumidos por la fauna y son típicas de las sucesiones tardías, como el zapote (*Manilkara zapota*), ya muestran señales de afectación por el cambio climático: los frutos son más pequeños y el número de semillas ha disminuido (Weterings *et al.*, 2008).

Reyna-Hurtado (2007) y Reyes-Martínez (2008), mencionan que las especies estrechamente dependientes de cuerpos de agua en la península de Yucatán, como pecaríes de labios blancos (*Tayassu pecari*), tapir (*Tapirus bairdii*) y zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), actualmente están alterando su comportamiento reproductivo por la disminución del recurso. Su tasa de reproducción disminuye y su desplazamiento por búsqueda de agua es mayor, lo cual las coloca en mayor riesgo de depredación y cacería. Estas especies son importantes ya que están involucradas en procesos clave en el ecosistema, en particular en la dispersión de semillas sobre largas distancias (tapir y pecarí de labios blancos) y la sanidad del bosque (zopilote rey). Sin embargo, su papel importante contrasta con su vulnerabilidad frente a la extinción.

Myers *et al.* (2002) estiman que las regiones megadiversas (Hots-pots), como Mesoamérica (dentro de la cual la mayor parte del área considerada es cubierta por territorio tropical mexicano), se albergan 24 000 especies de plantas, de las cuales 5 000 son endémicas (1.7% del mundo) y 2 859 especies de vertebrados, de las cuales 1 159 son endémicas (4.2% del mundo). La pérdida de esta diversidad significaría una catástrofe mundial, ya que los trópicos son centros de origen y difusores de la biodiversidad global, lo cual repercute a diferentes latitudes (Jablonski *et al.*, 2006). Además, es necesario estimar el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad estudiando la conectividad y variabilidad genética de las poblaciones de varios organismos modelo (Hénaut *et al.*, 2009).

A MANERA DE CONCLUSIÓN

En la actualidad existen muchos aspectos no conocidos sobre la biología de las especies; conocer los efectos del cambio climático acelerado constituye una meta científica urgente, la cual debe ser llevada a cabo por medio de investigaciones inter y multi disciplinarias. La península de Yucatán requiere el desarrollo de estudios que busquen incorporar métodos de muestreo en vegetación y fauna de forma integral, para identificar especies indicadoras de flora y fauna asociada a cambios climáticos drásticos; como, por ejemplo: especies con mayor vulnerabilidad, en peligro de extinción y asociadas a modificaciones en los patrones y procesos ecológicos que se ven asociados al cambio climático actual. El conocimiento generado en estos estudios debe servir para el diseño de medidas de mitigación ante el cambio climático. Estas medidas deben ser incorporadas en las políticas de manejo de áreas naturales, y consideradas dentro de la política ambiental nacional, solo de esta forma podemos contribuir a la preservación de la biodiversidad.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

REFERENCIAS

- Benton, M.J., V.P., Tverdokhlebov, y M.V. Surkov, 2004. Ecosystem remodelling among vertebrates at the Permian-Triassic boundary in Russia. *Nature*, 432: 97-100.
- Brenner M., M.F. Rosenmeier, D.A. Hodell, y J.H. Curtis, 2002. Paleolimnology of the Maya Lowlands: Long-term perspectives on interactions among climate, environment, and humans. *Ancient Mesoamerica*, 13: 141-157.
- Emanuel, K., 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years, *Nature*, 436: 686-688.
- Gill, R.B., 2000. The Great Maya Droughts: Water, Life, and Death. University of New Mexico Press, Albuquerque. 464 p.
- Haug G.H., D. Günther, L.C. Peterson, D.M. Sigman, A.H. Konrad, y B. Aeschlimann, 2003. Climate and the Collapse of Maya Civilization. *Science*, 299: 1731-1735.
- Hénaut Y., S. Machkour-M'Rabet, M. Pozo, S. Calmé y J. Cedeño, 2009. Estudio de la conectividad y de la diversidad genética de poblaciones de organismos modelos para entender el impacto del cambio climático sobre la biodiversidad en la frontera sur de México. En: Mitigación, adaptación y gestión de riesgo al cambio climático en la Frontera Sur. Propuesta de investigación presentada a la convocatoria del FORDECYT-CONACYT. El Colegio de la Frontera Sur. 22 p.
- Hodell D.A., M. Brenner, J.H. Curtis, R. Medina-González, E.I. Chan Can, A. Albornaz-Pat, y T.P. Guilderson, 2005. Climate change on the Yucatan Peninsula during the Little Ice Age. *Quaternary Research*, 63: 109-121.
- Hodell D.A., J.H. Curtis, y M. Brenner, 1995. Possible role of climate in the collapse of Classic Maya Civilization. *Nature*, 375: 391-394.
- IPCC, 2002a. Climate Change 2001: The Scientific basis. Cambridge, New York: Cambridge University Press. 881 p.
- IPCC, 2002b. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. H. Gitay, A. Suárez, R. Watson, y D. Dokken. (eds). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 85 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Climate change and water. IPCC Technical paper IV, Wembley.
- IPCC, 2007. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, y K. Tanabe (eds). National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japón.
- IUCN, 2004. Red list of threatened species: a global species assessment. J. Baillie, C. Hilton-Taylor, y N. Stuart (eds). The IUCN Species Survival Commission Switzerland and Cambridge, UK. 191 p.
- Jablonski D., K. Roy, y J.W. Valentine, 2006. Out of the Tropics: Evolutionary Dynamics of the Latitudinal Diversity Gradient. *Science*, 314: 102-106.
- Markgraf V., 1989. Paleoclimates in Central and South America Since 18000 BP Base don Pollen and Lake-Level Records. *Quaternary Science Reviews*, 8: 1-24.
- Mueller, A.D., G.A. Islebe, M.B. Hillesheim, D.A. Grzesik, F.S. Anselmetti, D. Ariztegui, M. Brenner, J.H. Curtis, D.A. Hodell, y K.A. Venz, 2009. Climate drying and associated forest decline in the lowlands of northern Guatemala during the late Holocene. *Quaternary Research*, 71: 133-141.
- Myers N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca, y J. Kent, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.

- Orellana R., G. Islebe, y C. Espada, 2003. Presente, Pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. p. 37-50. En: P: Colunga-García, y A. Larque (eds). *Naturaleza y sociedad en el área maya, pasado presente y futuro*. AMC.CICY México.
- Parkinson, R.W., R.D. DeLaune, y J.R. White, 1994. Holocene Sea-Level Rise and the Fate of Mangrove Forests within the Wider Caribbean Region. *Journal of Coastal Research*, Vol. 10, No. 4, 1077-1086
- Raup, D., y J. Sepkoski, 1984. Periodicities of extinctions in the geologic past. *Proceedings of the National Academy of Science*, 81:801-805.
- Reyna-Hurtado, R., 2007. Social ecology of the white-lipped peccary (*Tayassu pecari*) in Calakmul forest, Campeche, Mexico. PhD Thesis. University of Florida. Gainesville, Florida. 132 p.
- Reyes-Martínez Y., 2008. Caracterización a múltiples escalas espaciales de dormideros del zopilote rey (*Sarcaramphus papa*) en el sur de la Península de Yucatán. Tesis Maestra en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur. 76 p.
- Thomas C., A. Cameron, R. Green, M. Bakkenes, L. Beaumont, Y. Collingham, B. Erasmus, M Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. van Jaarsveld, G. Midgley, L. Miles, M. Ortega-Huerta, A. Townsend Peterson, O. Phillips, y S. William, 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*, 427: 145-148.
- Valdez-Hernández M., J.L. Andrade, P.C. Jackson, y M. Rebolledo-Vieyra, 2009. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant Soil*. DOI 10.1007/s11104-009-0142-7.
- Weterings M., S. Weterings-Schonck, H. Vester, y S. Calmé, 2008. Senescence of *Manilkara zapota* trees and implications for large frugivorous birds in the Southern Yucatan Peninsula, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 256: 1604-1611.



Foto: Jorge Borroto, C. N. N. P.