

BIODIVERSIDAD EN CAMPECHE



Foto: Rafael Reyna Hurtado.

AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD

VII

Jaime Rendón von Osten
Coordinador

Las amenazas a la biodiversidad son multifactoriales y éstas en su conjunto pueden tener un efecto adverso de tipo sinérgico por lo cual, en la mayoría de las ocasiones, es difícil establecer con evidencias una relación causa-efecto. Aunque el estado de Campeche se encuentra entre los estados con la menor densidad de población, se han identificado actividades humanas y procesos que tienen un efecto adverso directo o indirecto sobre la biodiversidad. Los procesos más importantes que afectan a la biodiversidad de Campeche son la pérdida de hábitat, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de recursos, la contaminación y los efectos asociados al cambio climático. La quema de terrenos para la preparación de áreas de cultivo, los incendios forestales y la apertura de nuevas tierras tanto para la agricultura como para la ganadería son las principales causas de pérdida de hábitat y por tanto, una de las principales amenazas a la biodiversidad de Campeche. Aunque se tienen identificados cuales son los procesos que tienen un impacto sobre la biodiversidad es necesario llevar a cabo estudios que evalúen de manera cuantitativa e integral estas amenazas con el fin de tener planes y acciones que permitan minimizarlas.

Introducción

Jaime Rendón von Osten
y Guillermo J. Villalobos Zapata

La biodiversidad es a menudo entendida como las diferentes especies de plantas, animales y microorganismos que existen o existieron en nuestro planeta. Pero también incluye toda la gama de variación y abundancia de genes, organismos, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y los procesos ecológicos de los que son parte (Sarukhán, 2006). La biodiversidad se compone en esencia de tres niveles: diversidad o variedad genética entre una misma especie, diversidad o variedad de especies dentro de los ecosistemas, diversidad o variedad de ecosistemas y/o biomas en la biosfera.

El número de especies sobre la tierra es muy basto, aún cuando desconocido en su mayoría. Se tienen catalogadas entre 1.4 y 1.8 millones de especies (en ciertas estimaciones se considera que debe haber en total unas 30 veces más ese número) (Pearce y Moran, 1994). Pese al avance, en los últimos doscientos años, es reconocido el desconocimiento sobre tantas especies.

Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la biodiversidad a nivel de ecosistema, se refiere a los conjuntos variados de las especies que caracterizan a los desiertos, bosques, humedales, praderas, lagos, ríos, paisajes agrícolas y otros. Cada ecosistema está formado por seres vivos que interactúan entre sí y con el aire, el agua y el suelo que lo rodea. Estas interconexiones múltiples dentro de y entre los ecosistemas forman interacciones vitales, de los cuales los seres humanos somos parte integrante y sobre la que dependemos.

AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD

En términos particulares, una amenaza es todo aquello que tenga una posibilidad o probabilidad de ocurrir, como causante de daño. Y el riesgo es el producto de la ocurrencia de la amenaza y su consecuencia. Sin la ocurrencia de amenazas el riesgo sería cero.

En términos de biodiversidad, el nivel de especies ha sido tomado como un indicador de “salud” de los ecosistemas. La evidencia

muestra que el ritmo de extinción de especies se ha acelerado en los últimos años (UNEP, 1995) por la intensa incidencia de las actividades humanas sobre el medio natural.

La pérdida de biodiversidad representa la reducción en la población de especies, con la consecuente pérdida de diversidad genética y el incremento de la vulnerabilidad de las especies y poblaciones a enfermedades, cacería y cambios fortuitos en las poblaciones.

La amenaza a la biodiversidad se puede decir que es aquel proceso o acción ambiental que, de manera directa, afectan la sobrevivencia de las especies, tanto de fauna como flora. De manera general se han identificado cinco procesos o acciones ambientales que amenazan a la biodiversidad siendo estos la pérdida del hábitat, el cambio climático, las especies invasoras, la sobreexplotación y los efectos de la contaminación.

En la figura 1 se muestra, a grandes rasgos, la magnitud de los impactos que ocasionan estos factores hacia los organismos. Asimismo, es importante recalcar que tanto el cambio climático como la contaminación son los factores que mantienen una tendencia a incrementarse en prácticamente todos los ecosistemas.

Dependiendo del sitio o región uno o más de estos factores influyen de manera más acentuada sobre la biodiversidad del estado de Campeche.

FACTORES QUE AFECTAN A LA BIODIVERSIDAD

En el estado de Campeche, los procesos o acciones que amenazan a la biodiversidad, se ven modificados y/o exacerbados por diversos factores que afectan de manera indirecta la pérdida de biodiversidad, la figura 2 menciona algunos de ellos:

- Cambio de uso de suelo.
- Desmonte para ganadería y agricultura.

- Construcción y ampliación de caminos y carreteras.
- Sobrepesca con prácticas y artes de pesca inadecuadas.
- Quemas descontroladas.
- Incendios provocados.
- Cacería y tráfico de flora y fauna silvestre.
- Introducción de especies exóticas de flora y fauna (desplazamiento de hábitat, introducción de enfermedades, competencia por fuentes de alimento).
- Crecimiento demográfico y asentamientos humanos irregulares en selvas, humedales, dunas y playas.
- Corte y extracción de madera clandestinamente.
- Actividades agrícolas incompatibles con la naturaleza, particularmente de los ecosistemas de selvas y humedales.
- Construcción de infraestructura inadecuada para proteger las playas de la erosión y del oleaje de tormenta.
- Desarrollo anárquico de la acuicultura y su impacto a la biota y hábitat de los ríos.
- Falta de aplicación y seguimiento de los instrumentos de planeación (e.g. programas municipales de ordenamientos ecológicos territoriales, programas directores urbanos, programas de conservación y manejo de áreas naturales protegidas).
- Planes de reforestación y programas gubernamentales no coordinados entre sí, sin seguimiento y que promuevan diversas actividades que inducen deforestación de selvas, humedales y la alteración de cauces fluviales naturales.
- Quema crónica de basura, tala de vegetación, tala y relleno de humedales.
- Alteración de la calidad del agua superficial y de los mantos freáticos por los desechos municipales, debido a la falta de sistemas integrales de drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas.

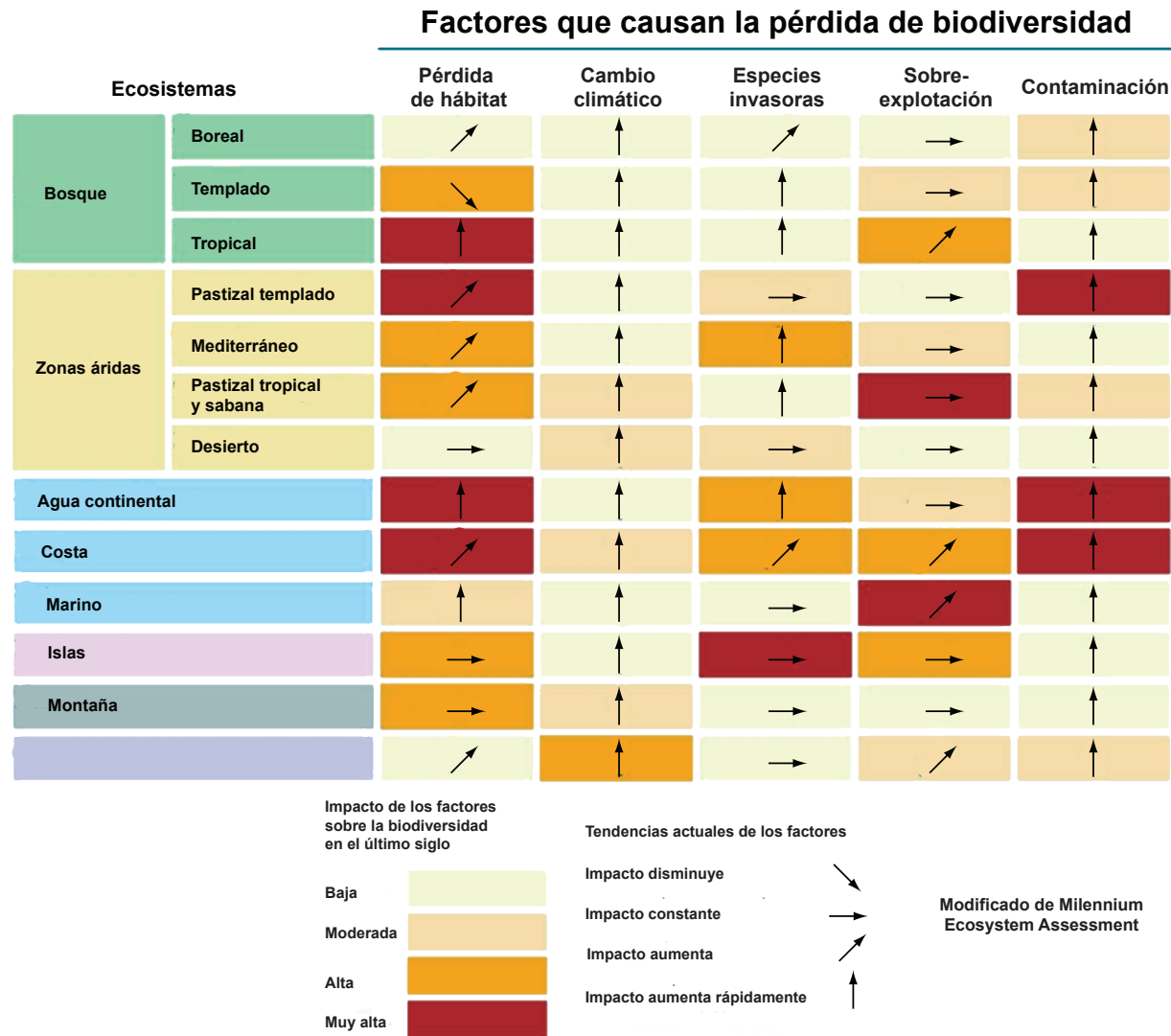


Figura 1. Procesos o causas ambientales que ocasionan pérdida de la biodiversidad en los diferentes ecosistemas (USAID *et al.*, 2001).

Causas de pérdida de biodiversidad y sus factores asociados	
Pérdida de hábitat	Incendios forestales. Deforestación. Cambio de uso del suelo.
Especies invasoras	Introducción de especies exóticas en acuicultura (tilapia) y especies invasoras en ríos (pez diablo o plecostomus).
Sobreexplotación	Pesca (e.g. camarón, pulpo). Caza y tráfico (e.g. venado cola blanca, venado temazate, jaguar, tepezcuintle).
Efectos de la contaminación	Uso de agroquímicos. Desechos municipales sin tratar Alteración de la calidad en cuerpos de agua.
Cambio climático	Los efectos asociados al calentamiento global y el cambio climático causaran perdida de biodiversidad, poco estudiada localmente por su complejidad al establecer con los datos existentes una relación clara de causa - efecto.

Figura 2. Amenazas o causas de pérdida de biodiversidad y factores que modulan estas amenazas en el estado de Campeche.

REFERENCIAS

- Sarukhán, J. (Coord. Gral.), 2006. Capital Natural y Bienestar Social, CONABIO, México, D.F., 71 p.
- Pearce D. y D. Moran, 1994. The Economic Value of Biological Diversity, London, Earthscan.
- UNEP, 1995. Informe de la Conferencia Intergubernamental para la Adopción de un Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino Frente a las Actividades Realizadas en Tierra. UNEP(OCA)/LBA/IG.2/6
- USAID, PRONATURA PY, The Nature Conservancy, CONANP, APFFLT y RBPC, 2001. Planeación para la Conservación de Sitios de Pantanos de Centla y Laguna de Términos. CD (mapas).

Problemática

*Jaime Rendón von Osten
y Guillermo J. Villalobos Zapata*

En Campeche, como en el resto de México y el mundo, el ser humano y sus actividades se han convertido en los principales factores de alteración de los ecosistemas y las funciones ecológicas de éstos, amenazando la existencia de la biodiversidad presente en ellos.

Para el caso del estado de Campeche, las amenazas a la biodiversidad se presentan tanto en el ámbito terrestre como en los cuerpos de agua de sus 11 municipios. Sin embargo, los factores de disturbio son diferentes en cada ambiente, como pueden ser en las selvas altas, medianas y bajas, los arrecifes coralinos o los ecosistemas de cenotes y sus acuíferos, entre otros.

FACTORES INDIRECTOS

De los factores indirectos que afectan a la biodiversidad se tiene al crecimiento demográfico que exige bienes de consumo y espacio y, por otra parte, a las amenazas que surgen debido al desorden y la falta de seguimiento en la aplicación de la normatividad de las actividades humanas, así como por la falta de conciencia y educación ambiental, entre otras.

Crecimiento demográfico como factor de amenaza a la biodiversidad

El II Censo Nacional de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2006), reporta un total de 754 730 habitantes* para el estado de Campeche, lo que lo ubica como el tercer estado menos poblado y con la menor tasa promedio de crecimiento del país, junto con Baja California Sur y Colima. Sin embargo, históricamente el Estado ha registrado dos picos importantes de crecimiento, uno en la década de los años 40, en

* 822 001 habitantes en 2010, datos preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010.

el cual el crecimiento de la población se incrementó de manera importante por políticas de redistribución de la población y el segundo en la década de los 60, en la cual, la población del estado casi se duplicó en comparación con la que había en 1900 (INEGI, 2006). Este último crecimiento está vinculado con la llegada de la actividad petrolera en la sonda de Campeche que hasta la fecha se mantiene (figura 1).

Actualmente, del total de la población habitando el estado de Campeche, el 74% es urbana y el 26% es rural, siendo las ciudades costeras de San Francisco de Campeche, Cd. del Carmen y Champotón las ciudades más grandes y las cuales concentran la mayor población urbana (72.3% del total estatal). El crecimiento diferencial de los municipios, en términos del número de personas y en el incremento en el consumo per cápita, ha tenido y seguirán teniendo un impacto sobre la demanda de recursos naturales, los servicios ambientales asociados a ellos, así como en el impacto sobre la biodiversidad. Esto es importante considerarlo en los procesos de planeación y ordenamiento, más aún cuando la tasa de crecimiento promedio anual de la población (1.8%) en los periodos 1995-2000 y 2000-2005 se registró por arriba de la nacional (1.3 %) (INEGI, 2006).

Con la generación del décimo municipio del estado de Campeche, Calakmul (1995), tiene una participación activa en la conservación de la biodiversidad al poseer dos áreas naturales protegidas, Calakmul y Balam-Kú. Las comunidades asentadas en estas áreas no son históricas sino vinieron de otros estados del centro y norte del país. Por lo tanto, la explotación de la selva y su transformación no ha sido sustentable, aunado al reto de no contar con agua, la cual se tiene que traer a través de un acueducto a un costo ambiental enorme. Se ha tratado de realizar ordenamientos comunitarios y municipales en estas áreas protegidas pero al no decretarse, sigue el uso desordenado de recursos vegetales y animales, no obstante que su vocación y aptitud es en pro de actividades de conservación y turismo alternativo. Aunado a lo anterior, en esta región la biodiversidad se ve amenazada por

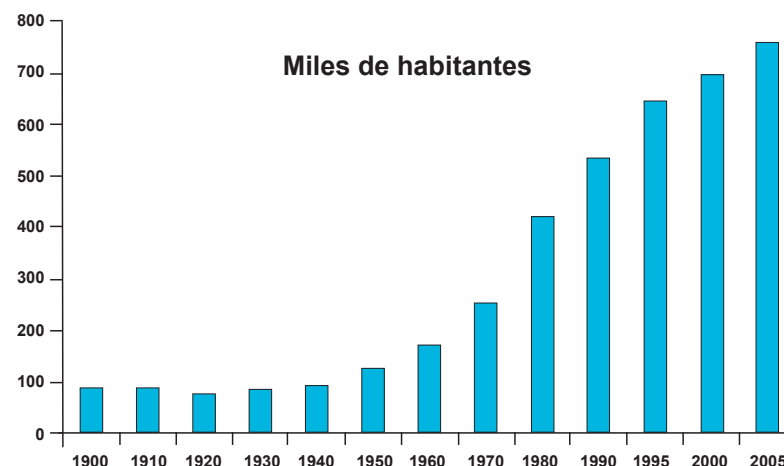


Figura 1. Población total histórica del estado de Campeche, periodo 1900-2005. (INEGI, 2006).

el Plan Puebla-Panamá en el cual se considera la construcción de una carretera que atravesaría la Reserva de Calakmul.

FACTORES DIRECTOS

Destrucción de hábitat (deforestación y fragmentación natural y antrópica de hábitat)

Procesos económicos, pasados y recientes, planteados por lo general al margen de cualquier criterio de sustentabilidad, han dejado deterioro en el territorio campechano, que si bien, en términos de su extensión y alcance están concentrados en áreas específicas, su severidad e impacto en la biodiversidad ha sido importante.

La transformación histórica, así como el cambio de uso de suelo actual, que se presenta en los ecosistemas del estado de Campeche, se debe en gran medida a: la ganadería extensiva en los municipios de Escárcega, Candelaria, Palizada y Carmen; la intensificación agrícola y la agricultura itinerante del 26% de la población rural; el crecimiento urbano en las principales ciudades y comunidades de los 11 municipios; el desarrollo desorganizado de infraestructura de carreteras y caminos rurales y; en general, a los modelos tecnológicos empleados inadecuadamente para la biodiversidad del trópico húmedo.

Los resultados derivados de diferentes procesos de planeación, registran que el cambio de uso de suelo, la deforestación y la fragmentación del hábitat son las amenazas más importantes en términos de su impacto a nivel de superficie territorial. En el municipio de Calakmul, las amenazas más altas a nivel de ecosistema se registraron en las selvas altas y selva mediana perennifolia y subperennifolia (Serrano y Lasch, 2004). El sistema de producción agrícola se basa en el desmonte de la vegetación natural, ya que la preparación del terreno en la mayoría de los casos, es mediante el sistema roza, tumba y quema.

Los terrenos agrícolas, por lo general, se cultivan durante tres años consecutivos y luego inicia nuevamente un proceso de roza-tumba-quema en otra área de selva (Poot *et al.*, 2006). Estos impactos directos sobre los ecosistemas y sus servicios asociados, son originados por el crecimiento demográfico y urbano mal planificados; la agricultura itinerante; la apertura de caminos y brechas, así como los derivados por los incendios forestales (Morales y Magaña, 2001). Los impactos más severos se han registrado en los municipios de Candelaria, Escárcega, Hopelchen y Calakmul, con eventos menores dentro de los límites de las áreas naturales protegidas de Los Petenes y laguna de Términos.

Mundialmente la construcción de carreteras y de vías de comunicación se considera como una de las principales amenazas a la biodiversidad (Geneletti, 2003), principalmente por la conversión de una cubierta original por una superficie artificial. Asimismo, tiene efectos colaterales como la fragmentación del hábitat y la degradación del ecosistema ocasionada por la contaminación al suelo, agua y aire (Rheindt, 2003).

En términos de infraestructura carretera el municipio es atravesado en su parte media por la carretera federal No. 186, Escárcega-Chetumal la cual fue construida en los años 70. A partir de 2006 se inició un proceso de modernización que incluye la ampliación a 12 metros de este tramo, que de acuerdo al Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (SCT, 2007), este tramo carretero, está programado a ampliarse a 4 carriles. Asociado a esta ampliación y de forma paralela suman sus impactos el acueducto y el tendido de la línea eléctrica en todo ese trayecto. Este tipo de infraestructura y sus impactos acumulativos, hasta el momento no han concretado medidas de buenas prácticas, ni de mitigación que permitan mantener la conectividad faunística de macizo forestal que incluye más de 1 200 000 hectáreas, bajo protección oficial ya que en este municipio se ubican dos

ANP estatales: el Área Sujeta a Conservación Ecológica Balam-Kú y Balam-Kin y la Reserva de la Biosfera Calakmul (ANP federal) y que son parte del Corredor Biológico Mesoamericano.

El otro tramo carretero que fragmenta el macizo forestal es la carretera que va de Dzibalchen-Xpujil-Arroyo Negro. En el primer tramo (Dzibalchen-Xpujil), está considerada una modernización que incluye una ampliación a 3 carriles en el 2012 (SCT, 2007). En la zona sur-oriente del municipio se ha trabajado en la pavimentación del tramo carretero que viene de la localidad de Caobas y que entroncará al tramo que viene de Xpujil, Municipio de Calakmul.

Se ha dicho que el descontrol y tráfico en la expedición de permisos para la explotación forestal y el inadecuado manejo de compradores ha provocado una deforestación, en más de 200 mil hectáreas de zona maderera que existen en el estado de Campeche. Asimismo, se ha mencionado que el actual marco legal forestal alienta la corrupción y saqueo de los recursos madereros, al no existir un adecuado control sobre el corte de madera (http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=40351&tabla=estados).

El caso de la deforestación que se presenta en la zona de Calakmul y Candelaria es muy particular, ya que a partir de 1973 como consecuencia de las políticas de colonización del momento y a la apertura de la carretera Escárcega-Chetumal, la población del sur de Campeche creció a más de 60 000 habitantes, 23 115 en Calakmul y 37 681 en Candelaria, en menos de 30 años. Los actuales pobladores de la frontera sur de Campeche vienen de casi todos los estados de la República Mexicana, predominando tabasqueños, veracruzanos, chiapanecos, duranguenses, tlaxcaltecas, así como campechanos del norte.

La formación de pastizales para la ganadería es probablemente la actividad responsable de la mayor pérdida de cubierta vegetal en el estado desde 1969. De acuerdo con Turner *et al.* (2001), la deforestación anual en el sur de Campeche ha sido de 3.9% desde 1969 y el



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

mayor impacto se dio a finales de los 70 y principios de los 80 durante el boom petrolero en que se deforestaron más de 10 000 hectáreas de bajos para abrir pastizales y arrozales. Los arrozales fracasaron, y las áreas abiertas fueron transformadas en potreros (Klepeis y Turner, 2001).

La acelerada deforestación y pérdida de diversidad biológica llevó a organizaciones no gubernamentales, y académicas a presionar para la protección de la selva en el sur del estado de Campeche. Debido a lo anterior, se decretó como reserva ecológica con una extensión de 723 185.125 hectáreas en lo que hoy es el municipio de Calakmul para proteger un área en la que existen por lo menos 17 especies de anfibios, 43 especies de reptiles, 363 especies de aves, y cerca de 100 especies de mamíferos (Weber, 1999).

En 1993 la reserva de la Biosfera de Calakmul, ingresó a la Red Internacional del Programa El Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO convirtiéndose en una de las reservas de la biosfera más grandes del mundo. Es patrimonio natural y cultural de la Humanidad. Probablemente debido al Programa de Manejo de la Reserva de Calakmul se observa una desaceleración en la tala de monte alto por parte de los ejidatarios del municipio y una concentración en acahuals de 12 y 15 años (Turner *et al.*, 2001).

Como amenazas a la biodiversidad de las áreas naturales protegidas de Campeche, se tienen: incendios forestales, caza, tala y pesca furtivas, tala de mangle y extracción de arena en el ANP de Laguna de Términos y Petenes, y la cacería ilegal en Calakmul particularmente la zona norte y la zona de Constitución. Asimismo, el uso de artes de pesca prohibidos (tanques de buceo para captura de pulpo) y captura de recursos pesqueros en periodos de su veda. Por otra parte se tiene la falta de definición de la superficie y límites de los terrenos nacionales, la irregularidad de la tenencia de la tierra, uso de tecnologías no sustentables con relación a los ecosistemas de influencia (usos de agroquímicos convencionales en humedales dentro del Área de Pro-

tección de Flora y Fauna “Laguna de Términos”). De igual manera, como amenazas se tiene la introducción y descontrol de las especies invasoras como tilapia y el pez diablo en las aguas del ANP Laguna de Términos, y finalmente el cambio de uso de suelo en las selvas medianas y alta por invasiones para asentamientos, ganadería y agricultura particularmente en Calakmul y las áreas naturales protegidas estatales de Balam-Kin y Balam-Kú.

Como amenazas naturales en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, se tienen a las sequías prolongadas e incremento de temperatura ambiental en el mediano y largo plazo, carencia de agua y competencia por ella entre el hombre y la fauna silvestre (Reyna Hurtado *et al.*, 2010)

Sobre-explotación de recursos

La extracción ilegal y selectiva de flora y fauna derivada de la cacería tradicional, la cacería deportiva sin control, así como, la extracción de flora y fauna silvestres para su comercialización, aunada a la destrucción y alteración de sus hábitat son las amenazas más importantes registradas en la región de Calakmul y laguna de Términos, de acuerdo a la Delegación de SEMARNAT en Campeche (Escamilla, 2009. Com. pers.). En cuanto a fauna, 10 especies de aves y de mamíferos fueron registradas ya que representaron el 96% de los registros de cacería de subsistencia. Dentro de las especies cazadas se encuentran el venado temazate (*Mazama americana*) y cola blanca (*Odocoileus virginianus*), curassow (*Crax rubra*), pavo ocelado (*Meleagris ocellata*), agutí (*Dasyprocta mexicana*), pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) y pecarí de collar (*Pecari tajacu*).

En cuanto a las acciones de atenuación de la pérdida de vida silvestre, se generan y promueven las Unidades de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA), que se incluyeron en 1997 en el Marco del Programa de Conservación de la Vida Silvestre

y Diversificación Productiva del Medio Rural. Su principal propósito fue establecer incentivos para la configuración de intereses privados y públicos a favor de la conservación y la necesidad de abrir nuevas oportunidades para generar ingresos, empleos y divisas en las áreas rurales (SEMARNAP, 1997). Dentro de las metas de las UMA se pretende: disminuir las probabilidades de extinción de especies de alto significado, fomentar su recuperación y promover la participación social, con base a información económica técnica y científica sólida. Sin embargo, éstas no han funcionado al 100% desde su creación, ya que a pesar de que se establecen con estudios técnicos, la mayoría de ellos son poco sólidos y sin validación por entidades académicas o especialistas, aunado al desigual manejo, evaluación y seguimiento respecto a las tasas asignadas para su cacería y el número reportado de organismos cazados. De acuerdo a la demanda de especies para caza, las autorizadas son: pavo ocelado, faisán, venados (temazate y cola blanca), cojolite, pecarí de labios blancos y de collar. Así se tiene que el pecarí de labios blancos es considerado por los especialistas como el mamífero terrestre más amenazado en México y forma parte de las especies cinegéticas autorizadas de más valor.

En cuanto a la vegetación, la producción de carbón en zonas de selvas bajas y medianas se inició en 2002 en la región de Calakmul, Hopelchen y Escárcega. En un principio, se consideró como una alternativa para el uso de maderas caídas por los huracanes, ya que estas maderas son fuente de combustible para incendios forestales y hospederos de plagas. Sin embargo, la actividad, amparada por los permisos emitidos por la SEMARNAT, poco a poco fue aumentando a medida que la demanda de algunas comunidades crecía. La poca capacidad de las autoridades para evaluar y dar seguimiento a los permisos autorizados, ha contribuido a que esta actividad sea una amenaza creciente para los ecosistemas; crece sin mucho control y se usan maderas que son de alta calidad para la producción del carbón y, pocas veces, usan

la madera caída por su baja calidad o por el trabajo de transportarla a zonas accesibles. Las comunidades que más realizan esta actividad son: Constitución, Nuevo Becal, Nueva Vida y Zoh-Laguna (Poot *et al.*, 2006). Pero la actividad se ha extendido hasta los municipios de Hopelchén y Escárcega, donde particularmente en Hopelchén la conversión de vegetación primaria a zonas de cultivo por parte de comunidades Menonitas es alta y no es regulada de forma oficial.

Daño por plagas y enfermedades

La actividad agropecuaria y forestal también se ve amenazada por plagas y enfermedades virales. Para 2008, se reportaron 400 hectáreas de superficie forestal afectadas por gusanos barrenadores (*Hypsipyla grandella*) de meliáceas (INEGI/Gobierno del Estado de Campeche, 2009), de las cuales 275 ha tuvieron tratamiento de control. La pérdida de zonas forestales, cualquier que sea la causa, siempre trae consigo la pérdida de hábitat para la biodiversidad.

Asimismo, en la península de Yucatán, se tuvo que en el periodo de 1977 a 1991, 15 400 hectáreas, cultivadas con coco Alto del Caribe, Alto del Atlántico o “indio” fueron arrasadas por la enfermedad conocida como amarillamiento letal del cocotero. En el estado de Campeche se perdieron 7 200 hectáreas de coco por el amarillamiento letal del cocotero (ALC) la cual es una enfermedad introducida y cuyo agente causal es un fitoplasma (antes llamados organismo tipo micoplasma, OTM). El cocotero sirve como regulador de microclima y además previene la pérdida de suelo.

Una plaga que afecta los cultivos de la península de Yucatán, pero en especial a los de Campeche, es la langosta o saltamontes (*Schistocerca pallens*) que se encuentra distribuida desde el sureste de la República Mexicana (Chiapas, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán) hasta los estados de la vertiente del Golfo de México (Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz) y del Pacífico (Oaxaca,



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

Guerrero, Colima, Jalisco, Nayarit y Michoacán), sin embargo, las primeras dos zonas son las que representan mayor importancia, por poseer áreas gregarígenas, es por ello que son las que cuentan con la campaña contra langosta.

La langosta tiene un alto potencial reproductivo y la capacidad de formar mangas que consumen en 24 horas 5 veces su peso, por lo que una manga de 3 000 000 de langostas llega a consumir hasta 30 toneladas de vegetación; esto aunado a que logra desplazarse grandes distancias en poco tiempo (hasta 20 km/hora). Es una de las plagas agrícolas más importantes en el sureste de nuestro país y se considera plaga potencial para otros estados de la vertiente del Golfo de México y del Pacífico; lo anterior, debido a que llega a atacar hasta 400 especies vegetales. Los cultivos más afectados son: maíz, frijol, sorgo, arroz, soya, cacahuete, caña de azúcar, chile, tomate, cítricos, plátano, coco y pastizales, entre otros.

Incendios forestales

Para 2008 (INEGI/Gobierno del Estado de Campeche, 2009), se registraron 42 incendios forestales que siniestraron 1 087 hectáreas, de las cuales 63 hectáreas, fueron pastos, y el resto fue superficie arbolada. Esto deja señalado la gravedad de esta amenaza para los hábitat y ecosistemas terrestres en Campeche.

Con datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en 2009 el estado de Campeche se ubicó en el segundo lugar a nivel nacional en incendios forestales, y la región sureste (Yucatán, Campeche y Quintana Roo) se concentró el 60% de los incendios de todo el país provocado por la quema rústica en actividades agropecuarias.

Campeche perdió 4 335 hectáreas de áreas verdes por 56 incendios, mientras que en el municipio de El Carmen se han reducido 315 hectáreas de selva virgen por tan sólo cuatro incendios en los últimos nueve años.

Es importante mencionar que el 80% de los incendios forestales son producidos por actividades agrícolas, es decir, en donde los productores realizan sus actividades de roza-tumba-quema, sin embargo a nivel nacional se busca disminuir significativamente esta situación debido a la pérdida de áreas verdes, árboles, bosques y selvas.

Contaminación por actividades agropecuarias

La agricultura itinerante (roza-tumba-quema) que se realiza en la región, utiliza diferentes agroquímicos para el combate de plagas, dentro de las que destacan las malezas y los insectos, así como, fertilizantes químicos. En general, no se cuenta con una asesoría, que brinde las indicaciones necesarias para una aplicación segura. Entre los cultivos que más agroquímicos usan para asegurar su producción están el arroz, sorgo, caña de azúcar, algodón, sandía, frijol, maíz, frutales, tomate, calabacita, entre otros. De los agroquímicos que más se usan están el propanilo, paraquat, benomil, carbofuran, clorpirifos, metomilo, 2,4-D, captán, endosulfán, malatión, metamidofós, paratión, mancozeb y diurón (Benítez y Bárcenas, 1996a y 1996b; Morales y Ojeda, 2000; Rendón-von Osten *et al.*, 2004; Poot *et al.*, 2006).

Dependiendo del paquete tecnológico la cantidad de plaguicida aplicada varía de acuerdo al tipo de cultivo, sin embargo, se tiene en promedio una aplicación de 36 kg i.a./1 000 hectáreas. Cabe destacar que el uso de herbicidas es más intenso que el de los insecticidas (Benítez y Bárcenas, 1996a). Dependiendo de la cantidad empleada y de la toxicidad del agroquímico, de los principales plaguicidas identificados que tienen mayor efecto sobre la biodiversidad se tienen al carbofuran, clorpirifos, propanilo, molinate, endosulfán y malatión (Rendón-von Osten *et al.*, 2005a; Benítez y Bárcenas, 1996b).

Hay dos formas de evaluar el impacto de la contaminación sobre la vida silvestre, una es determinando las concentraciones de contaminantes que existen en algún tejido de los organismos, lo cual no

indica que exista un daño pero si un riesgo, y otra es a través de la evaluación de biomarcadores de efecto que dan información sobre las alteraciones a las cuales están sujetos los organismos expuestos. Desafortunadamente, en México hay menos información generada acerca de los efectos adversos ocasionados por los contaminantes que la determinación de las concentraciones en diferentes tejidos de organismos silvestres.

AMENAZAS A ORGANISMOS ACUÁTICOS

Históricamente la flora y fauna acuática recibe menos atención y menos regulación que las terrestres, entendiendo que esto se debe a la mayor dificultad y elevados costos que implica su estudio, manejo y conservación.

Para el caso de Campeche, las principales amenazas actuales para la flora acuática tanto de agua dulce como salobre y salada, superficial y subterránea, han sido: la contaminación de los cuerpos de agua por los desechos municipales, los lixiviados crónicos de los tiraderos de basura, los desechos y lavado crónico de las tierras agropecuarias inundables (tabla 1).

Organismos sésiles (bivalvos)

Los bivalvos han sido empleados muy extensamente como organismos para monitorear la presencia de contaminantes, en específico de los orgánicos persistentes y los metales pesados. Lo anterior es que estos organismos presentan ventajas con relación a otros organismos acuáticos para poder ser empleados como organismos centinela, entre las que destacan su amplia distribución en México, son organismos filtradores y, por lo tanto, bioconcentran contaminantes, además presentan tasas metabólicas bajas que ocasionan que los compuestos no se biodegraden rápidamente.

Tabla 1. Recurso impactado y fuente de impacto y sus localidades de influencia.		
Recurso impactado	Fuente de impacto y amenaza	Localidad de influencia
Macroalgas y pastos marinos.	Desechos líquidos municipales no tratados.	San Francisco de Campeche y Cd. del Carmen.
Vegetación de agua dulce, Macroalgas y pastos marinos.	Descargas fluviales de los ríos Palizada, Chumpan, Candelaria y Mamantel. Especies invasoras (Tilapia y pez plecostomo).	Sistemas lagunares y Bocas estuarinas de los sistemas fluviolagunares estuarinos en laguna de Términos.
Mangle (principalmente mangle rojo y mangle negro).	-Contaminación por desechos sólidos y líquidos, -Rellenos para cambio de uso de suelo, - Tala para convertir a carbón, - Erosión costera, - Avance de la cuña salina en la zona costera por efecto del incremento del nivel medio del mar por cambio climático.	Litoral de San Francisco de Campeche, Champotón y litoral interno de Isla del Carmen, Atasta, Puerto Rico y Boca Chica, Isla Arena.
Cíclidos nativos.	-Pérdida de hábitats y competencia por alimentos ante la amenaza de las especies invasoras de tilapia y plecostomus. -Impacto a la salud por introducción de enfermedades de las especies invasoras de tilapia y plecostomus.	Sistemas fluviales y lagunares: Palizada, Chumpan, Candelaria, Mamantel y lagunas de Pom y Atasta y Términos
Pérdida de vegetación de duna.	Cambio de uso de suelo por proyectos turísticos y residenciales de playa.	Litoral desde Isla Aguada hacia Champoton.

En ostiones (*Crassostrea virginica*) y almejas (*R. cuneata*) de la desembocadura del río Palizada se presentaron concentración de Σ DDT de $1.49 \mu\text{g g}^{-1}$ y $1.44 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente (Gold-Bouchot *et al.*, 1995).

Por otra parte, en un estudio realizado en la laguna de Términos, Campeche en donde se determinaron residuos de plaguicidas organoclorados y policlorobifenilos (PCBs) en catorce bancos ostrícolas de *Crassostrea virginica* (Carvalho *et al.*, 2009) se obtuvieron concentraciones promedio de Σ DDT $5.8 \pm 3.0 \mu\text{g g}^{-1}$ peso seco ($1.27 - 12.67 \mu\text{g g}^{-1}$), de Σ PCB $0.73 \pm 1.15 \mu\text{g g}^{-1}$ ($0.013 - 4.8 \mu\text{g g}^{-1}$) y de Σ endosulfanes $0.385 \pm 0.153 \mu\text{g g}^{-1}$ ($0.162 - 0.670 \mu\text{g g}^{-1}$). En la figura 2 se observan las concentraciones determinadas en los ostiones *C. virginica* de la laguna de Términos.

Los resultados anteriores indican que, de acuerdo a la distribución de los PCB y DDT en la laguna de Términos, éstos se originan en ciudades y pueblos alrededor de la laguna. Los DDTs parecen estar relacionados con las aplicaciones para el control de los vectores de la malaria. Los residuos de PCB muy probablemente están vinculados con los residuos vertidos procedentes de talleres de reparación y otras actividades industriales en las ciudades. Ciudad del Carmen, en particular, parece ser la fuente principal de estos compuestos para el ambiente lagunar. Las concentraciones determinadas en los ostiones indican que existe una bioacumulación de estos compuestos con relación a los determinados en los sedimentos. Los valores de los factores de bioconcentración (FBC) determinados (Lindano: 1115; Σ pp-DDT: 32 080; Σ Endosulfan: 27 800 y Σ PCB: 1 270) se encontraron en acuerdo con los datos publicados en la literatura lo cual confirma la biomagnificación de estos compuestos en la cadena alimentaria.

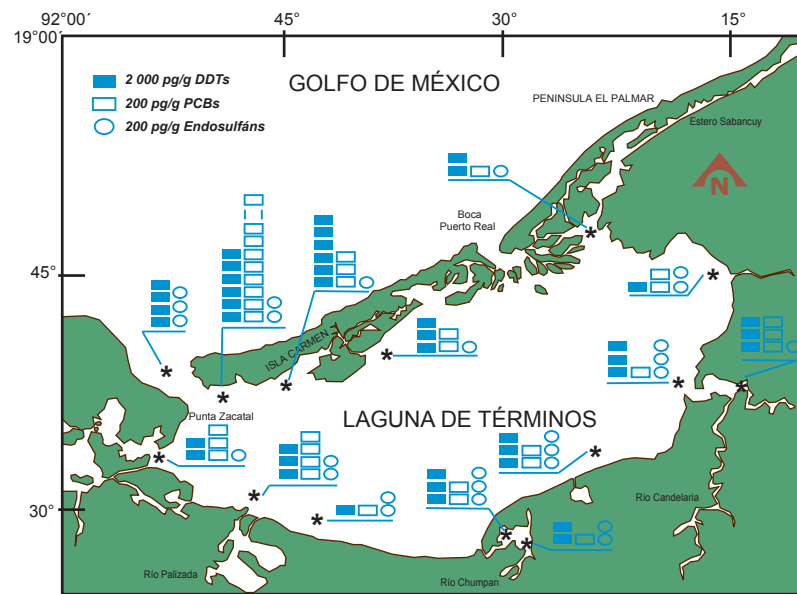


Figura 2. Distribución de Σ DDT, Σ PCBs y Σ endosulfanes en ostiones (*C. virginica*) de la laguna de Términos, Campeche.

Residuos de contaminantes en camarón

Debido a la importancia ecológica y de productividad, la laguna de Términos (LT) en Campeche ha sido estudiada con mayor frecuencia que muchos otros ecosistemas. Es importante mencionar que en esta región se llegó a usar anualmente hasta 10 toneladas de DDT para el control del dengue, por lo que es importante analizar la tendencia que pueden presentar estos residuos en los diferentes compartimentos ambientales. En el caso del camarón, el cual genera divisas importantes, se ha determinado la presencia de estos compuestos; por ejemplo, en 1993 se reportó una concentración de Σ -DDT en camarón blanco (*L. setiferus*) de 0.69 ng g^{-1} (Gold *et al.*, 1993) y, en 1995, de 0.25 ng g^{-1} (Gold *et al.*, 1995). Asimismo, camarones blanco (*L. setiferus*) de la LT presentaron concentraciones promedio de 0.0042 ng g^{-1} de Σ -DDT (Rendón-von Osten y Memije, 2001), y en camarones rosados (*F. duorarum*) de la Sonda de Campeche se determinaron concentraciones promedio de 33.6 ng g^{-1} de Σ -DDT (Rendón-von Osten y Memije, 2005). Por otra parte, en camarones siete barbas (*X. kroyeri*) procedentes de la zona occidental de la LT se tuvieron concentraciones promedio de 2.74 ng g^{-1} de Σ -DDT (Rendón-von Osten *et al.*, 2005). Como se observa en la figura 3, las concentraciones de Σ -DDT en camarones no han disminuido sustancialmente, sin embargo, las concentraciones más altas corresponden a los productos de degradación DDE y DDD, lo que indica que el uso del DDT ha disminuido y debido a las características de estos contaminantes, es muy probable que los residuos de estos compuestos provengan de diferentes fuentes, incluyendo la atmosférica.

Es importante mencionar que los camarones analizados en la laguna de Términos corresponden a diferentes especies, por lo que es necesario tomar en consideración que los residuos analizados dependerán principalmente de los hábitos alimenticios de cada especie y sus áreas de distribución.

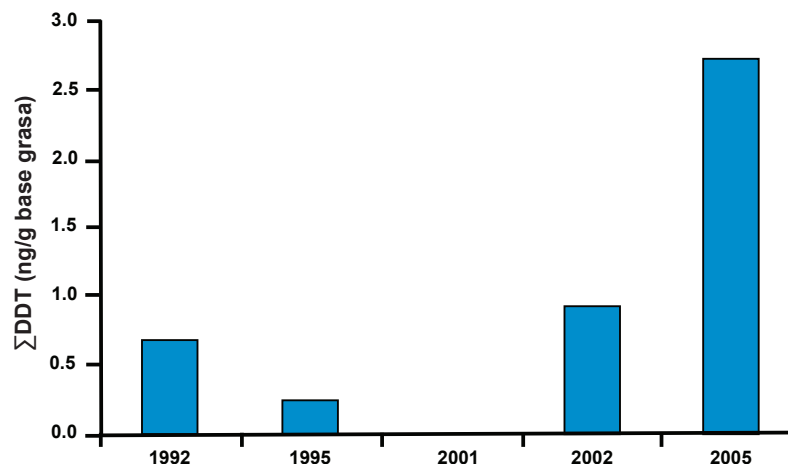


Figura 3. Residuos de Σ -DDT en camarón de la laguna de Términos, Campeche.

Aunque las concentraciones de contaminantes químicos determinadas en organismos no indiquen algún efecto adverso en ellos, su sola presencia representa un riesgo a la vida silvestre. Debido a lo anterior es necesario evaluar el efecto de los contaminantes a diferentes niveles de organización ecológica, desde el nivel bioquímico en individuos hasta nivel de ecosistema. Una de las formas de establecer el posible daño de los contaminantes sobre los organismos es a través del uso de biomarcadores específicos de exposición y de efecto, lo cual daría un panorama más amplio del posible efecto de los contaminantes y, si son evaluados de manera temprana, es posible tomar las acciones necesarias antes de que el efecto adverso sea irreversible.

La sonda de Campeche representa una de las principales fuentes de recursos pesqueros para el estado y es por eso que se han determinado

residuos de contaminantes en camarones de esta zona. Por ejemplo, Vázquez *et al.* (2001), realizaron un estudio de metales (Cu, Pb, Cd, Cr, Mn, Zn, Ag, Ba y Fe) en peces (*Siacium gunteri* y *Lutjanus analis*) y camarones (*Penaeus setiferus*) colectados en diferentes áreas. Los resultados muestran que la concentración de dichos metales (Cu: 1.3-10.5 $\mu\text{g g}^{-1}$ peso seco, Pb: 0.15- 8.5, Cd:0.001-4.88, Cr: 1.3-9.8, Mn:0.1-0.6, Zn: 41-202, Ag: 0.002-1.5, Ba:9.3-55.7, Fe: 8.5-236 mg kg^{-1}) en músculo, gónadas y vísceras de los peces no presentan variaciones en función del área de colecta, con excepción del Ba y el Zn. Estos metales mostraron las concentraciones más altas en los músculos y gónadas de los peces dentro del área de circulación restringida, adyacente a las plataformas. En camarones (*P. setiferus*) se analizaron los músculos y cabezas en tres áreas diferentes y, en general, los valores más altos se presentaron en la cabeza (Cu: 17.1-125 $\mu\text{g g}^{-1}$ peso seco, Pb:1.7-13.1, Cd:1.7-15.9, Cr:1.2-15.9, Mn:0.1-1.1, Zn:55-161, Ag:16-2.7, Ba:11.6-90.6, Fe:59-285) y no se observaron diferencias significativas en las concentraciones con respecto a las áreas estudiadas.

Por otra parte, se realizó en la sonda de Campeche un estudio en el cual se determinaron metales pesados, hidrocarburos aromáticos, plaguicidas y policlorobifenilos (PCBs) en camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*) procedentes de 20 sitios de muestreo (Vidal-Martinez *et al.*, 2006). Los resultados indican que prácticamente todos los camarones presentaron residuos de cada uno de los grupos de contaminantes mencionados. Así, se determinó benzo(a)pireno y fenantreno en concentraciones de 0.57 a 110.23 y de 5.29 a 602.3 $\mu\text{g g}^{-1}$ peso seco, respectivamente. Por otra parte, de los metales pesados el vanadio (V) se encontró en concentraciones de 6.03 a 214.3 $\mu\text{g g}^{-1}$ peso seco. En el caso de los PCBs los residuos variaron desde no detectado hasta 0.18 $\mu\text{g g}^{-1}$, y el rango de los plaguicidas organoclorados fue desde no detectados hasta 30.2 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Peces

Hay un estudio en el cual se determinaron residuos de plaguicidas organoclorados en peces procedentes de los sistemas fluvio lagunares de Candelaria-Panlau (*Arius melanopus*) y Palizada (*Cichlasoma spp*) que circundan a la Laguna de Términos (Díaz *et al.*, 2005). Los resultados muestran que las concentraciones más altas se encuentran en los organismos provenientes del sistema Palizada del Este, ya que las mojarras presentaron concentraciones de p,p'-DDT hasta de 2 632.6 ng g^{-1} peso seco en comparación con las concentraciones de los bagres de Candelaria que tuvieron valores de p,p'-DDT no mayores a 545.9 ng g^{-1} peso seco.

FAUNA

Tortugas marinas

Existen algunos estudios de residuos de organoclorados en tortugas, principalmente en huevos debido probablemente a su facilidad en la toma de muestras y su conservación.

En un estudio se menciona que se encontraron concentraciones promedio de DDT de 0.494 $\mu\text{g/g}^{-1}$ en huevos de tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) procedentes de un campamento tortuguero de Campeche (Alejo, 2000). En específico, de los campamentos estudiados solo los huevos procedentes de Chacahito presentaron concentraciones promedio de 0.0201 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDE, y en el de Isla del Carmen fue de 0.0058 $\mu\text{g g}^{-1}$ DDT

Aunque el estado de Campeche es donde se registra el mayor número de arribazón de tortugas, no existe un número suficiente de estudios que indique de manera real el impacto sobre las poblaciones con respecto a contaminantes orgánicos persistentes. Así, en un estudio reali-

zado en 21 nidos de tortuga Carey (*E. imbricata*) procedente de varios campamentos tortugueros de Campeche se encontraron en huevos 2.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDE y 0.588 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDT en los huevos procedentes Isla Aguada, así como 0.88 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDE y 3.99 ppm de DDT en los provenientes de Chenkán y, para el caso de Isla del Carmen se encontraron 2.93 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDE y 5.61 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDT (Morales y Cobos, 2005).

Cocodrilos

Una de las especies más representativas como depredador tope es el cocodrilo. En México existen dos especies, el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*) que se encuentra generalmente en el Golfo de México y el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), que habita las zonas inundables del Pacífico.

Para el estado de Campeche existen dos estudios de residuos de COP en cocodrilo de pantano. Ucán (1999), reportó valores de 0.086 $\mu\text{g g}^{-1}$ de DDT en huevos de cocodrilos silvestres en la Reserva de los Petenes, Campeche.

Por otra parte, existe un estudio en el cual se determinó la posible relación entre los residuos presentes en el tejido graso de las escamas de cocodrilo procedentes de la Reserva de la Biosfera de los Petenes y del río Champotón (González, 2008) y los niveles hormonales de cada organismo. Asimismo, como organismos referencia se emplearon cocodrilos de la escuela CETMAR de Campeche.

En la figura 4 se pueden observar las concentraciones de ΣHCHs , ΣDDT y ΣPCBs determinadas en tejido graso de cocodrilo.

Es importante hacer notar que en todos los cocodrilos se determinaron residuos de policlorobifenilos (ΣPCBs), incluso en los organismos procedentes del CETMAR.

Los hexaclorociclohexanos (ΣHCHs) se encontraron en todos los organismos silvestres, esto es, solo en los cocodrilos del río Champotón y de los Petenes. Y de manera interesante, solo se determinaron

residuos de ΣDTs en escamas de cocodrilos durante la temporada de lluvias.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos define un disruptor endocrino como "un agente exógeno que interfiere con la síntesis, secreción, transporte, unión, acción, o la eliminación de las hormonas naturales del cuerpo que son responsables de la mantenimiento de la homeostasis, la reproducción, desarrollo y / o de comportamiento", y entre los COP a los que han sido atribuidas alteraciones endocrinas en la vida silvestre son dieldrin/aldrin, DDT, endosulfán, metoxicloro y toxafeno (US-EPA, 1997).

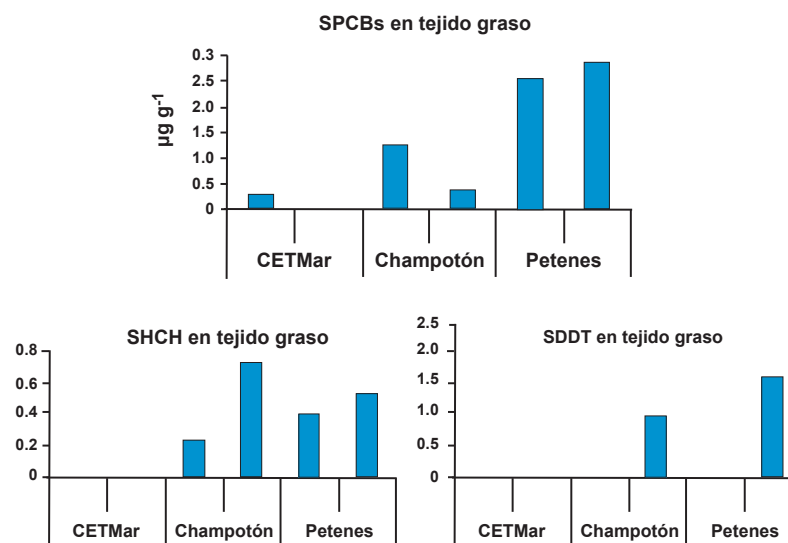


Figura 4. Residuos de ΣPCBs , ΣHCHs y ΣDDT en tejido graso de cocodrilo de río (*C. moreletti*) en Campeche.

En machos de *C. moreletii* la concentración promedio de testosterona fue de 2.419 ng/ml (DE = 3.085) y la de estradiol de 29.35 pg/ml (DE=39.56). En los machos, las concentraciones de la testosterona y estradiol cuantificadas, no covariaron con ninguno de los COP bioacumulados.

Para las hembras se registró una concentración promedio de testosterona de 0.876 ng/ml (DE=1.457) y la del estradiol fue de 30.7 pg/ml (DE=27.58). Para el caso de las hembras, la testosterona covarió con los Σ PCBs y el estradiol covarió con los Σ HCHs. Ni la testosterona ni el estradiol covariaron con el resto de los COP determinados.



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

Aves

En Campeche, casi no existen estudios acerca del efecto que tienen los contaminantes sobre las aves, sin embargo, en un estudio realizado en la zona arrocera de Palizada, se determinó la actividad de la acetilcolinesterasa (AChE) en cerebro de pato pijije (*D. autumnalis*) como biomarcador de efecto por exposición a plaguicidas. Los resultados indican que los patos colectados durante la temporada de mayor aplicación de agroquímicos presentaban una inhibición de cerca del 30% de la actividad en comparación con la determinada en patos colectados en época de menor aplicación, lo cual sugiere que los patos están expuestos a plaguicidas organofosforados y carbámicos y, que sin duda, tienen repercusiones sobre estos organismos (Rendón-von Osten *et al.*, 2005a).

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la gran biodiversidad que presenta el estado de Campeche, son muy pocos los estudios que evalúen o estimen con seguimiento las amenazas y los posibles efectos que la contaminación y los contaminantes pudieran tener sobre la vida silvestre y sus ecosistemas, particularmente para las especies reportadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001.
- No existe información de la evaluación de la ruta en el movimiento de los contaminantes sobre una trama o red trófica silvestre.
- A pesar de que el DDT ya no se emplea por estar prohibido su uso, todavía se detecta DDT residual en los organismos expuestos.
- Los compuestos orgánicos persistentes (COP), tales como los policlorobifenilos y el DDT, tienen efectos adversos a largo plazo, tales como la disrupción endócrina, por lo que es muy importante seguir monitoreando o evaluando estos contaminantes en la vida silvestre de Campeche y de México.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

REFERENCIAS

- Alejo, S., 2000. Determinación de DDT y derivados en huevos de tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*, Linnaeus, 1766) en los campamentos tortugueros de la costa del estado de Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. 56 p.
- Benítez, J., y C. Barcenas, 1996a. Patrones de uso de los plaguicidas en la zona costera del Golfo de México. p. 155-167. In: AV Botello, JL. Rojas, J. Benítez, y D. Zarate (eds). Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. EPOMEX Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche, México. 5 666 p.
- Benítez, J., y C. Barcenas, 1996b. Sistemas fluvio- lagunares de la laguna de términos: Hábitats críticos susceptibles a los efectos adversos de los plaguicidas. p. 187-201. In: AV Botello, JL. Rojas, J. Benítez, y D. Zarate (eds). Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. EPOMEX Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche, México. 5 666 p.
- Carvalho FP., JP. Villeneuve, C. Cattini, J. Rendón, y J. Mota de Oliveira, 2009. Ecological risk assessment of PCBs and other organic contaminant residues in Laguna de Terminos, Mexico. *Ecotoxicology*, 18:403-416.
- CONAFOR, 2009. Inventario nacional Forestal y de Suelos 2004-2009. SEMARNAT.
- Díaz G., AV. Botello, y G. Ponce-Velez, 2005. Plaguicidas organoclorados en pastos y peces de los sistemas Candelaria-Panlau y Palizada del Este laguna de Términos. p. 207-2219. In: AV. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold Boucholt y C. Agraz Hernandez (eds.) Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental. Tendencias y diagnóstico 2ª edición. Universidad Autónoma de Campeche (México) 696 p.
- Geneletti D., 2003. Biodiversity Impact Assessment of roads: an approach based on ecosystem rarity. *Environmental Impact Assessment Review*, 23(3):343-365.
- Gold-Bouchot G., T. Silva-Herrera, y O. Zapata-Pérez, 1995, Organochlorine pesticide residue concentrations in biota and sediments from río Palizada, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 54:554
- González Jáuregui M., 2008. Relación de concentraciones residuales de una mezcla de plaguicidas organoclorados y policlorobifenilos con la concentración de hormonas sexuales de dos poblaciones de *Crocodylus moreletii*. Tesis de Maestría en Ciencias. Manejo de Fauna Silvestre. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz.
- INEGI, 2006. II Censo de Población y Vivienda 2005.
- INEGI-Gob. del Edo. De Campeche, 2009. Anuario Estadístico de Campeche 2009, 461 p.
- Morales, J., y S. Magaña, 2001 Fuentes de impacto, necesidades de investigación científica y monitoreo en Calakmul, Campeche, Pronatura Península de Yucatán, The Nature Conservancy, 72 p.
- Morales MM., y VM. Cobos-Gasca, 2005. DDT y Derivados en huevos de la tortuga de carey *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), en las costas del estado de Campeche. p.237-248. In: A.V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.
- Morales-Rosas, J., y C. H. Ojeda, 2000. Monitoreo del uso del suelo a nivel comunitario en la Región de Calakmul. Informe Técnico. Pronatura Península de Yucatán A. C. y The Nature Conservancy. 60 p.

- Poot N., E. Uitz, G. J. Cocón, y M. Contreras, 2006. Descripción de los sistemas Productivos en el Municipio de Calakmul. GTZ. Informe Técnico.
- Rendón-von Osten J., y M. Memije, 2001. Persistent organochlorine pesticides as biomarkers of exposure in white shrimp (*Litopenaeus setiferus*) from Terminos lagoon, Campeche, Mexico. Biomarkers 2001. Porto, Portugal. Abstract book p: 54.
- Rendón-von Osten J., y M. Memije, 2005. Persistent organic pollutants in pink shrimp (*F. duorarum*) from the Campeche Bank, Mexico. *Toxicology Letters*, 158:251.
- Rendón-von Osten J., A. Soares A, y L. Guilhermino, 2005. Black-bellied whistling duck (*Dendrocygna autumnalis*) brain cholinesterase characterization and diagnosis of anticholinesterase pesticide exposure in wild populations from the Palizada river basin, Mexico. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(2):313-317.
- Rendón-von Osten J., R. Tinoco-Ojanguren, AMVM. Soares, y L. Guilhermino, 2004. Effect of pesticide exposure on acetylcholinesterase activity in subsistence farmers from Campeche, Mexico. *Archives of Environmental Health*, 59(8): 428-435.
- Reyna Hurtado R., G. O'Farrill, D. Sima, M. Andrade, A. Padilla, L. Sosa, 2010. Las aguadas de Calakmul. Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México. *Biodiversitas* 93:1-6
- Rheindt FE., 2003. The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? *Journal of Ornithology*, 144(3): 295-306
- SEMARNAP, 1997, Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva del Medio Rural.
- Serrano, A., y C. Lasch, 2004. Plan de Conservación para Calakmul – Balam Kin – Balam Ku, Campeche, México. The Nature Conservancy y Pronatura Península de Yucatán. Campeche, México. 137 p.
- SCT, 2007. Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012.
- Turner B.L., S.V. Cortina, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, et. al., 2001. Deforestation in the southern Yucatán peninsular region: an integrative approach. *Forest Ecology and Management*, 5521: 1-18.
- Ucán, F., 1999. Determinación de DDT y derivados en huevos de cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*, Dumeril, 1851) en la Reserva de los Petenes, Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. 51 p.
- Vazquez FG., VK. Sharma, QA. Mendoza, y R. Hernandez, 2001. Metals in Fish and Shrimp of the Campeche Sound, Gulf of Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 67:756–762
- Vidal-Martínez VM., ML. Aguirre-Macedo, R. del Rio-Rodríguez, G. Gold-Bouchot, J. Rendón-von Osten, y GA. Miranda-Rosas, 2006. The pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*, its symbionts and helminths as bioindicators of chemical pollution in Campeche Sound, Mexico. *Journal of Helminthology*, 80(2): 159-174.
- Weber M., 1999. Característica de la región Calakmul-Silvituc. *Ecofronteras*, 8:19-23.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

Estudio de caso: amenazas a aves en paisajes de agricultura tradicional de tumba-roza y quema

Javier Salgado

En México y a nivel mundial la agricultura de roza-tumba y quema junto con la ganadería se consideran la principal amenaza para la conservación de la biodiversidad, ya que como resultado de la deforestación un número creciente de especies de flora y fauna silvestre se encuentran cada vez más en peligro de extinción (Whitmore y Sayer, 1992). En muchas áreas de México donde se practica la agricultura de roza-tumba y quema es frecuente observar parches remanentes de selva y por acahuals en diferentes edades de regeneración. Desde el punto de vista de la conservación, este tipo de paisajes pueden jugar un papel primordial como refugio para una buena variedad de especies de flora y fauna, además de brindar servicios a las comunidades humanas. Dentro de estos servicios se distingue la aportación de material para construcción, leña, recursos no maderables, medicinas y especies de interés cinegético (Schelhas y Greenberg, 1996). Desafortunadamente, debido a la carencia de información sobre la diversidad biológica que estos paisajes alojan, se les considera en general de poca importancia en las iniciativas de conservación.

En Campeche al igual que en toda la península de Yucatán, la agricultura tradicional de roza-tumba y quema ha sido practicada por siglos por los antiguos y actuales pueblos Mayas (Gómez-Pompa y Kaus, 1990). Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con registros de extinción de especies como resultado de esta actividad. La práctica tradicional de agricultura de roza-tumba y quema, consiste en el desmonte de selva para el cultivo de la milpa en parcelas de una a tres hectáreas. Después de dos a cuatro años de ser cultivadas, las parcelas se abandonan dejando que la vegetación se regenere, aunque en ocasiones puede tardar hasta después de 20-30 años, antes de que las tierras puedan ser nuevamente utilizadas como campos de cultivo. Como resultado del incremento en la población humana y la consecuente demanda de tierra, la agricultura tradicional Maya está cambiando a una de mayor intensidad y tecnificada. Como resultado, los periodos de descanso de las parcelas y por lo tanto, de regeneración de la vegetación son más cortos. Además, ha aumentado la cantidad de tierras que se convierten totalmente en áreas dedicadas a la ganadería, sin dejar la oportunidad de regeneración de la flora, lo que a su vez afecta a los animales que están asociados y dependen en gran medida de la vegetación.

Bajo este contexto, se realizó un estudio en la Reserva de la Biosfera de Calakmul para evaluar el impacto de este tipo de agricultura sobre la avifauna (Smith *et al.*, 2001). Las aves se consideran un buen grupo indicador ya que son sensibles a la alteración de hábitat. Como tal, los cambios en la riqueza de especies o en el número poblacional de especies particulares o de toda la comunidad avifaunística que se asume son el resultado directo de la alteración en la estructura del hábitat. Bajo este fundamento, se realizó una comparación de la riqueza de especies de aves entre selva de referencia y el acahual de diferentes edades de abandono para determinar, no solamente los cambios en la riqueza, sino también para evaluar cómo las tendencias de cambio de la agricultura tradicional afectan la conservación de especies. El obje-

tivo principal del estudio fue evaluar el cambio en la riqueza de aves en un gradiente de regeneración de selva resultante de la agricultura de roza-tumba y quema para responder a la pregunta: ¿Cuánto tarda la comunidad de aves en asemejarse nuevamente a la riqueza presente en la selva de referencia?

Para responder a esta pregunta, se realizaron censos de aves utilizando la técnica de conteo por puntos, en la cual las especies e individuos se registran dentro de parcelas circulares de 25 m de radio. Los censos fueron realizados en el ejido Nuevo Becal, Campeche, durante dos años consecutivos (1998-99) en sitios con acahuales de diferentes edades de regeneración, seleccionados con base a la clasificación maya de sucesión de selva propuesta por Gómez-Pompa (1987). El gradiente de sucesión incluyó milpas recién abandonadas (*Sak'aab* de 1-2 años de edad); acahuales de 3-5 años (*Sak'aab-kool*); acahual de 10-15 años (*Kanalhubche*) y acahual de 20-30 años (*Kelenche*), además de la selva mediana subperenifolia (selva de referencia). Para este estudio se incluyó también la vegetación conocida como “bajos” o *akalche* por ser un tipo de vegetación nativa abundante en la región de Calakmul.

Los resultados (tabla 1) demostraron que la selva tuvo el mayor número de especies de aves (133), sin embargo la riqueza fue mayor cuando se consideran todos los tipos de hábitat (160 especies). Con respecto a los cambios en la riqueza a lo largo del gradiente de los acahuales se encontró que el número de especies en la milpa fue como se esperaba, el más bajo (80), habiendo sin embargo un incremento positivo en el número de especies en los acahuales con respecto al incremento en la edad de regeneración. El número total de especies en el acahual de 20-30 años (123), no fue estadísticamente diferente con respecto al número de especies de la selva, indicando que a esta edad de regeneración la riqueza de aves ya es similar a la de la selva. Con respecto a la ocurrencia estacional de las especies se encontró que el porcentaje de especies fue de 81% para las residentes y 19% para las



Foto: Javier Salgado.

Tabla 1. Total, porcentaje y abundancia relativa de especies de aves en la selva y en acahuales de diferentes gradientes de regeneración natural en un paisaje de agricultura tradicional de roza-tumba y quema en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche.

Variables	Tipo de vegetación (edad de regeneración en años)						Todos los hábitats
	Selva (> 50)	Milpa (1-2)	Acahual (3-5)	Acahual (10-15)	Acahual (20-30)	Akalche (> 50)	
Total de especies							
Residentes.	105	61	70	87	98	87	125
Migratorias Neárticas.	22	15	18	22	22	19	29
Visitantes de verano.	6	4	2	3	3	3	6
Todas las especies.	133	80	90	112	123	109	160
% de especies por hábitat*							
Residentes.	80	81	80	85	80	80	81
Migratorias Neárticas .	18	11	17	13	18	18	15
Visitantes de Verano.	2	8	3	2	2	2	4
Abundancia relativa por hábitat*							
Residentes.	8	7	3	8	9	5	7
Migratorias Nearticas.	4	3	2	4	3	3	3
Todas las especies.	12	10	5	12	12	8	10
* Los valores de porcentaje de especies y de abundancia relativa representan el promedio derivado del número de especies e individuos detectados en censos individuales por cada tipo de hábitat.							

migratorias, sin haber diferencias significativas en los diferentes tipos de hábitat. Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a la abundancia promedio de individuos registrados en los diferentes tipos de vegetación. De hecho, el promedio de individuos en selva fue de 12 por conteo, siendo esta cifra similar a la abundancia de los acahuales de 10-15 y de 20-30 años de edad. Con respecto a la distribución de hábitat, se encontró que 42% del total de especies registradas son especies dependientes principalmente de selvas en buen estado de conservación y de los acahuales mayores a 10 años, mientras que 58% de las especies pueden habitar en el mosaico de acahuales más jóvenes y milpas.

En conclusión, los resultados indican que cuando en la práctica de agricultura de roza-tumba y quema se mantiene un mosaico heterogéneo de vegetación con acahuales de diferentes edades, además de parches de selva, la riqueza de aves se incrementa con respecto al número de especies de la selva solamente. No obstante, el número de especies es bajo en acahuales jóvenes, por lo que la tendencia actual y futura de acortar el

tiempo de regeneración de la vegetación y la conversión total a tierras de pastoreo será un problema serio para mantener la riqueza de especies de aves. El 42% de las especies de aves en la región de Calakmul requieren selvas y acahuales maduros y en buen estado de conservación para su subsistencia, por lo que la desaparición de estos tipos de hábitat resultaría también en la disminución y hasta la desaparición de especies en la región.

Por último, se recomienda que las estrategias de conservación en las áreas de influencia aledañas a la Reserva de la Biosfera de Calakmul, así como en toda la península de Yucatán, deben promover la conservación de la vegetación a nivel de paisaje, siguiendo las iniciativas aplicadas en algunos de los ejidos del sur de Quintana-Roo (Galletti, 1998), manteniendo extensiones de selva y acahuales de diferentes edades para así mantener una alta diversidad de especies a largo plazo.

Conclusiones

Se ha generado poca información acerca de las posibles amenazas que pudiera tener la biodiversidad de Campeche, considerando la amplia riqueza biológica del Estado. La mayor amenaza a la biodiversidad es el cambio de uso de suelo, específicamente en selvas y humedales. No obstante, la falta de información más puntual, no indica que no existan riesgos a la biodiversidad por diversos factores tales como incendios, cambios en la cobertura vegetal, uso de agroquímicos y los que se puedan presentar por los efectos del cambio climático.

Es prioritario y urgente que se regulen los cambios en el uso del suelo, así como la prevención de los incendios. Además, es necesario un control en el uso de agroquímicos que tienen un mayor efecto sobre la vida silvestre, toda vez que la mayoría de los compuestos aún empleados en Campeche ya han sido prohibidos o restringidos en países desarrollados.

Asimismo, es preciso obtener recursos para llevar los estudios pertinentes, pero lo más importante es establecer metodologías para poder evaluar el impacto del cambio climático en la biodiversidad ya que, con los datos existentes, es difícil establecer la relación causa-efecto.

Referencias

- Galletti, H. A., 1998. The Maya forest of Quintana-Roo: Thirteen years of conservation and community development. p 47-60. In: R.B., D. Bray, H.A. Galletti, and I. Ponciano (eds.). Timber, Tourists, and Temples: Conservation and development in the Maya Forest of Belize, Guatemala, and México. Primack, Island Press. Washington, DC.
- Gómez-Pompa, A., 1987. On Maya Silviculture. Regents of the University of California. *Mexican Studies*, 3(1): 1-17.
- Gómez-Pompa, A. R., y A. Kaus, 1990. Traditional management of tropical forest in México. p. 45-64. In: A. Anderson (ed.) Alternatives to deforestation: Steps toward sustainable use of the Amazon Rain Forest. Columbia University Press. New York.
- Schelhas, J., y R. Greenberg, 1996. Managed forest patches and the diversity of birds in Southern México. Island Press, Washington DC. USA.
- Smith AL., JS. Ortiz, y RJ. Robertson, 2001. Distribution patterns of migrant and resident birds in successional forests of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Biotropica*, 33(1):153-170.
- Whitmore, T.C., y J.A. Sayer, 1992. Tropical deforestation and species extinction. Chapman and Hall Press.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

Estudio de caso: amenazas a la diversidad genética microbiana

María C. Rosano-Hernández

Introducción

Todo el conjunto de microorganismos tiene una función en la biosfera, por lo que *per se* debe ser mantenido y en ese contexto, deben estructurarse prioridades y estrategias de investigación, análisis y conservación. Para ello, se precisa conocer en escalas apropiadas de tiempo y espacio, donde, cuándo y cómo están esos recursos genéticos. Este conocimiento permitirá que sean considerados en las decisiones de impacto ambiental y de bioprospección.

Aunque se ha reconocido la importancia de los microorganismos en la biosfera, en general, la mayoría de los investigadores y tomadores de decisión tienen poco conocimiento acerca del componente microbiano y su función ambiental. Esto redundará en el poco interés por incluirlos tanto en proyectos de investigación, como en la legislación estatal (y federal) y por ende, la imposibilidad de exigir dicho componente en los estudios de impacto ambiental.

En México, la diversidad microbiana en sus tres niveles –genética, especies u otro taxón y ecosistemas– debe estar explícita en la normatividad. La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al

Ambiente (LGEEPA), así como la norma oficial mexicana sobre protección ambiental NOM-059-SEMARNAT-2001, y el proyecto reciente de su modificación (Diario Oficial de la Federación 2008) incluyen solamente al componente “especies” de fauna, flora y algunos hongos macroscópicos.

La LGEEPA en la última reforma de abril 2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010) define la biodiversidad como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”; y omite, sin embargo, el componente genético de la biodiversidad. La nueva versión tampoco incluyó a los microorganismos, ni a ningún otro componente de su diversidad (consorcio, comunidad, clona, secuencia de ADN y/o aRN, genes, plásmidos, etc.).

Con el objetivo de mejorar la cantidad y calidad de la información acerca de la diversidad genética y microbiana en los estudios de impacto ambiental y en los programas de conservación de la biodiversidad, se requiere estimular aspectos legislativos, docentes, de investigación y difusión, como son:

- (1) La creación de un centro de investigación en microbiología, ecología molecular y biotecnología microbiana de los ecosistemas de Campeche.
- (2) La conformación de estrategias para realizar inventarios de los recursos genéticos en los sistemas naturales, considerando los diferentes espacios y escalas de tiempo y a las comunidades indígenas.
- (3) La inclusión explícita de los tres niveles de la diversidad microbiana tanto en los programas y planes de estudio estatales, como en los futuros proyectos de investigación.
- (4) La inmensa variedad microbiana precisa tener cuadros altamente capacitados. La formación de microbiólogos ambientales,

taxónomos y ecólogos microbianos es fundamental y requerirá el manejo de herramientas de vanguardia en biología molecular y metagenómica, filogenética, bioinformática, biogeografía, bioquímica y biotecnología, antropología, entre otras.

- (5) A través de la divulgación (publicaciones escritas, seminarios, talleres, programas de radio y televisión, festivales, etc.), señalar continuamente los servicios que proporcionan los microorganismos en los diversos ambientes del mundo, y qué beneficios se obtienen en Campeche.
- (6) La conformación de un centro estatal para el depósito y mantenimiento de los recursos microbianos (clonas, cepas y sus unidades genéticas) extraídos de los ambientes de la entidad.
- (7) La creación de un programa o fideicomiso que garantice fondos permanentes para su subsistencia.



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

Amenazas aplicables a Campeche

Las amenazas a la diversidad genética son aquellas en las que hay riesgo de afectar la esencia de la diversidad genética. En Campeche estas amenazas no se han documentado con exactitud, pues en general existen pocos estudios de la diversidad genética microbiana. Sin embargo, con base en otros estudios se describen las principales causales de amenaza a la diversidad microbiana a nivel general, y que aplican en las condiciones actuales en el estado de Campeche.

Huracanes e incendios. La extinción microbiana ocurre naturalmente, pero también puede ocurrir por eventos como huracanes e incendios (Staley, 1997). En Campeche estos fenómenos son relativamente frecuentes, por lo que estos fenómenos serían amenazas inmediatas y estacionales a la diversidad microbiana. Por un lado, los huracanes remueven sedimentos y cambian la estructura de las comunidades edáficas presentes. Por ejemplo, en Nueva Orleans, las inundaciones causadas por los huracanes Katrina y Rita en 2005, introdujeron bacterias potencialmente patógenas de origen fecal para humanos en el



Foto: María C. Rosano-Hernández, Instituto Mexicano del Petróleo.

lago Pontchartrain y en el área urbana (Sinigalliano *et al.*, 2007). La inusual persistencia de estos indicadores fecales en los sedimentos se pudo deber al impacto de las aguas negras o de origen ambiental. Por el otro lado, las quemas ocasionan la pérdida del componente microbiano superficial de suelo y a diferencia de los huracanes, el fenómeno es irreversible.

Pérdida de simbioses durante la pérdida del organismo hospedero. Los microorganismos y su diversidad podrían estar también amenazados si son simbioses o patógenos de otros organismos que estén, a su vez, amenazados. Un ejemplo son las tortugas marinas y su flora intestinal, aunque faltan estudios para obtener información más contundente (Rosano-Hernández, 1996). De esa manera, si los organismos que desovan en playas de Campeche desaparecen o se reduce su cantidad, como se describe en el trabajo de Mendoza (2005), también desaparece con ellas su flora.

Pérdida de hábitats y cambio de nichos ecológicos. Cuando cambian las condiciones físicas y químicas de un ambiente, hay cambios en el hábitat y en los nichos ecológicos. Por ejemplo, la defoliación masiva de palmas de coco por la enfermedad denominada “amarillamiento letal” (Pérez *et al.*, 2004) cambió las condiciones de los sedimentos de la costa al dejarlos expuestos a la erosión y desecación. Aunque los efectos potenciales del aumento de irradiación solar por la pérdida de hojas en la biota intersticial y principalmente en las crías de tortugas en incubación fueron mencionados, los efectos de la erosión y desecación en las comunidades microbiana del suelo costero nunca se documentaron (Rosano-Hernández y Frazier, 1995).

Ruptura de consorcios en organismos de vida libre. Otra amenaza se refiere a la ruptura de consorcios en organismos de vida libre que realizan funciones vinculadas a los ciclos biogeoquímicos (Staley, 1997). Si bien, la ocurrencia de lluvia ácida en Atasta ha sido documentada (Cerón, 2002), se desconoce su efecto en los fijadores de nitrógeno y otros microorganismos de las lagunas costeras de la zona.

Incertidumbre sobre la continuidad de las colecciones de Cepas.

Las instituciones de investigación y de educación superior de Campeche no cuentan con un programa y presupuesto para la conservación de material biológico y genético, por lo que la existencia actual de las cepas y clonas es incierta. El costo de no tenerlo se traduce en la imposibilidad de tener un resguardo de los recursos aislados en el territorio, ni de realizar estudios comparativos ecológicos, taxonómicos y biotecnológicos de mayor profundidad.

Otras amenazas desconocidas en Campeche incluyen la introducción o liberación de organismos exóticos y los modificados genéticamente o transgénicos (Academia Mexicana de Ciencias s/a; Rojas, 2007). La biopiratería o la usurpación ilegal de los recursos bióticos y el conocimiento tradicional que los acompaña. En violación de las convenciones internacionales y leyes nacionales, no reconoce, respeta o compensa adecuadamente el derecho de quienes poseen esta diversidad natural o el conocimiento tradicional relativo a su propagación, uso y beneficio comercial. (Barreda, 2001; Global Exchange, 2007). Otra amenaza es la bioprospección, entendida como la búsqueda de los recursos biológicos y el conocimiento indígena principalmente con el propósito de la explotación comercial (Massieu y Chapela, 2002). La biopiratería y el saqueo del conocimiento tradicional podrían ser una realidad en el Estado, aunque no estén documentadas. Anteriormente, cuatro casos de biopiratería y bioprospección documentados en México han resultado en dos patentes extranjeras (semillas de frijol amarillo; una bacteria del pozol) y en dos contratos ilegalmente firmados por instituciones académicas y de investigación públicas con compañías extranjeras, para que accedieran a los recursos naturales y culturales de zonas protegidas, a cambio de retribuciones y equipamiento (Global Exchange, 2007). Estas son señales de alerta que habrá que considerar para la protección de los recursos genéticos en Campeche.



Foto: María Andrade, PRONATURA-PY.

Referencias

- Academia Mexicana de Ciencias, s/a. Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados. Anexo. Comité de Biotecnología, Academia Mexicana de Ciencias, Mexico, 19 p. Disponible en la Web: http://www.cibiogem.gob.mx/Publicaciones/Documents/Biotec2ed/Por_un_uso_responsable_OGMs.pdf.
- Barreda, A., 2001. Biopiratería y resistencia en México. *El Cotidiano*, 18 (110) : 21-39.
- Cerón, B.R.M., 2002. Composición química de la precipitación pluvial en zonas costeras. Tesis de doctorado. Posgrado en Ciencias de la Tierra. CCA, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Diario Oficial de la Federación, 2008. Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. 5 de diciembre de 2008.
- Diario Oficial de la Federación, 2010. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 6 de abril 2010.
- Global Exchange, 2007. Biopiratería: Nueva amenaza a los derechos indígenas y la cultura en México. 10 p. Disponible en la Web: <http://www.globalexchange.org/countries/americas/mexico/biopirateria.html>
- Massieu, Y., y F. Chapela, 2002. Acceso a recursos biológicos y biopiratería en México. *El Cotidiano*, 19 (114): 72-87.
- Mendoza, L.A., 2005. Aumenta la muerte de Tortugas en Campeche. Disponible en la Web: www.reforma.com 22 noviembre 2005.
- Pérez, H.O., C.C.C. Góngora, L.M.F. Medina, S.C. Oropeza, B.J.A. Escamilla, y A.G.Mora, 2004. Patrón espacio-temporal del amarillamiento letal en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22 (002): 231-238.
- Rojas, V.S.E., 2007. La regulación de los organismos genéticamente modificados en México. Instituto Nacional de Ecología, México. Disponible en la Web: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/446/rojas.html>
- Rosano-Hernández, M.C., 1996. Las tortugas marinas y la bacteriología: algunas líneas prioritarias de investigación. Memorias del XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de las Tortugas Marinas. Jalapa, Veracruz, Junio 1996. sin número de página.
- Rosano-Hernández, M.C., y J.G. Frazier, 1995. Reflexiones acerca del efecto del Amarillamiento Letal en palmeras de coco sobre las tortugas marinas: El caso de Isla Aguada, Sabancuy y Champotón en Campeche, México. Memorias del XII Encuentro Interuniversitario y II Internacional para la Conservación de las Tortugas Marinas. Mazunte, Oaxaca, Junio 1995. Sin número de página.
- Sinigalliano, C.D., M. L. Gidley, T. Shibata, D. Whitman, T.H. Dixon, E. Laws, A. Hou, D. Bachoon, L. Brand, L. Amaral-Zettler, R.J. L., Gast, R. J., Steward, G. F., Nigro, O. D., Fujioka, W.Q. Betancourt, G. Vithanage, J. Mathews, L.E. Fleming, y H.M. Solo-Gabriele, 2007. Impacts of Hurricanes Katrina and Rita on the microbial landscape of the New Orleans area. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(21): 9029–9034. Disponible en la Web: http://web.me.com/griegsteward/StewardLab/Projects_files/SinigallianoEtAl2007PNAS.pdf
- Staley, J.T., 1997. Biodiversity: are microbial species threatened? *Curr. Op. Biotechnol.*, 8: 340-345.

Estudio de caso: deforestación en el estado de Campeche. Causas directas e indirectas de la principal amenaza sobre la biodiversidad

Eduardo Martínez Romero y Ligia G. Esparza Olguín

Introducción

La deforestación es conocida como uno de los principales agentes que conducen la pérdida de biodiversidad e incluso la extinción de especies, dado que implica la pérdida de hábitat o la fragmentación de éste (Hunter, 1996; Meffe *et al.*, 1997; Brooks *et al.*, 2002; Pullin, 2002).

El estado de Campeche cuenta con una gran diversidad de ecosistemas terrestres y acuáticos que le permiten tener una gran riqueza de recursos naturales. Desafortunadamente estos recursos son amenazados por la constante presión al medio que ejercen actividades antropogénicas como la agricultura, la ganadería y la urbanización. El cambio en cobertura vegetal y uso de suelo en el Estado tuvo como consecuencia que Campeche llegara a presentar una tasa de deforestación del 0.6%, constituyendo la amenaza más importante para la biodiversidad. En consecuencia es imprescindible el análisis de las causas directas e indirectas asociadas con la deforestación que den lugar a generar propuestas que coadyuven a desarrollar estrategias que permitan la conservación de la biodiversidad y el desarrollo productivo en Campeche.

Tasas de deforestación y causas directas asociadas

A partir de los mapas de las series I (1976) y III (2005) de INEGI, se estima una tasa anual de deforestación para Campeche de 0.74% durante el período 1976-2005.

El análisis de los cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal permitió establecer que las principales causas directas de la deforestación entre 1976 y 2005, fueron el avance de la ganadería, la agricultura y la urbanización. Se encontró que las tierras dedicadas a la ganadería (pastizales) se incrementaron a una tasa anual de 3.90%, equivalente a 20 751.5 ha/año (601 793.04 ha en total). Las tierras agrícolas crecieron a una tasa del 6.1%, equivalentes a 25 109 ha/año (728 178 ha en todo el período); mientras que los asentamientos humanos crecieron a una tasa del 7.51% equivalente a 559.33 ha/año (16 220.62 ha en total).

Causas indirectas

Desde la década de los años sesenta las causas indirectas más importantes asociadas con altas tasas de deforestación en Campeche fueron el proceso de colonización del sur-sureste y la expansión y modernización de la frontera agropecuaria, así como las políticas públicas asociadas con dicha modernización (Martínez-Romero, 2010). En 1970 y 1980 el PIB agropecuario, silvícola y pesquero del Estado llegó a cifras récords históricas de 28.89% y 26.33% respectivamente (Vadillo, 2000). Este éxito se debió a que el Estado mexicano fomentó la colonización hacia la región sureste, en particular el estado de Campeche, con el establecimiento de nuevos núcleos agrarios y ganaderos (Paz, 1995). Campeche con sus 5.6 millones de hectáreas en 1970 era un candidato a colonización debido a su baja densidad de población rural (0.015 hab km²) y a sus 3 548 572 ha de terrenos nacionales, que según el Departamento de Asuntos Agrarios y Colo-

nización (DAAC), eran susceptibles a desmontarse para la actividad agropecuaria principalmente: arrocería, ganadera, frutícola y forestal (Revel-Mouroz, 1972; Szekely y Restrepo, 1988). Así, la primera ola de colonización en el estado de Campeche se llevó a cabo durante el periodo de 1959-1964 (Revel-Mouroz, 1972; Gates, 1988; Szekely y Restrepo, 1988) con el proyecto “La Candelaria”. Este proyecto tuvo como objetivo formar seis nuevos centros de población ejidal para desarrollar agricultura comercial de arroz y ajonjolí, y constituye un ejemplo de colonización dirigida con un alto costo ecológico por campesino instalado (Revel-Mouroz, 1972; Centro de Investigaciones Agrarias, 1974; Gates, 1988; Szekely y Restrepo, 1988).

En la década de 1970 los principales proyectos de colonización dirigidos en Campeche fueron en las regiones de los Chenes, el Camino Real, Valle de Edzna, además de la ampliación y la reactivación del proyecto de La Candelaria. Uno de los objetivos principales fue la generación de polos agro-industriales basados en la producción de arroz y en menor grado de la ganadería. Los resultados en todos los casos fueron pobreza y deterioro ambiental con altas tasas de deforestación, dado que se tumbaron grandes extensiones de selva para poner campos agrícolas que fracasaron, por las condiciones del clima y el terreno que no fueron aptas para el cultivo del arroz y otros cultivos comerciales; así como por la construcción de infraestructura hidráulica y eléctrica que fue abandonada debido al alto costo de mantenimiento y reparación (Revel-Mouroz, 1972; Centro de Investigaciones Agrarias, 1974; Gates, 1988; Szekely y Restrepo 1988).

Durante la década de 1980 la actividad agrícola y ganadera fue apoyada por programas públicos, se intensificó la apertura de la frontera

agropecuaria con paquetes tecnológicos y asistencia técnica. La introducción de variedades mejoradas de arroz, herbicidas, insecticidas y abonos inorgánicos elevó la producción en el estado hasta el segundo lugar a nivel nacional (Vadillo, 2000), pero trajo consigo el desmonte de grandes extensiones de selva que se convirtieron en tierras agrícolas y ganaderas. Sin embargo, a finales de esta década se evidenciaron las consecuencias de la crisis económica de 1982, el ajuste financiero frenó la construcción y el mantenimiento de infraestructura, además de retrasar planes y obligar al abandono o a la reducción (*e.g.* asistencia técnica o de sanidad agropecuaria), trayendo consigo la crisis agropecuaria del estado de Campeche que se manifestó en toda su magnitud durante el periodo 1997-1998 (Vadillo, 2000).

A partir del tratado de libre comercio en la década de los noventa se implementaron programas agropecuarios como PROCAMPO, ASERCA, Alianza para el Campo y PROGAN (Programa de Producción Pecuaria Sustentable y de Ordenamiento Ganadero y Apícola). Estos programas han sido incentivados por el gobierno federal y del Estado –aún en la actualidad– para apoyar a las actividades agropecuarias en un contexto de libre mercado. Los agricultores con recursos económicos han orientado la producción a cultivos como chile, tomates y cítricos, mientras que la actividad ganadera ha sido fuertemente apoyada con recursos públicos y privados, esta última está siendo objeto de múltiples programas en el Estado (Stedman-Edwards, 1997, Ericson *et al.*, 1999, Vadillo, 2000; Martínez-Romero, 2010). Desafortunadamente estos incentivos no han detonado el desarrollo agropecuario en el Estado pero sí han generado frentes importantes de deforestación.

Referencias

- Brooks, TM., RA. Mittermeier, CG. Mittermeier, GAB. Fonseca, AB. Rylands, WR. Konstant, P. Flick, J. Pilgrim, S. Oldfield, G. Magin, y C. Hilton-Taylor, 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity, *Conservation Biology*, 6: 909-923.
- Centro de Investigaciones Agrarias, 1974, Estructura Agraria y Desarrollo Agrícola en México. FCE, México.
- Ericsson, J., E.Boege, y MS. Freudengerg, 1999. Population Dynamics, Migration, and the Future of the Calakmul Biosphere Reserve, Occasional Paper No. 1, Programe and Sustainable Development (PSD), American Association for the Advancement of Science (AAAS), 40 p.
- Gates M., 1988, Dependency: The impact of two decades of planned agricultural modernization on peasants in the Mexican State of Campeche, *The Journal of Developing Areas*, 22(3): 293-320.
- Hunter, ML., 1996. Fundamentals of Conservation Biology, Blackwell Science, United State of America, 482 p.
- Meffe, GK., y CR. Carroll, 1997. Principles of Conservation Biology, Sinauer Associates, INC. Publishers, Massachusetts.
- Martínez-Romero, 2010. Factores de impacto directos e indirectos que determinaron el proceso complejo de la deforestación a nivel ejidal en la Región de Calakmul, Campeche, durante el periodo 1976-2008. Tesis doctoral. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, sede México. México D.F. 296 p.
- Paz, MF., 1995. Selvas tropicales y deforestación. Apuntes para la Historia Reciente del Trópico Húmedo Mexicano. p. 53-88. En: M.F Paz (ed.). De Bosques y Gente. Aspectos sociales de la deforestación en América Latina, CRIM-UNAM.
- Pullin, AS., 2002, Conservation Biology, Cambridge University Press, Cambridge, Unit Kingdom.

- Revel-Mouroz, J., 1980, Aprovechamiento y Colonización del Trópico Húmedo Mexicano: la Vertiente del Golfo de México y del Caribe. FCE, México.
- Stedman-Edwards, P., 1997, Causas Socio-económicas de la pérdida de la biodiversidad en el caso de Calakmul. WWF México, México.
- Szekely M., e I. Restrepo, 1988. Frontera Agrícola y Colonización, Centro de Ecodesarrollo, México.
- Vadillo, LC., 2000 Campeche: Sociedad, Economía, Política y Cultura, CIICH-UNAM. México.



Foto: L.A. Williams-Beck, UAC.