

SÍNTESIS

# CAPITAL NATURAL DE MÉXICO

EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO  
Y TENDENCIAS DE CAMBIO,  
PERSPECTIVAS DE SUSTENTABILIDAD,  
CAPACIDADES HUMANAS  
E INSTITUCIONALES

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

México 2017





# CAPITAL NATURAL DE MÉXICO

---

SÍNTESIS (ACTUALIZADA A 2017)



La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad es una Comisión Intersecretarial presidida por el titular del Ejecutivo Federal.



# Síntesis

Evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales

José Sarukhán  
Patricia Koleff  
Julia Carabias  
Jorge Soberón  
Rodolfo Dirzo  
Jorge Llorente-Bousquets  
Gonzalo Halffter  
Renée González

Ignacio March  
Alejandro Mohar  
Salvador Anta  
Javier de la Maza  
Irene Pisanty  
Tania Urquiza Haas  
Sylvia P. Ruiz González  
Georgina García Méndez

**Colaboradores** / *Asistencia en actualización de figuras y mapas:* Diana Ramírez, Wolke Tobón  
*Actualización de datos:* Francisca Acevedo Gasman, Jesús Alarcón, Yolanda Barrios, Mariana Bellot, Ana Victoria Contreras, Ángela Cuervo-Robayo, Silvia De Jesús, Cuauhtémoc Enríquez, Exequiel Ezcurra, Sarita C. Frontana-Uribe, Ana Isabel González, A. Margarita Hermoso-Salazar, Diana R. Hernández-Robles, Alicia Mastretta Yanes, Fernanda Montero, Susana Ocegueda-Cruz, Oswaldo Oliveros, Dulce Parra-Toriz, Esther Quintero, M. Alicia Reséndiz-López, Antonio Robles, Alberto Romo-Galicia, Edgar Saavedra, Adriana Valera

**Diseño editorial y formación** / José Luis Acosta • Socorro Gutiérrez

**Ilustración** / Sergio Bourguet • Eliud Monroy

**Cuidado de la edición** / Antonio Bolívar

**Portada** / Rosalba Becerra

**Fotografía de portada** / Joel Pérez Hernández (Banco de imágenes CONABIO)

**Impresión** / Offset Rebosán, S.A. de C.V.

DR © 2017 COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD  
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan, 14010 Ciudad de México  
[www.biodiversidad.gob.mx](http://www.biodiversidad.gob.mx)

Obra completa: ISBN 978-607-7607-02-1  
Síntesis 2017: ISBN 978-607-8570-02-7

Impreso en México / *Printed in Mexico*

Forma de citar

Sarukhán, J., et al. 2017. *Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México

# Presentación

## (Síntesis 2010)

*Esta síntesis representa un esfuerzo para destacar los aspectos medulares de los tres primeros volúmenes de la obra Capital natural de México, la cual nos brinda un panorama para identificar las prioridades de atención para el futuro, nuevas áreas de investigación y opciones de conservación y manejo sustentable de la diversidad biológica de nuestro país.*

*Como el resto de la obra, esta síntesis no es prescriptiva; ofrece un importante sustento de información que, dentro de un marco conceptual, pueden adoptar diferentes órdenes de gobierno, como ayuda para definir políticas públicas con un adecuado balance entre los dos ejes clave para progresar hacia la sustentabilidad: el bienestar social para los mexicanos y las mejores prácticas de manejo y conservación del patrimonio natural de México.*

*Es ya claro, a escala mundial, que los países no pueden tomar decisiones respecto a los grandes problemas ambientales que nos afectan, tanto los relacionados con el clima como con el capital natural propio, sin el apoyo esencial del mejor conocimiento científico a su alcance. Este ha sido el propósito de Capital natural de México y de la presente síntesis. Tal información, que sirve de base para la toma de decisiones, surge del conocimiento acumulado por más de dos siglos en el seno de numerosas instituciones nacionales en torno a la diversidad biológica del país, y de la aportación y experiencia de cientos de investigadores, compilada, analizada y actualizada en este amplio estudio. Comprende desde la variabilidad genética de los organismos hasta la diversidad de los ecosistemas, sus procesos ecológicos y servicios ambientales, y también considera el efecto que actividades humanas, políticas públicas y reglamentaciones han tenido sobre el patrimonio natural de México.*

*El marco conceptual utilizado se basó en parte en la “Evaluación del milenio de los ecosistemas”, pero ha sido adaptado a nuestras circunstancias y características. Este enfoque destaca la importancia que tienen los ecosistemas para brindar bienes y servicios de los cuales depende la humanidad para subsistir, y nos permite tener una línea de base respecto a su estado de conservación y una clara descripción de las principales amenazas que enfrentan los ecosistemas mexicanos en el presente, la forma en que los retos que se originan de lo anterior se resolvieron en el pasado y las tareas que tenemos por delante para conservar el capital natural de México.*

ANA LUISA GUZMÁN  
Secretaria ejecutiva  
(2005-2010),  
Comisión Nacional  
para el Conocimiento  
y Uso de la Biodiversidad

# Presentación

## (Síntesis 2017)

*A casi diez años de la publicación de los tres primeros volúmenes de la obra Capital natural de México se presenta esta síntesis actualizada que destaca aspectos medulares tratados en la obra sobre el estado de conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad de México. En esta edición se han puesto al día aquellos aspectos centrales para los cuales se cuenta con nuevos datos e información, o se muestra nueva información cuando ha cambiado la forma de medir y no es comparable. Capital natural de México ha sido un referente importante para identificar prioridades de atención en diversas áreas de investigación así como en la gestión para la conservación y manejo sustentable de la diversidad biológica de nuestro país, y ha sido la base para la formulación de la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030. Por ello, mantener actualizada la información de esta obra, con base en el mejor conocimiento científico disponible permitirá comparar las tendencias de cambio, lo cual es muy relevante para diversos usuarios, tanto de diferentes órdenes de gobierno como de la sociedad civil en general, sobre todo si queremos continuar transitando hacia la sustentabilidad para el bienestar social de los mexicanos, con mejores prácticas de manejo alineadas a la conservación de nuestro patrimonio natural. La información de esta obra se irá actualizando paulatinamente, dada la importancia de contar con el mejor conocimiento científico disponible para la toma de decisiones. A pesar de los avances tecnológicos de los últimos años, la tarea de documentar distintos aspectos en torno a la diversidad biológica del país es enorme, dado que la obra considera todos los aspectos de la biodiversidad, desde la variabilidad genética de los organismos hasta la diversidad de los ecosistemas, sus procesos ecológicos y servicios ambientales, también considera el efecto que actividades humanas, políticas públicas y reglamentaciones han tenido sobre el patrimonio natural de México. Sin embargo, se cuenta con el marco conceptual de evaluación de los ecosistemas y con nuevos contenidos y componentes del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, así como con información de otras fuentes. Cabe destacar el papel de la red de especialistas que ha colaborado no sólo en esta obra y con la CONABIO, sino que desde su ámbito han generado nuevo conocimiento, y documentando diversos aspectos relacionados con la biodiversidad y su gestión. A finales de 2016 se publicó el cuarto volumen, que analiza las capacidades humanas e institucionales, lo que fortalece a la obra como una herramienta para ayudar a valorar el capital natural y entender los retos para lograr el desarrollo sustentable de México.*

JOSÉ SARUKHÁN  
Coordinador general  
de la obra

# Introducción general

---

México es un país multifacético, plural y diverso en numerosos aspectos. El rasgo más distintivo del país es su gran heterogeneidad. Albergamos en nuestro territorio infinidad de variados paisajes, muchas y singulares culturas, contrastantes niveles sociales y económicos. Todo eso nos hace únicos, ha moldeado nuestro carácter y nuestra unidad como nación; también define las peculiaridades de nuestros problemas. Nuestra característica más valiosa es la diversidad, la pluralidad; en ella destaca la gran diversidad tanto ecológica como cultural. No obstante, a lo largo de la historia, en el ámbito de las políticas públicas por lo general hemos procedido como si tal diversidad no existiera, de acuerdo con la visión de quienes han tenido en sus manos la conducción de la vida nacional, basada en intereses personales y de grupo. Esto ha significado actuar con una concepción simplista y limitada de nuestra nación, que ha tenido consecuencias muy negativas en los ámbitos ecológico y social y, consecuentemente, en el desarrollo del país.

*1 La megadiversidad biológica de México constituye un privilegio y un potencial para el desarrollo sustentable del país, y también representa una responsabilidad con nuestra sociedad y ante el mundo. Sin embargo, su manejo y conservación requieren conocimiento sólido y el desarrollo de capacidades para su gestión.*

Cerca de dos terceras partes de la biodiversidad mundial se localizan en poco más de una docena de países conocidos como países megadiversos. Como va siendo cada vez más del conocimiento público, México destaca entre ellos ya que somos la cuarta nación en cuanto a riqueza de especies, además de combinar esa elevada diversidad biológica con una gran riqueza cultural.

Esto no es de extrañar: la diversidad cultural en el planeta está cercanamente relacionada con la diversidad biológica, ya que las culturas dependen de su entorno natural y de los bienes y servicios que reciben del mismo.

Por otra parte, en el territorio mexicano concurren dos grandes zonas biogeográficas: la llamada Neártica —de afinidad nortea—, que contribuye con una gran representación de las especies de las zonas templadas del mundo, y la Neotropical —de afinidad sureña—, que aporta muchos elementos de la zona tropical, prove-

nientes de la Cuenca Amazónica. En México se presentan casi todos los climas del planeta, lo que aunado a su accidentada topografía y compleja geología permite que se desarrollen prácticamente todos los ecosistemas terrestres presentes en el mundo, concentrados en poco menos de dos millones de kilómetros cuadrados.

Con más de 11 000 km de costas y un mar territorial que se estima en 231 813 km<sup>2</sup> (INEGI 1983), México posee también una extraordinaria diversidad marina; como ningún otro país del mundo, tiene un mar exclusivo, que es el golfo de California, de gran diversidad biológica y alta productividad marina.

## *2 El desarrollo de la humanidad depende totalmente de los ecosistemas y los servicios ambientales que nos brindan; a pesar de ello, hasta ahora no hemos sabido valorarlos.*

Desde su origen, la especie humana ha dependido, para su desarrollo y evolución cultural, de los servicios que la biosfera y sus ecosistemas le han brindado. Incluso las sociedades modernas, industrializadas, dependemos de la actividad de los ecosistemas que existieron en el Carbonífero (hace 300 a 360 millones de años) y que produjeron la materia orgánica de donde provienen los combustibles fósiles, base del desarrollo económico de la humanidad en los últimos dos siglos. En consecuencia, la humanidad sigue siendo, por lo menos en primera instancia, totalmente dependiente de la existencia de los servicios ecosistémicos y del acceso a los mismos.

Interactuamos normalmente con dos grandes tipos de ecosistemas: los naturales como las selvas, los bosques, los manglares, los arrecifes, etc., y los ecosistemas antropizados, modificados por nuestra especie, como son los campos agrícolas, las plantaciones forestales, los sistemas de acuicultura y en cierta forma también los centros urbanos. Estos ecosistemas, junto con las especies que los constituyen y su variación genética, es a lo que llamamos biodiversidad.

## *3 La biodiversidad representa el capital natural de la nación y es tanto o más importante que otros capitales como el financiero o el manufacturado. Debemos promover y adoptar una cultura de su valoración en el contexto del desarrollo de México.*

Los ecosistemas no solo son reservorios de la diversidad biológica, sino que, de manera más relevante, nos proporcionan servicios y bienes de valor inestimable y que son fundamentales para nuestra sobrevivencia y bienestar. Además de aportarnos alimentos y diversos recursos, captan el agua de lluvia que se infiltra en el suelo y alimenta manantiales, ríos, lagos y humedales; producen y mantienen en su lugar suelos fértiles; capturan el bióxido de carbono de la atmósfera atenuando así el potencial de calentamiento planetario; alojan a los polinizadores indispensables para la fertilización de las plantas —responsables de gran parte de la producción agrícola y la perpetuación de numerosas plantas silvestres—, así como a los agentes que funcionan como control biológico de plagas agrícolas; además, nos ofrecen

sitios de recreación e inspiración. Estos son solamente algunos de los servicios que los ecosistemas naturales nos proporcionan gratuitamente.

Una nación integra su patrimonio con varios tipos de capital. El más conocido es el capital económico (lo que normalmente entendemos como “riqueza”), del cual forma parte la infraestructura del país (financiera, industrial, agrícola, de comunicaciones, de generación y distribución de energía, etc.); existen también el capital humano en términos de su número, estado de salud, nivel de educación y capacitación profesional e integración social; el capital cognoscitivo representado por las instituciones educativas, y la capacidad de generar nueva información, de sintetizarla y almacenarla. En las últimas décadas y como resultado de la influencia tanto de ecólogos como de economistas pioneros como Partha Dasgupta (2009) y varios otros (Jansson *et al.* 1994, Daily 1997, Prugh *et al.* 1999), se ha incorporado el concepto de capital natural como el conjunto de ecosistemas, tanto los naturales como los manejados por la humanidad, que generan bienes y servicios y son perpetuables ya sea por sí mismos o por el manejo humano. Algunos autores incluyen en este último tipo de capital otros bienes naturales como los hidrocarburos y los minerales. En el contexto de esta obra circunscribimos el concepto de capital natural a los ecosistemas, los organismos que contienen (plantas, animales, hongos y microorganismos) y los servicios que de ellos recibimos.

Varios economistas consideran que el concepto de capital natural implica que las tasas de ahorro de una economía no son una medida adecuada de lo que ese país está realmente acumulando, debido a que ello solamente mide la inversión en capital manufacturado. La idea ha tenido capacidad suficiente de convencimiento al grado de que el Banco Mundial calcula las tasas reales de ahorro de un país tomando en cuenta la extracción y deterioro de los recursos naturales y los daños ecológicos producidos por la actividad humana, aunque por el momento se enfoca solamente a los daños causados por las emisiones de bióxido de carbono.

Tradicionalmente el producto interno bruto (PIB) se calcula sobre la base de los flujos económicos de un país, y solo refleja un punto fijo de una tendencia de largo plazo; es por lo tanto incapaz de describir el futuro del bienestar de un país. De esta manera el PIB no toma en cuenta el enorme valor que representa la naturaleza, un valor del que depende nuestra vida. Quienes viven y dependen más cercanamente de estos bienes son quienes primero resienten los efectos de esas pérdidas, las cuales acaban por afectar a todos los miembros de una nación e incluso del planeta. Una propuesta reciente de la Organización de las Naciones Unidas miras a la sustentabilidad incorporó el concepto de capital natural de un país como una medida del bienestar social y como un mejor indicador de la riqueza de las naciones que el PIB (UNU-IHP y UNEP 2012). Hace cinco años, la Comisión Estadística de la ONU adoptó el *Sistema de contabilidad ambiental y económica 2012* como estándar estadístico internacional, para la medición del avance hacia los objetivos del desarrollo sostenible.

En el paso de la historia y con las experiencias obtenidas a escala global, debe quedarnos claro que las respuestas a nuestros problemas relacionados con la conservación del ambiente y de los recursos naturales no ocurrirán con “composturas tecnológicas”, es decir confiando que alguna nueva tecnología arreglará lo que he-

mos hecho mal. La experiencia dice lo contrario. Esas “composturas tecnológicas” no han existido cuando se han profetizado, o bien su impacto positivo ha sido mínimo o sus consecuencias negativas resultaron iguales o peores que los problemas que se intentaban arreglar. Quizá la única excepción ha sido la “Revolución verde”, cuyos resultados permitieron incrementar notablemente la producción, aunque no tuvo impacto en los más pobres de los pobres; sin embargo, sus consecuencias ambientales fueron muy nocivas por la contaminación de suelo y agua producida por el abuso de agroquímicos, y además son sistemas energéticos ineficientes.

Hay una desconexión casi total entre el pensamiento económico y los aspectos ambientales de la actividad económica (Ehrlich 2008, Kosoy *et al.* 2012). Lo anterior resulta del fracaso de comunicar a la sociedad y a los tomadores de decisiones sobre las interconexiones de los sistemas naturales y humanos y de desvincular el crecimiento económico de la pérdida del capital natural. Si bien ya existen iniciativas regionales para impulsar el crecimiento económico y atender al mismo tiempo la crisis ambiental por medio de las llamadas soluciones basadas en la naturaleza (Maes y Jacobs 2015).

Esta es un área en la que economistas y ecólogos deben trabajar juntos, en común acuerdo, primero para entender los problemas relacionados con el ambiente y el uso del capital natural desde sus respectivos puntos de vista, y después para comunicar a la sociedad en la forma más amplia posible las consecuencias de sus hallazgos. Esto puede ir en contra de la visión ortodoxa del quehacer científico, especialmente de los ecólogos, pero es indispensable si queremos que la sociedad comprenda el alcance de los problemas que enfrentamos y la dimensión de los cambios requeridos para solucionarlos.

Los ecosistemas y sus servicios constituyen un capital comparable con, o más importante que, los capitales financieros y de infraestructura que son parte de las cuentas nacionales de un país. Sin embargo, las cuentas nacionales no consideran —con la excepción de algunos países— el deterioro del capital natural (más allá del consumo de sus reservas de hidrocarburos y su minería), ni su costo (como externalidades) en el cálculo de la riqueza producida. De acuerdo con el INEGI (2017b), en 2013 los costos por agotamiento y degradación del ambiente, y los gastos en protección ambiental en México representaron 5.7 y 0.9%, respectivamente, del PIB, mientras que los costos de mitigación de las emisiones atmosféricas alcanzaron 3.4% del PIB.

En el contexto de considerar los ecosistemas como parte del capital natural, estudios hechos por varios de los economistas antes mencionados, con una visión que incluye el valor del capital natural, demuestran que la mayoría de los países presentan un crecimiento económico negativo cuando se incluye la pérdida del capital natural como costo de la actividad económica nacional. Sin duda este costo tiene un efecto inmediato o de corto plazo sobre los sectores menos privilegiados de la sociedad y, finalmente, en el largo plazo, para el país mismo.

*4 Las transformaciones de los ecosistemas naturales para obtener bienes y servicios para la humanidad han traído beneficios, pero también han representado severos costos ambientales; valorar cabalmente el balance entre costos y beneficios sigue siendo un reto.*

Toda modificación de un ecosistema natural para atender necesidades humanas conlleva una transacción. Por ejemplo, un país puede incrementar su producción de alimentos para atender las necesidades alimentarias de su población convirtiendo los ecosistemas naturales en sistemas agrícolas; pero esta conversión para obtener un bien o servicio tendrá como resultado una reducción en la provisión de otros servicios de igual importancia, como son la provisión de agua, la regulación de inundaciones y azolves o el control de la desertificación. Las políticas que han propiciado tales transformaciones de los ecosistemas naturales nunca han tomado en cuenta el costo social de largo plazo. En buena medida, el estudio del Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005) y recientemente la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) han motivado el interés de diversos países en hacer el análisis de estos costos transaccionales en sus decisiones de políticas públicas; dichos análisis empiezan a realizarse cada vez más en forma cotidiana y todas las estadísticas indican que esa tendencia aumentará muy notablemente en las siguientes cuatro o cinco décadas.

Los resultados del MA indican que existen ya claras evidencias de una seria degradación de la capacidad de los ecosistemas del planeta para proveer los servicios ecosistémicos, incluidos los de producción de alimentos, tanto en sistemas terrestres como marinos, lo mismo a escala global que regional y local. La mayoría de las regiones ecológicas del planeta y de los servicios de los ecosistemas a escala global están en franco proceso de degradación (MA 2005). Por ejemplo, la mitad de los bosques tropicales y templados del mundo ha desaparecido, así como más de un tercio de los manglares del mundo. La situación en los mares es igual o aún más severa: casi 90% de las pesquerías del mundo se han agotado o se siguen explotando a su máximo nivel (FAO 2016b), muchas veces centradas en los organismos de la cúspide de la cadena trófica, es decir los grandes peces depredadores (picudos, marlines, etc.). Además del impacto por la contaminación, las redes de arrastre han tenido una afectación comparable a la del área deforestada en la superficie terrestre.

## **5** *El argumento de que el desarrollo está confrontado con el uso sustentable de los recursos y la conservación de nuestro capital natural es falaz e irresponsable. Responde al desconocimiento de información o a la prevalencia de intereses individuales o de grupo sobre el interés público.*

Por largo tiempo ha dominado en nuestro país el argumento de que el desarrollo está confrontado con el manejo racional y sustentable de nuestros recursos y con la conservación del capital natural. En el caso de México, la diversidad biológica representa un gran potencial para el desarrollo y la generación de beneficios para toda la población. A pesar de ello, históricamente hablando, las políticas de utilización de los recursos naturales no han favorecido la conservación de ese patrimonio ni su uso sustentable, y tampoco han mejorado el bienestar social de quienes viven de ese capital natural, es decir la población rural del país.

Quienes hemos contribuido a la presente obra pensamos que es imperativo asu-

mir en nuestro país que este argumento es equivocado y perverso, obedece a intereses individuales en perjuicio de la mayoría de la población y que, consecuentemente, tenemos que trabajar en un contexto de desarrollo económico sostenido, con beneficio social permanente, acotado por las características ambientales y la capacidad de los ecosistemas para soportar la actividad humana de que se trate. Afortunadamente, México ha adoptado los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ONU 2016).

Tenemos que entender que la diversidad biológica y cultural es parte inherente, consustancial, de nuestro país. El capital natural es un patrimonio que debemos conocer cabalmente para valorarlo, utilizarlo y conservarlo adecuadamente en beneficio de todos los mexicanos del presente y del futuro. Es un capital que no podremos recuperar una vez que lo hayamos destruido. El conocimiento de ese capital debe ser creado en nuestro país, sobre todo por nuestra propia gente; tampoco lo podremos importar de otros países o regiones. Los ecosistemas no son transportables de un lado a otro, como tampoco lo son los servicios que nos proporcionan.

*6 El propósito de Capital natural de México ha sido adelantar el nivel de conocimiento acerca del patrimonio natural nacional; transitar de la definición de problemas al planteamiento y diseño de soluciones, y pasar de la reacción ante los problemas a la anticipación de los mismos.*

Hemos pensado esta obra para contribuir a la conformación de una cultura que promueva la importancia fundamental de la diversidad biológica de nuestro país; que impulse un mayor aprecio por el enorme valor de los servicios ambientales que nos proporciona la variada naturaleza de México, con un entendimiento de lo que significan las transacciones en el manejo de los ecosistemas, para exigir que las decisiones que afectan a los ecosistemas sean tomadas cada vez más con una visión de políticas multisectoriales y no solo desde el punto de vista del sector ambiental, de manera que los otros sectores gubernamentales (agricultura, comunicaciones, comercio, etc.) no desatiendan el efecto ambiental de las decisiones que toman, y que aporte elementos determinantes para arraigar la decisión de conservar nuestro cada vez más amenazado capital natural.

Entre los propósitos generales de la obra está identificar opciones de uso de nuestra biodiversidad de manera que se armonicen la posibilidad de conservación y el manejo sustentable de la diversidad biológica de México, con beneficios tangibles para la población, especialmente aquella poseedora de los ecosistemas. Intentamos aportar datos, síntesis de información y criterios que permitan atender los problemas ambientales de México, en particular los relacionados con la biodiversidad; una visión que sea útil y al mismo tiempo relevante para el Congreso de la Unión; para los funcionarios en áreas ejecutivas de los diferentes órdenes de gobierno; para la comunidad académica, las organizaciones civiles que trabajan en aspectos ambientales y de conservación de nuestros recursos; para la sociedad civil, los partidos políticos, los medios de comunicación, los empresarios y la industria, y, finalmente, para las comunidades que poseen el capital natural del país. Hemos

procurado que *Capital natural de México* brinde información fundamentada que atienda las necesidades de quienes toman decisiones que afectan nuestro patrimonio ecológico; poner a su alcance la mejor información disponible sobre las características de nuestro capital natural, el estado de conservación del mismo, el potencial que representa si lo usamos con criterios ecológicos y los escenarios de posibles trayectorias que pudiese tomar ese capital, dependiendo de las diversas decisiones y acciones políticas gubernamentales o de la sociedad en general, para delinear aquellas opciones que permitan congeniar el aparente dilema entre conservarlo y utilizarlo sustentablemente con miras al bienestar social presente y futuro.

**7** *El presente estudio tiene antecedentes de evaluaciones y análisis previos de la biodiversidad de México, de acuerdo con las responsabilidades de nuestro país como signatario del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Además, está actualizado a la luz de avances conceptuales, nuevos datos, el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de análisis de la información con una amplia participación de especialistas.*

El primer estudio de esta naturaleza fue elaborado y publicado en 1998, con información de fuentes bibliográficas en su mayoría anteriores a 1995. Ese estudio fue un primer esfuerzo, coordinado por la CONABIO, para dar a conocer a los sectores involucrados en la temática de nuestros recursos bióticos una síntesis descriptiva de la biodiversidad de México, lo que además permitió cumplir los compromisos adquiridos al signar y ratificar el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). La información compilada entonces ha sido usada como base para el diseño o evaluación de diversos proyectos ambientales y en la difusión de la importancia y la discusión de los principales aspectos relacionados con la diversidad biológica de México. También se constituyó en un marco de referencia nacional para que los estados del país, con el estímulo y apoyo de la CONABIO, produjesen sus propios informes, cosa que han hecho cerca de la mitad de ellos.

Hay que mencionar que ha habido, en relación con el primer estudio realizado, un avance conceptual evidente desde el título mismo, *Capital natural de México*, que trata de capturar el valor de la biodiversidad desde una perspectiva social. Otra importante diferencia ha sido tanto el número de participantes en la obra como la mayor plataforma de conocimiento disponible que permitió el presente estudio. Esto fue el resultado no solo de una cantidad sustancialmente mayor de datos, sino también del desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de análisis de la información —particularmente la espacial— que ha permitido un mejor entendimiento de muchos aspectos relacionados con la distribución de las especies, las comunidades y los ecosistemas, y las relaciones entre estos elementos.

Es también un reflejo del notable crecimiento y diversificación que el país ha tenido en las últimas décadas, no solo en términos de sus capacidades y recursos humanos, sino en la solidez de sus instituciones gubernamentales, académicas y civiles, y en cuanto a la mayor madurez y capacidad de trabajo conjunto entre sus miembros.

Este esfuerzo para evaluar el estado actual de conocimiento acerca de la biodiversidad de México y su conservación no tiene precedentes. Representa un trabajo de compilación y síntesis de la información disponible sobre los componentes de la diversidad biológica, varios aspectos relacionados con los factores de presión que los afectan, y sobre el potencial para su gestión sustentable. Además, hemos querido darle un énfasis especial a la descripción y el análisis de los servicios que proporcionan los ecosistemas, y relacionar el estado de estos servicios con el bienestar social tanto de los grupos que directamente viven en y de los ecosistemas como de la sociedad urbana que recibe de forma menos consciente dichos servicios. Este enfoque se ha inspirado en buena parte en el estudio global del Millennium Ecosystem Assessment que se llevó a cabo durante cinco años con la participación de más de 1 360 científicos de 95 países (MA 2005). Este es el enfoque retomado por la IPBES en las evaluaciones regionales.

## ESTRUCTURA DE LA OBRA

La presente obra está organizada en cinco volúmenes, en los que se ha tratado de realizar una evaluación científica de la información existente. Los cuatro primeros volúmenes incluyen 56 capítulos, han sido escritos por 766 autores y evaluados por 121 revisores externos; En la obra se cubren los siguientes temas:

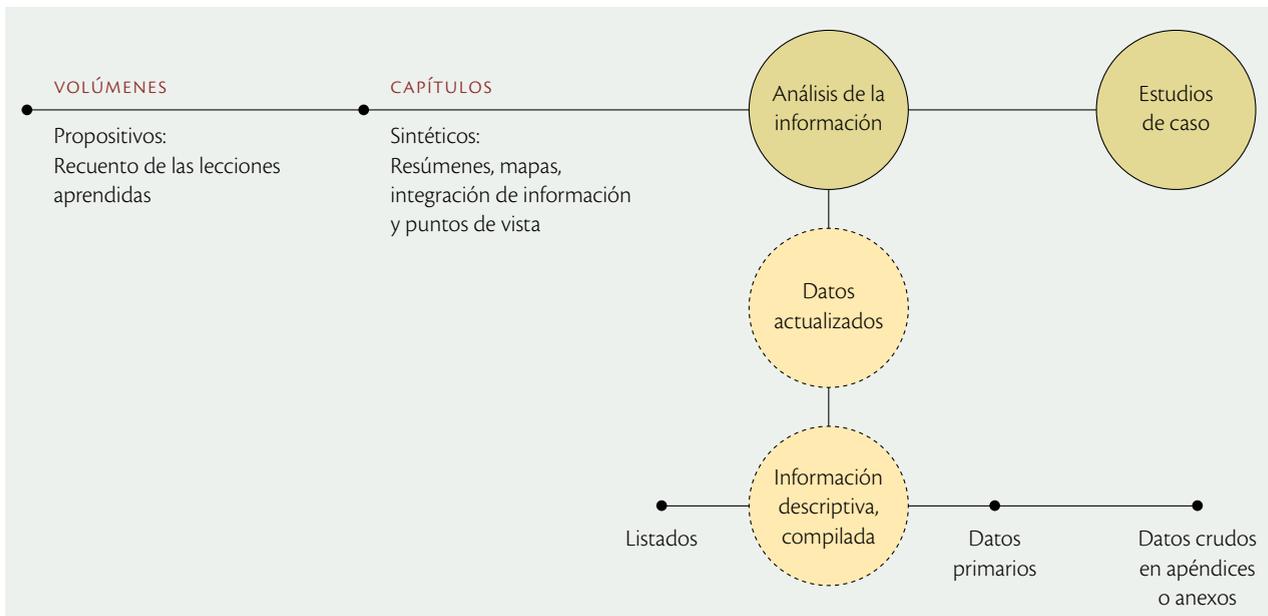
- Volumen I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Para documentar el conocimiento que actualmente tenemos sobre nuestro capital natural se aborda la pregunta central de qué sabemos sobre la biodiversidad residente en México. Es decir, cuál es el conocimiento de la diversidad genética de las especies silvestres y cultivadas; cuántas especies de plantas, animales y microorganismos se han descrito de nuestro territorio y cómo se distribuyen; cuántas especies se han extinguido y cuáles eran endémicas y por lo tanto se han extinguido del planeta; qué tipos de ecosistemas hay en México, cómo se estructuran y cuáles son algunas de sus funciones.
- Volumen II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Se analiza cuál es el estado de los ecosistemas que contienen la diversidad biológica de México en diferentes regiones del país; las tendencias de cambio en las últimas cinco o seis décadas, cómo han sido estos cambios y los factores que han desempeñado un papel central en dichos cambios; cuáles, si se pueden medir adecuadamente, han sido los costos o beneficios sociales de tales cambios. Se analizan los avances y limitaciones en la conservación del capital natural y los aspectos más sobresalientes en los que debemos poner atención especial en el futuro. En particular, al tratar los problemas de conservación de la biodiversidad en términos de la pérdida de poblaciones, cultivares, especies y ecosistemas del país, y del deterioro antropogénico de la funcionalidad de los ecosistemas, debemos entender que tal deterioro biológico se traduce en la pérdida de los servicios ambientales, de los cuales depende a su vez, en última instancia, el bienestar social.

- Volumen III: *Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad*. Se analiza cuáles han sido las políticas y cómo han afectado, positiva o negativamente, el manejo racional y la conservación de nuestro capital natural; cómo podemos mejorar la capacidad del país para realizar evaluaciones de políticas, acciones de conservación y manejo sustentable de la diversidad de México y de sus beneficios para la sociedad. Se sugiere cuáles son los cambios que deben ampliarse y consolidarse para lograr la sustentabilidad ambiental en el uso de la biodiversidad.
- Volumen IV: *Capacidades humanas e institucionales*. Para identificar los factores que nos han permitido o dificultado llegar al estado actual de conocimiento, evaluación y manejo y conservación de nuestro capital natural se evalúa cuáles han sido las bases institucionales, de capital humano y otros elementos que han determinado el avance o retroceso en la atención a los problemas relacionados con el capital natural de México. Asimismo, se apuntan las principales necesidades para un sano y sostenido desarrollo de los esfuerzos de conservación y manejo sustentable de los ecosistemas en el futuro próximo.
- Volumen V (en proceso): *Escenarios futuros*. Los escenarios posibles de la diversidad biológica de México se analizan en el contexto de cuáles serán los cambios más probables de cara al futuro en los ecosistemas y los servicios que proporcionan; qué factores serán determinantes en esos cambios y qué líneas de acción podrían lograr una situación más deseable para el país.

La estructura de los volúmenes se conceptualizó como se muestra en la figura 1. Se ha procurado que los capítulos tengan la mejor y más reciente información técnica y científica, y se buscó alcanzar una representatividad de expertos por regio-

**Figura 1**

Esquema de la conceptualización de la obra y sus capítulos.



nes y disciplinas lo más equilibrada posible. Los autores responsables de los capítulos han hecho un esfuerzo por lograr que exista siempre una documentación de respaldo a los textos que permita llevar a cabo un sistema de seguimiento eficiente y que el lector conozca con el mayor detalle las fuentes de la información. Se ha pretendido también que esa documentación pueda ser revisada en el futuro para desarrollar otras evaluaciones del estado del capital natural del país. También se buscó en todos los capítulos señalar los huecos u omisiones en información básica, investigación, formación, políticas públicas, etc., referentes al tema tratado.

## **ORGANIZACIÓN**

Esta obra se realizó con la orientación de un coordinador general, quien dio la visión del estudio y de los productos necesarios, y de un grupo de compiladores de cada uno de los volúmenes, quienes convocaron a los autores responsables de los capítulos, amalgamaron experiencias, y catalizaron y sumaron voluntades. Dichos autores aportaron su experiencia y conocimiento en los distintos temas y fueron los responsables de integrar los escritos a tiempo e invitar a diversos coautores y autores de recuadros para enriquecer el contenido con su experiencia e ilustrar de forma sintética distintos procesos o determinadas situaciones. Finalmente, un pequeño secretariado tuvo a su cargo la coordinación, organización y documentación del proceso, la revisión de consistencia de la información y las referencias, la búsqueda de información y síntesis y el apoyo a todas las labores logísticas necesarias, como reuniones, envío a revisiones de pares y al editor de la obra, y la verificación de correcciones en el proceso editorial.

## **REVISIÓN DE PARES**

Todos los capítulos fueron revisados por académicos conocedores del tema de que se trataba y que no tomaron parte en la elaboración de los mismos. La responsabilidad final de cada capítulo fue de quienes aparecen como autores responsables y de los coautores. Las observaciones o discrepancias de los revisores fueron analizadas una por una y discutidas con los compiladores en los casos de diferencias de opinión, y resueltas satisfactoriamente para ambas partes de acuerdo con los autores responsables de los capítulos o los compiladores de cada volumen. En caso de diferencias irreconciliables, se incluyó una nota estableciendo el diferendo de opinión.

## **INFORMACIÓN ADICIONAL**

En algunos de los volúmenes se presentan datos relacionados con el material de los capítulos, anexos en un disco compacto adjunto. En el caso del volumen I se incluyó un disco que contiene el listado de las especies de animales, plantas, hongos y

microorganismos conocidos en México hasta el momento y que está actualizado en línea en la página web de la CONABIO para que los especialistas interesados puedan consultar, actualizar, añadir y corregir la lista de las especies mexicanas. Esta base de datos constituye el primer esfuerzo nacional en este sentido; no pretende ser exhaustivo ni completo sino al contrario, trata de atraer a los especialistas de los diferentes grupos en el mundo a mejorar nuestro conocimiento acerca de la biota mexicana. En los capítulos se han incluido estudios de caso o recuadros, que muestran y discuten algunas experiencias exitosas o complementarias o bien ilustrativas, a mayor profundidad, de algunos de los temas abordados en los respectivos capítulos. Los cuatro volúmenes publicados hasta ahora —el texto de los capítulos y la información adicional de cuadros y datos primarios— están disponibles para consulta en línea en la página web de la CONABIO ([www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex.html)), así como el libro *Capital natural de México: acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*, que identificó las necesidades más apremiantes, y que sirvió de base para la elaboración de la recientemente publicada *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030* (CONABIO 2016a).

A continuación se describen los principales hallazgos que se exponen en los volúmenes publicados, con datos actualizados a agosto de 2017 para la mayoría de los temas; en algunos casos no existen nuevos datos. Esta *Síntesis* actualizada incluye un Apéndice, disponible en línea, sobre la actualización, ya que la forma de medir algún aspecto pudo haber cambiado, por lo que se dan los detalles metodológicos.



<[http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex\\_s2017.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/capitalNatMex_s2017.html)>



---

*Mycena naranja* (*Mycena leaiana*).



Alejandro Villalobos (Banco de imágenes CONABIO)



# I

*México es uno de los países con mayor diversidad biológica y cultural. Una gran parte de la biodiversidad es exclusiva de nuestra nación, lo que representa una seria responsabilidad ante el mundo. Las relaciones entre biodiversidad y culturas ofrecen a México grandes oportunidades para el desarrollo. El cuerpo de conocimiento y capacidades que ha desarrollado el país, aunque aún tiene lagunas y limitantes, debe ser la base para tomar decisiones sobre el uso y conservación de la biodiversidad nacional.*

---

La elevada biodiversidad de México se explica por su gran complejidad fisiográfica y por su intrincada historia geológica y climática. La flora y fauna mexicanas muestran patrones geográficos correlacionados con el comportamiento del medio físico y su historia geológica. El volumen I incluye un capítulo sobre la biodiversidad en el pasado geológico reciente, información que es de gran utilidad para dar un contexto a los procesos de cambio climático por los que atravesamos en la actualidad.

Esa gran diversidad biológica de nuestro país se refleja en la enorme diversidad de ecosistemas, así como de procesos ecológicos que son producto de la relación de los organismos entre sí y con su ambiente físico. Estos procesos forman la base de importantes servicios ambientales, en particular de provisión, de regulación, culturales y de soporte.

México no solo destaca por el elevado número de especies que alberga, sino también por su riqueza de endemismos (especies que se distribuyen solo en México) y por la gran variabilidad genética mostrada en muchos grupos taxonómicos, resultado de la evolución o diversificación natural y cultural en el país. Las culturas prehispánicas mesoamericanas domesticaron un gran número de especies a la vez que usaron muchas más, tanto silvestres como cultivadas, con fines alimenticios, terapéuticos, textiles, religiosos, de ornato y de construcción.

Junto con Indonesia, México destaca en el ámbito mundial por la correlación estrecha entre su gran diversidad biológica y cultural. Se ubica en primer lugar en el continente americano y quinto del mundo por el número de lenguas vigentes en su territorio (291 lenguas vivas en el país). En su territorio, la distribución de la variación lingüística corresponde cercanamente con las áreas de mayor biodiversidad.

**8** *El nuestro es un país privilegiado por la excepcional diversidad biológica de su territorio, expresada en la multiplicidad de ecosistemas y sus numerosas especies que presentan una amplia variabilidad genética, en particular evidente en el caso de las especies cultivadas.*

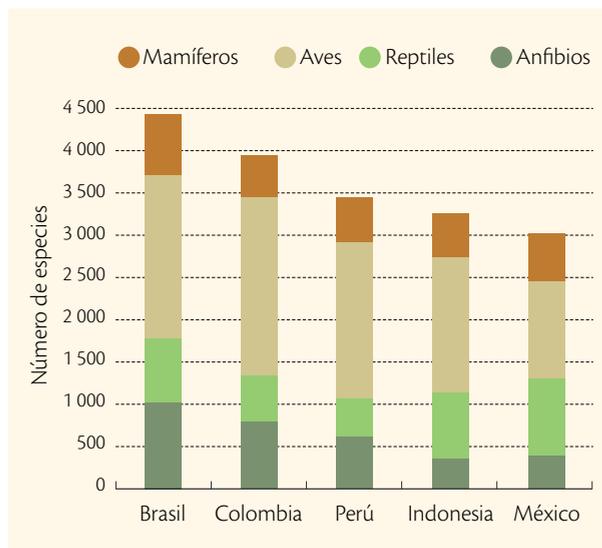
Como se detalla en el volumen I, se estima que en el territorio mexicano habitan cientos de miles de especies, con una amplísima variedad genética, en particular evidente en el caso de las especies cultivadas, y sus parientes silvestres.

En el mundo se conocen actualmente entre 1.8 y 2.3 millones de especies animales, vegetales, de hongos y de microorganismos (Hinchliff *et al.* 2015), de un total estimado conservadoramente en casi 11 millones de especies (Mora *et al.* 2011). Es decir, desconocemos cerca de 80% del total posible de especies, pero al mismo tiempo tenemos un panorama claro de la magnitud de la riqueza de la vida y de su distribución en la Tierra. También tenemos suficiente conocimiento para determinar que México es uno de los países con mayor número de especies animales y vegetales y que en consecuencia se encuentra entre los países denominados “megadiversos”, que albergan entre 60 y 70 por ciento de la diversidad conocida del planeta. La proporción de especies presentes en nuestro país respecto al total conocido es sensiblemente mayor (alrededor de 10 a 12 por ciento) que la proporción de superficie terrestre que México representa del total mundial (1.4%) (véase el volumen I, capítulo 11).

Los grupos mejor conocidos son los vertebrados terrestres. Las figuras 2a y b ilustran de manera comparativa la riqueza de especies de vertebrados, así como de los endémicos. En lo que se refiere a mamíferos, en México habitan 564 especies, de las cuales 514 son terrestres y 50 son marinas (Ceballos 2014, Sánchez-Cordero *et al.*

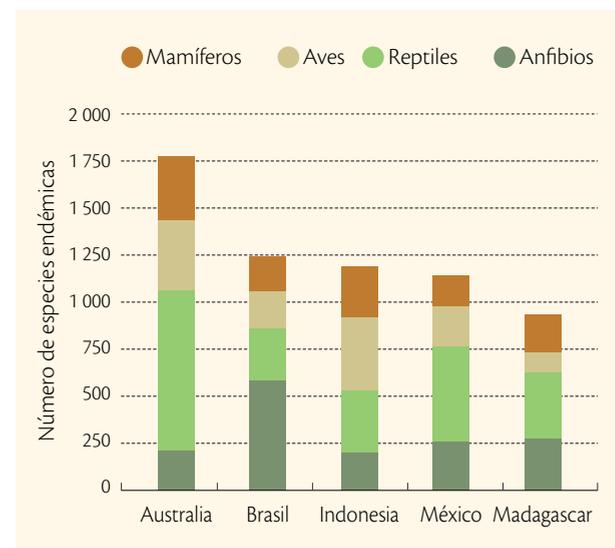
**Figura 2a**

Los cinco países con mayor diversidad de especies de cuatro grupos de vertebrados (CAT-CONABIO 2017), véanse fuentes en el Apéndice en línea.



**Figura 2b**

Los cinco países con mayor número de especies endémicas de cuatro grupos de vertebrados (CAT-CONABIO 2017), véanse fuentes en el Apéndice en línea.



2014); nuestro país se encuentra solo detrás de Brasil, que cuenta con 720 especies en total (SBF 2016). México posee el mayor número de especies de mamíferos marinos.

Con una superficie territorial 3.5 veces mayor que la de México, Australia posee 917 especies de reptiles (Chapman 2009), mientras que en nuestro territorio se han descrito 908 especies, por lo que México ocupa el segundo lugar en el número de especies de este grupo.

México, que tiene litorales en el Océano Pacífico, el Atlántico y el Mar Caribe, es además el único país del mundo con un mar propio (el golfo de California o Mar de Cortés); sus aguas patrimoniales albergan numerosos ecosistemas y especies con las más variadas formas de vida. Por ejemplo, se han descrito 2 224 especies de peces marinos (Espinosa-Pérez 2014), cifra superada solamente por la región del Pacífico asiático, conformada por Indonesia, Filipinas, Australia y parte de Papua-Nueva Guinea, con una superficie marina mucho mayor. El cuadro 1 resume los datos de los vertebrados presentes en México, con las cifras de las especies descritas, las que se estima que en realidad existen, cuántas de ellas son endémicas de nuestro país y el total conocido para cada grupo en el mundo (Fig. 2).

En lo que se refiere a insectos, el grupo de animales más numeroso, se han descrito de México hasta el presente 66 275 especies, pero se estima que pueden existir cerca de 100 000.

Nuestro país se encuentra entre los cuatro con el mayor número de plantas vasculares. Se han descrito hasta ahora poco más de 25 000 de un total que se estima entre 27 000 y 30 000, de las cuales una alta proporción es endémica del país (Figs. 3a y b).

La figura 4 ilustra de manera comparativa la riqueza de especies de hongos, plantas y animales en el mundo y en México.

La información sobre la biodiversidad de México se compila e integra en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (vol. IV, cap. 5). Información actualizada sobre las especies animales, vegetales y microorganismos que se han descrito de nuestro país se puede consultar en la página web de la CONABIO ([www.biodiversidad.gob.mx/especies/CAT.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/CAT.html)), gracias a la red de especialistas del mundo en los diferentes grupos de organismos. Esto permite que ellos mismos y otros investigadores puedan revisar esa información y la corrijan o la incrementen. Lo anterior nos permitirá tener un conocimiento al día sobre las especies que se han descrito de México e incrementar el uso de información confiable en pro-

**Cuadro 1** Especies de vertebrados descritas, estimadas y endémicas de México y total mundial (CAT-CONABIO 2017), véanse fuentes en el Apéndice en línea

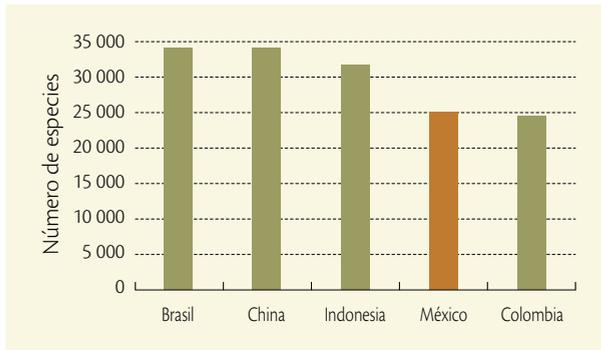
	Descritas de México	Estimadas para México <sup>1</sup>	Endémicas de México	Descritas del mundo
Peces	2 763	2 763	289 <sup>a</sup>	34 274
Anfibios	399	399	258	7 621
Reptiles	908	908	509	10 450
Aves	1 150	1 167	104	10 672
Mamíferos	564	600	162	5 707

<sup>1</sup> Martínez-Meyer *et al.* 2014.

<sup>a</sup> Corresponde solo a peces dulceacuícolas.

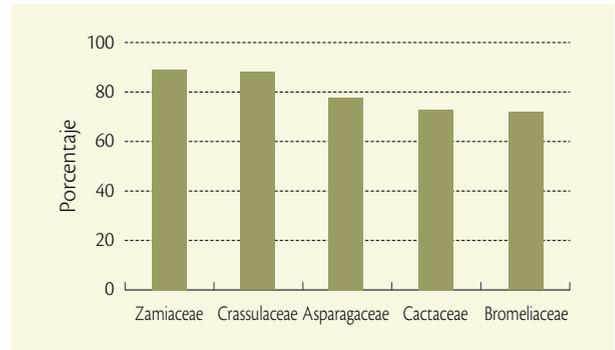
**Figura 3a**

Los cinco países con mayor diversidad de especies de plantas vasculares (CAT-CONABIO 2017), véanse fuentes en el Apéndice en línea.



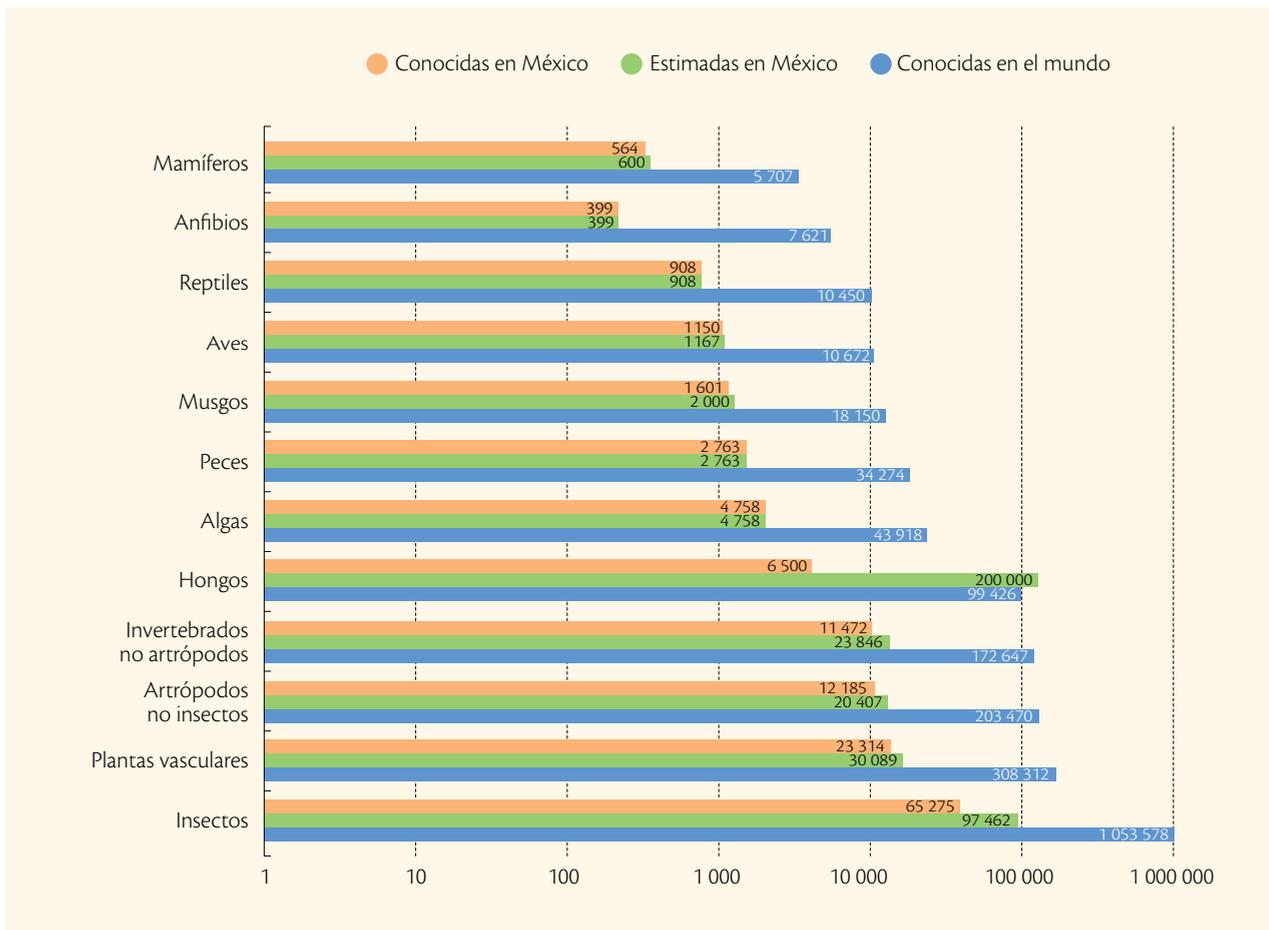
**Figura 3b**

Algunas familias de plantas vasculares en México con alta proporción de endemismos (CAT-CONABIO 2017), véanse fuentes en el Apéndice en línea.



**Figura 4**

Diversidad de especies de hongos, de plantas y de animales en el mundo y en México (CAT-CONABIO 2017), véanse fuentes en el Apéndice en línea.\*



\* Los hongos son uno de los grupos menos estudiados; se estima que existen en el mundo entre 3.1 y 5.1 millones de especies (Blackwell 2011).

gramas de ciencia ciudadana (ej., NaturaLista) y en portales para consultar información (ej., Enciclovida).

**9** *Gran parte de la diversidad biológica de México es exclusiva de nuestro país y eso nos confiere una gran responsabilidad en los ámbitos regional y global.*

Un componente especial de la excepcional biodiversidad de México es la alta proporción de especies que solo existen en nuestro país (denominadas endémicas), lo que imprime mucho mayor valor a su diversidad biológica. En este aspecto, México también destaca de manera importante cuando se le compara con otros países megadiversos (Fig. 2b).

En nuestro territorio han evolucionado numerosas plantas, entre 50 y 60 por ciento de las especies conocidas de México son endémicas al país (Villaseñor 2016). Es decir, la mitad o más de nuestra flora no se encuentra en ninguna otra parte del mundo. Si una de estas especies se extingue en México, desaparece del planeta.

Por lo anterior, las especies endémicas son en particular importantes en relación con la diversidad biológica y por ende prioritarias para las políticas de conservación. Debe quedar claro que no podremos “importar” de ningún otro lugar las especies que conforman nuestros ecosistemas.

Entre los vertebrados, los peces dulceacuícolas, los reptiles y los anfibios son los grupos con mayores porcentajes de endemismo, con una proporción de especies de distribución exclusiva en el país de 57, 56 y 65 por ciento, respectivamente. Los mamíferos (terrestres y marinos) también presentan un alto grado de endemismo, equivalente a 29 por ciento.

La responsabilidad que tenemos de conocer, usar y conservar este patrimonio, ante nosotros mismos y ante el mundo, es muy grande.

**10** *Debido a la gran variabilidad ecológica, la biodiversidad de México se distribuye heterogéneamente, lo que tiene importantes implicaciones para su conservación.*

Como pasa en muchas partes del mundo, en México hay, en general, más especies en las zonas tropicales que en las zonas templadas. Sin embargo, la extraordinaria combinación de factores que hay en el país, que influyen sobre los procesos evolutivos, ocasiona que los patrones espaciales de la diversidad biológica sean extremadamente complejos. El conocimiento de las áreas de distribución de las especies y su arreglo en el espacio geográfico nos muestran que la biodiversidad no se distribuye de manera homogénea. En general, hay un mayor número de especies por unidad de área hacia el sur, en el trópico húmedo. Por ejemplo, es muy conocido el patrón latitudinal de una mayor concentración de especies de vertebrados terrestres y de plantas vasculares, aun cuando existen muchas excepciones

debidas a la compleja historia biogeográfica del país. En México existen varios grupos especialmente ricos en los desiertos, como las cactáceas (Dávila *et al.* 2002), grupos de fauna con patrones biogeográficos determinados por las montañas (Halffter 1987, 2003) y un enorme número de endemismos y microendemismos que no necesariamente se correlacionan con los patrones observados entre grupos taxonómicos.

La distribución de las especies endémicas tiene patrones bien definidos en el territorio mexicano. Aunque varía para los diferentes grupos de especies, el menor número de especies endémicas se encuentra en las regiones tropicales húmedas; una proporción mayor en las regiones tropicales subhúmedas y una muy alta proporción en las regiones áridas y semiáridas. Los patrones de distribución de riqueza de especies y de concentración de especies endémicas para diferentes grupos de organismos no son coincidentes (Fig. 5). Lo anterior implica que cada una de las regiones del país posee una biodiversidad diferenciada y esto tiene consecuencias profundas para el uso y la gestión de la diversidad biológica. No es posible tener representada la biodiversidad del país en pocas áreas ni establecer políticas homogéneas de conservación y uso, lo cual es una razón para que la agenda nacional considere enfoques y políticas territoriales adecuados a la compleja distribución heterogénea de la diversidad biológica del país.

Los patrones espaciales de diversidad muestran que ningún grupo por sí solo puede ser indicador de los sitios de mayor biodiversidad, y que describir estos patrones es un aspecto básico para definir los instrumentos más adecuados para la conservación. Por ejemplo, en el caso de grupos como las aves, y en regiones que pueden considerarse prioritarias para la conservación por la excepcional biodiversidad que albergan (*hotspots*, es decir, áreas con altas concentraciones de especies endémicas amenazadas de extinción o en riesgo de desaparecer por la presión humana), las reservas de la biosfera pueden ser una opción de manejo adecuada dado que suelen comprender áreas extensas con una zonificación de uso de suelo bien establecida (Halffter 1984, 1988). México es pionero en el establecimiento de este tipo de reservas, y ha tenido un papel importante en la conservación (vol. IV, cap. 8). Por otro lado, para grupos como los anfibios y reptiles, y en regiones de alta heterogeneidad como el Eje Neovolcánico, sería más adecuado pensar en estrategias como la implementación legal y la práctica de nuevos modelos de conservación, como los corredores biológicos o una decidida apuesta por el manejo sostenible y de bajo impacto de zonas fuera de las áreas protegidas.

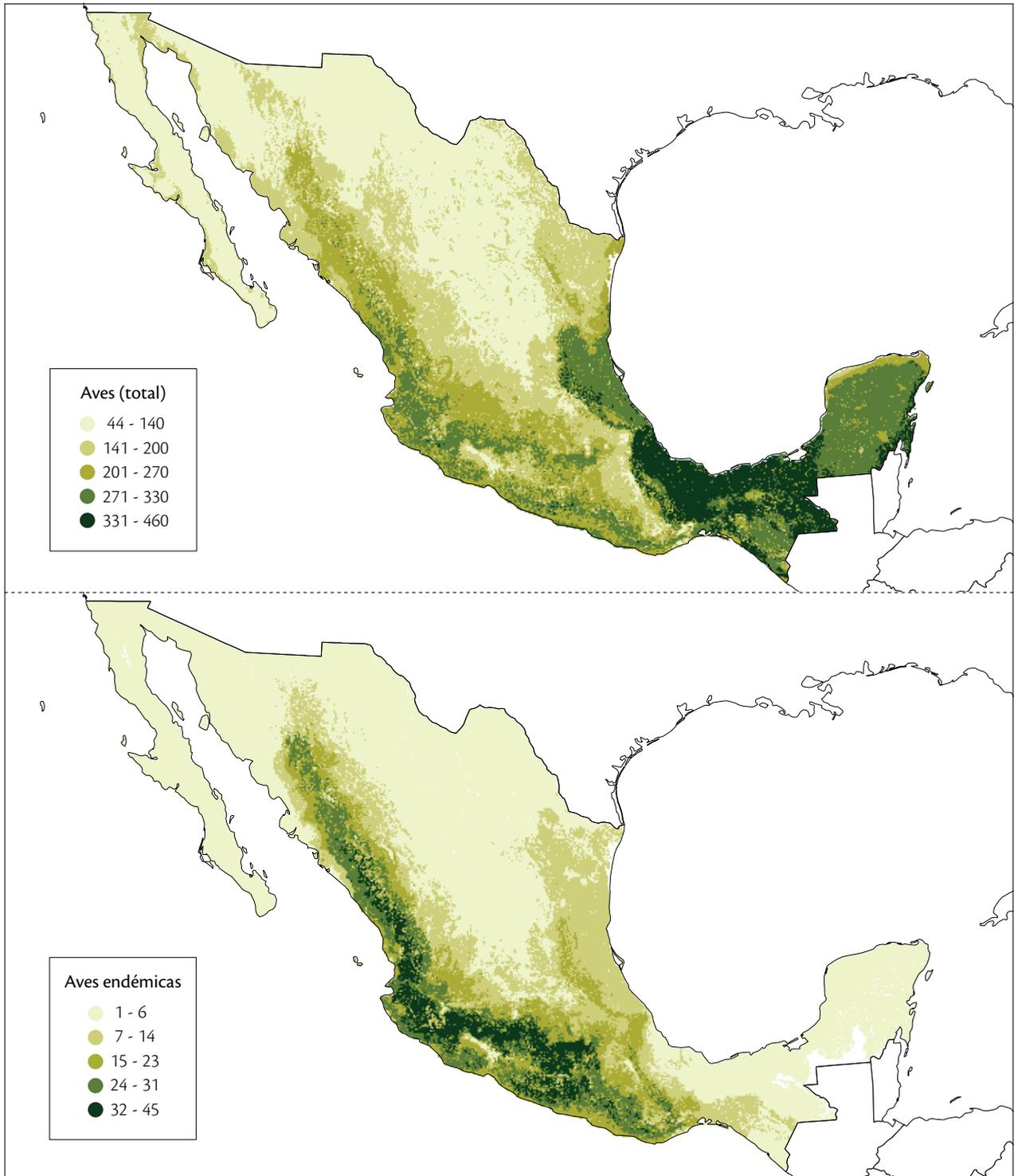
**11** *En el país existe una enorme diversidad de ecosistemas terrestres. Los detalles cuantitativos sobre los servicios ambientales que nos prestan están mal conocidos, pero no cabe duda sobre su importancia económica.*

La gran variabilidad ecológica y la compleja topografía y geología de nuestro territorio, con sus climas y microclimas, producen una infinidad de hábitats. Todos estos factores propician que la diversidad biológica se exprese en muy diversos ecosistemas terrestres.

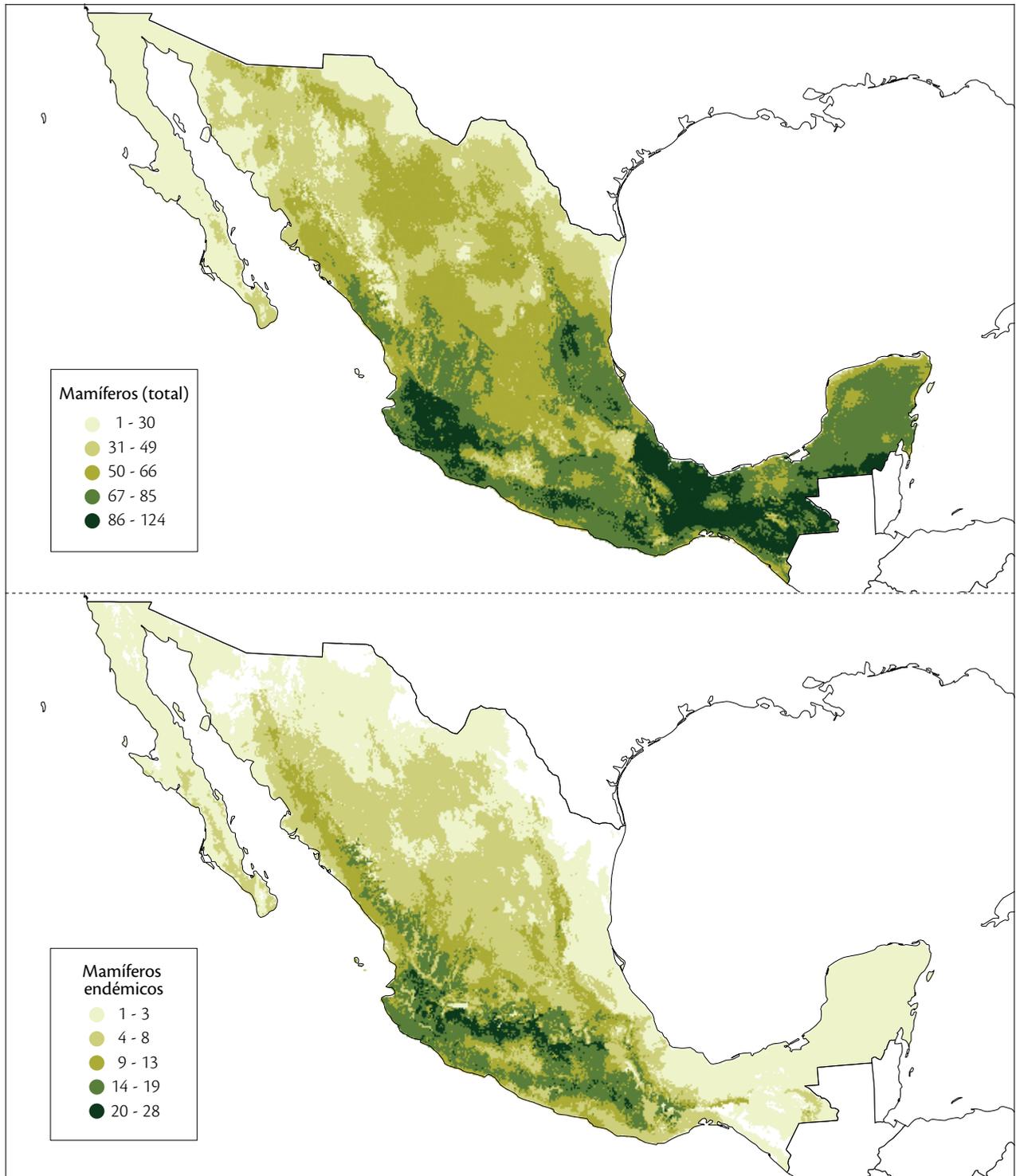
**Figura 5** [esta página y la siguiente]

Los patrones de distribución de riqueza estimada de especies y de concentración de especies endémicas para (a) aves y (b) mamíferos no son coincidentes (vol. I, cap. 12).

**5a** Aves



## 5b Mamíferos



En el norte y parte del centro del país se encuentran las zonas áridas y semiáridas, caracterizadas por los matorrales xerófilos, pastizales y bosques espinosos; en las planicies costeras y secas del Pacífico, centro del golfo de México y noroeste de Yucatán se encuentran los bosques tropicales secos y semisecos; en las zonas más húmedas inferiores a los 900 metros sobre el nivel del mar se ubican los bosques tropicales perennifolios, y a mayores altitudes los bosques de niebla; finalmente, en las sierras habitan los bosques de coníferas y de encinos.

Desde hace un par de décadas se han reconocido las ecorregiones como áreas que contienen un conjunto geográficamente distintivo de comunidades naturales que comparten la gran mayoría de sus especies y dinámicas ecológicas, así como condiciones ambientales similares. En el caso de México contamos con una cartografía detallada a escala 1 : 1 000 000, en la que se definen 96 ecorregiones terrestres sin incluir las de islas (INEGI *et al.* 2008), lo que ha sido un indicador de gran utilidad en la planeación de la conservación ([www.biodiversidad.gob.mx/pais/vaciosyom.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/vaciosyom.html)).

La tarea de entender los procesos ecológicos básicos que mantienen el funcionamiento de los ecosistemas es fundamental; sin embargo, aún no contamos con mapas a escala regional y nacional. Generar esta información es una tarea pendiente para poder conservar y aprovechar los servicios que nos brindan los ecosistemas. Se requiere un claro entendimiento de cómo operan los procesos ecológicos básicos para planear e implementar mejores programas de manejo sustentable de los ecosistemas que incluyan la óptima administración de los servicios ecológicos de los cuales depende el desarrollo económico y social.

## **12** *La biodiversidad en los ecosistemas marinos de México, que es excepcionalmente grande y relativamente menos conocida que la terrestre, representa un potencial como recurso natural que se sigue desperdiciando de manera importante.*

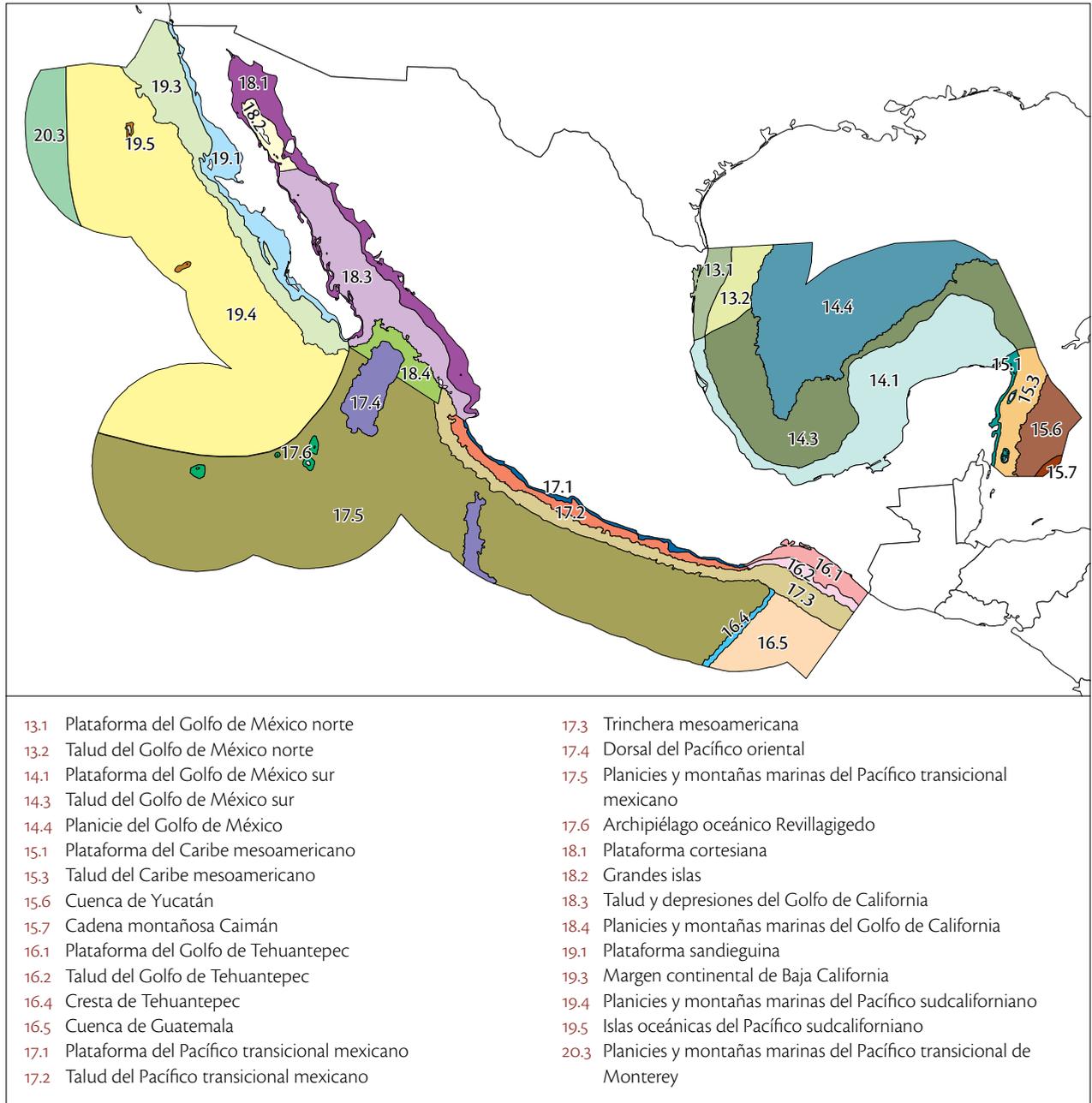
La ubicación geográfica de México entre las influencias oceánicas del Atlántico centro-occidental y del Pacífico centro-oriental explica en gran medida su enorme diversidad de especies y ecosistemas marinos. En términos de litorales y extensión marina, México es el duodécimo país mejor dotado en el ámbito mundial lo que, al igual que en otros países, representa una serie de oportunidades, pero también de retos para elaborar estrategias y políticas públicas para el uso sustentable de sus recursos marinos.

En el ámbito marino existe también una gran diversidad de ecosistemas, como taludes continentales, planicies abisales, islas oceánicas, fosas y cadenas montañosas submarinas. Para caracterizar el fondo marino en cuanto a su profundidad y topografía, los mares mexicanos quedan comprendidos en 28 ecorregiones (Fig. 6).

La investigación oceanográfica de los ecosistemas marinos de manera integrada es reciente (vol. IV, recuadro 5.7). Las inversiones para dotar al país de la infraestructura que se requiere para conocer mejor nuestros recursos marinos (instituciones, equipamiento, barcos de investigación) y la formación de recursos humanos han progresado lentamente. A esto se une la pobre vinculación entre los sectores académicos

Figura 6

Ecorregiones marinas de México de nivel II (vol. I, cap. 5).



mico, privado y gubernamental que ha resultado en la dificultad de organizar una agenda de conocimiento y manejo de los recursos marinos y costeros de México.

A excepción de las especies de fauna y flora de interés económico, tenemos un desconocimiento serio de la biodiversidad marina de todos los grupos, tanto de aguas profundas como someras. Desconocemos también las consecuencias ambientales y socioeconómicas de las modificaciones en los servicios que nos pro-

porcionan los ecosistemas marinos. Requerimos un plan de investigación oceánica de largo plazo, que maximice las oportunidades para explorar, recolectar, administrar y analizar los datos oceánicos de manera que se pueda proporcionar a quienes toman decisiones (pescadores individuales, industria pesquera y gobiernos) la información científica sólida para hacer un uso sustentable y una conservación adecuada de nuestros mares.

Los mares y la zona costera de México son uno de los pilares del desarrollo nacional. Desafortunadamente, el deterioro ambiental, con la consecuente pérdida de hábitats naturales de biodiversidad marina y de muchos recursos socioeconómicos, sigue incrementándose cada día. Actualmente México es uno de los países con los ecosistemas marinos más frágiles y vulnerables ante los impactos de los fenómenos naturales y de origen antropogénico, entre ellos el cambio climático.

**13** *Los ecosistemas costeros, insulares y las aguas continentales, en apariencia modestos en su extensión, son cruciales para el mantenimiento de una biota de enorme importancia biológica y económica. Buena parte de la actividad económica humana de grupos marginados que viven en las costas depende del estado de estos ecosistemas.*

Los ecosistemas costeros son un complejo de lagunas, estuarios y otras formaciones; reflejan las relaciones dinámicas entre las zonas continentales y las marinas y tienen una gran importancia tanto económica y social como de protección de nuestros litorales. Dado que el país cuenta con líneas costeras expuestas a diferentes sistemas oceánicos, la variabilidad de esos ecosistemas es notable. En las zonas costeras ocurren procesos cruciales para el mantenimiento de las poblaciones de la mayor parte de los peces de interés económico para la pesca ribereña (practicada por pescadores individuales, en buena parte para su subsistencia) y de la pesca industrializada; las zonas de manglares son especialmente críticas en este proceso (Fig. 7).

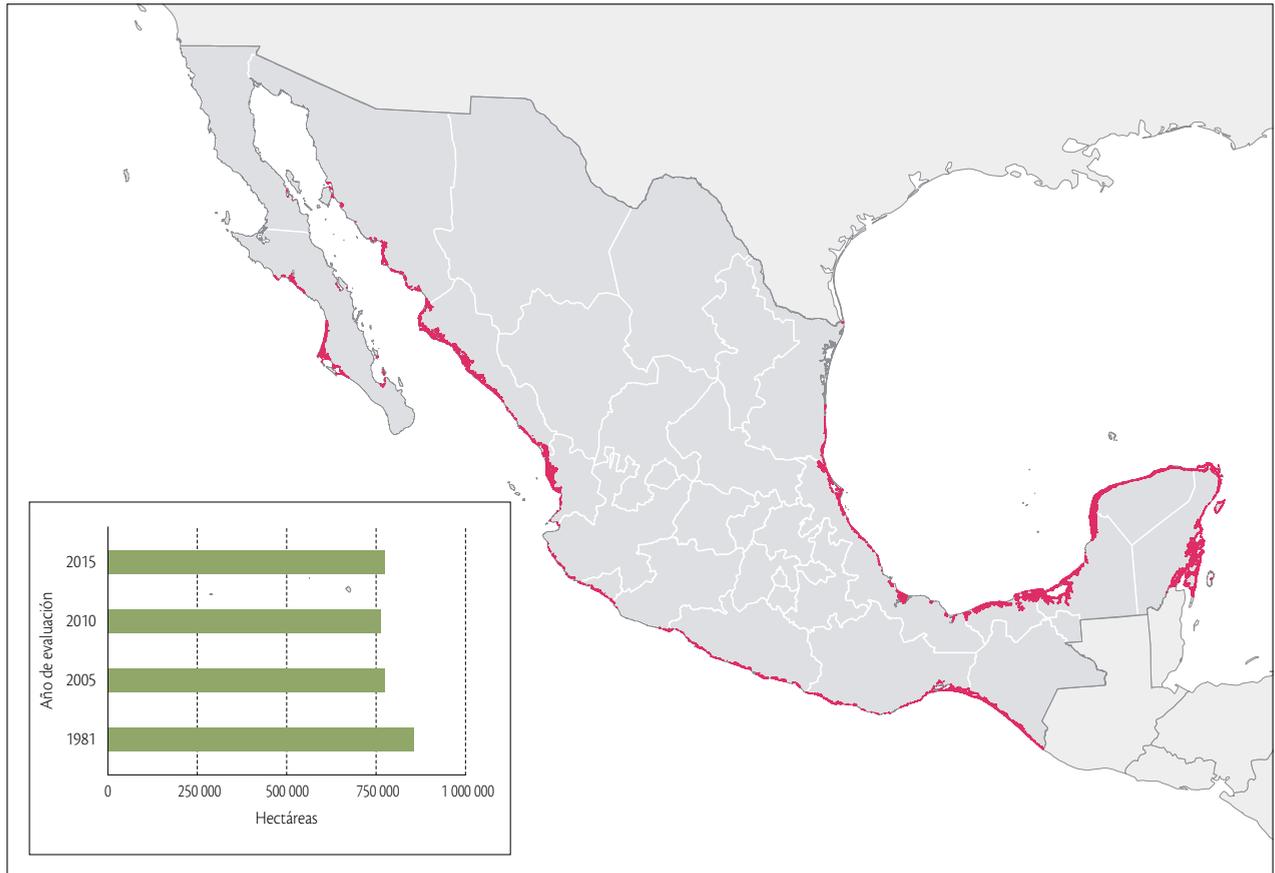
La problemática de las zonas costeras, con todos sus componentes, ha sido abordada por la gestión pública de manera desarticulada y con visiones sectoriales aisladas que han dado lugar a planes y programas dispersos y con frecuencia contradictorios. Por otro lado, la información científica existente se ha producido de manera estanca, motivada por la demanda parcial y dispersa por parte de diversas instancias gubernamentales.

Las zonas costeras son de importancia estratégica, tanto desde el punto de vista del desarrollo económico como de la seguridad nacional, al albergar una gran diversidad de actividades que suelen presentar conflictos por el uso y apropiamiento de los recursos como el suelo, el agua y el paisaje.

Entre los problemas principales que atañen a las zonas costeras de México se encuentran, por un lado, la pérdida del hábitat en zonas intermareales, dunas o acantilados, debida a la deforestación, al cambio de uso de suelo para desarrollos urbanos, portuarios y turísticos, la minería o la extracción de materiales utilizados como relleno en la construcción; por otro, la desaparición o disminución de hu-

Figura 7

Mapa de manglares y tendencias de cambio en su cobertura (CONABIO 2016b).



medales a causa de cambios en el uso de suelo o por azolvamiento o sedimentación, producto de la alteración de los cauces cuenca arriba.

Se requiere instrumentar un plan integrado de estudio, conocimiento y manejo con criterios ambientales de estas zonas que conduzca al uso sustentable y beneficie a las poblaciones que viven en ellas y a la protección de los sistemas costeros. Ese plan debe incluir una participación multidisciplinaria (entre las ciencias naturales y las sociales) y debe estar basado en acciones de planeación transversal de los diferentes órdenes de gobierno. Además de la congruencia en la información que tal plan integrado generaría, un manejo de esta naturaleza representa una acción de seguridad nacional, que ayudaría a proteger nuestro territorio y a las poblaciones que viven en esas zonas de la vulnerabilidad ante los efectos de eventos climáticos extremos que se presentarán con creciente frecuencia y severidad, como efecto del cambio climático global que ya estamos experimentando.

La falta de instancias de administración de los recursos costeros y la irregular información que hay sobre ellos ocasiona una permanente pérdida de oportunidades para el desarrollo socioeconómico de esas zonas y de las que dependen del buen estado de funcionamiento de las mismas, como son gran parte de las pesquerías. El

desarrollo turístico sin planes de largo aliento, basados en las características ambientales propias de estos sistemas, que aseguren su sustentabilidad y el beneficio social a los habitantes de estas áreas, representan en la actualidad una de las amenazas más serias a estas regiones.

Los arrecifes coralinos son formaciones particularmente biodiversas que se desarrollan en la cercanía de las regiones costeras. Representan el ecosistema marino de mayor riqueza biológica y tienen gran influencia en la reproducción y protección de una fauna marina de peces muy importante. Aunque diferentes formaciones coralíferas se encuentran tanto en el litoral del Pacífico como del Atlántico, la formación más importante es el Sistema Arrecifal Mesoamericano en el Mar Caribe, la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, compartida con Belice y Guatemala. El Sistema de Monitoreo de Manglares y de Arrecifes desarrollados por la CONABIO son una herramienta básica para la gestión ambiental (CONABIO 2016b, vol. IV, recuadro 5.7, Fig. 7).

Nuestro país cuenta con más de 4 111 elementos entre cayos, islas, arrecifes, islotes, bajos y bancos. Las islas cubren 7 559.9 km<sup>2</sup>, lo que representa 94.2% de la superficie insular registrada en los cuatro mares mexicanos. Al comparar entre regiones marinas sobresale el golfo de México con mayor número de elementos registrados (1 216), seguido del golfo de California (1 003) y el Mar Caribe (845). Sin embargo, destaca el golfo de California como el territorio insular más rico en islas de gran superficie (50.8% de la superficie total del territorio insular de México) (INEGI 2015). De una gran variabilidad en extensión, topografía y contenido de biodiversidad, no obstante su modesto tamaño, son muy importantes por la presencia en ellas de especies endémicas, en especial aves, de las cuales hemos perdido en forma definitiva un número importante (véase el vol. I, cap. 10) por la influencia, durante los últimos 60 años, de las especies invasoras introducidas por pescadores y visitantes. También son importantes en las islas e islotes los grupos de especies endémicas como las cactáceas y los reptiles. Las islas son los ecosistemas que registran el mayor número de extinciones de especies, la mayoría endémicas. Por ejemplo, las islas de la región noroeste son áreas esenciales para la reproducción de más de 30 especies de aves marinas del Pacífico oriental, dos especies de tortugas marinas y cuatro de focas. Además son el hábitat de al menos 218 especies y subespecies endémicas de plantas y animales, entre los que se destacan 81 reptiles, 45 aves terrestres y 92 mamíferos. Actualmente muchas de estas especies se encuentran amenazadas o en peligro de extinción.

Los sistemas acuáticos epicontinentales (lagunas y ríos), aunque de relativamente poca extensión, son muy importantes porque contienen faunas endémicas, especialmente de peces, pero además son de gran relevancia en el ciclo hidrológico de las diferentes regiones del país. Estos son sistemas que han recibido un severo impacto por las actividades humanas, desde la desecación de los cuerpos de agua por la apropiación humana del líquido para fines urbanos y agropecuarios y la seria disminución de sus volúmenes por la perturbación de los ecosistemas en las zonas de captación de agua pluvial hasta la sobreexplotación, contaminación química e introducción de especies exóticas invasoras que han extinguido a muchas especies nativas y endémicas (véanse los vols. I, cap. 10, II, cap. 6, y Mendoza y Koleff 2014).

**14** *A juzgar por las especies de las cuales se cuenta con información, la diversidad genética de la biota mexicana es enorme. La importancia industrial de este hecho es verdaderamente estratégica para México.*

La diversidad genética de las especies es determinante de su capacidad de adaptación a las variaciones del ambiente en que se encuentran, incluidos los efectos de la perturbación humana. Es, además, la base de sus procesos evolutivos. Los estudios de genética de poblaciones pueden revelar aspectos importantes acerca de las especies: la historia evolutiva de un grupo de ellas, los mecanismos o factores que pueden haber influido en la pérdida de diversidad genética e información acerca de la conectividad entre poblaciones, aspectos de gran utilidad para los programas de conservación. El conocimiento acerca de la estructura y diversidad genética tiene aplicaciones importantes no solo en la conservación de las especies y ecosistemas y en las tareas de restauración, sino también en salud pública, sustentabilidad y productividad agrícola, pecuaria, pesquera y forestal, la domesticación de organismos y la biomedicina.

El nivel del conocimiento actual de la variación genética en México se ha incrementado en los tres últimos lustros, pero es aún muy limitado en relación con la riqueza de especies. En 2008 este estudio (vol. I, cap. 15) encontró disponible investigación sobre la variación genética de alrededor de 200 especies. Estudios posteriores incluyen esas mismas especies, más otras de importancia agrícola y de plantas y animales de las zonas montañosas (ej., Mastretta-Yanes *et al.* 2015). Sin embargo, el principal avance ha sido no en número de especies, sino en que en los últimos años se ha comenzado a producir información genómica para muchas especies mexicanas, principalmente de uso agrícola (Apéndice en línea).

El conocimiento de la diversidad genética de nuestras especies indica que el simple aumento del número de individuos no es garantía de la salud de las poblaciones si la diversidad genética de esas poblaciones no aumenta de la misma manera.

Las estrategias de conservación de la diversidad genética de las especies domes-

---

Se ha promovido el estudio de la diversidad genética de calabazas y maíces, cultivos de gran importancia agrícola y cultural para México.



Iván Montes de Oca (Banco de imágenes CONABIO)



Miguel Ángel Sicilia (Banco de imágenes CONABIO)

ticadas y sus parientes silvestres pueden no ser las mismas que se aplican para las especies silvestres; deben basarse en el manejo de las especies cultivadas, en la conservación de los procesos de domesticación utilizados por los grupos nativos y en una política de conservación *in situ* y *ex situ*.

Un número importante de los estudios analizados apuntan al hecho de que la mayor variabilidad genética se encuentra en los centros de origen de las especies, como es el caso del maíz, el algodón y microorganismos fijadores de nitrógeno como la bacteria *Rhizobium*.

La información disponible refuerza la idea de que la variabilidad ecológica del territorio mexicano se refleja en la heterogeneidad genética de las especies. Además, ciertas áreas tienen un papel importante para el mantenimiento de la diversidad genética. Lo anterior implica que en las políticas de conservación y restauración debe procurarse obtener una representatividad poblacional-espacial por especie y que debemos vincular la información genética con el análisis de las regiones que han sido definidas como prioritarias para la conservación.

Incluso en el ámbito de la salud, como en el caso de la enfermedad de Chagas causada por el parásito *Trypanosoma cruzi* (huésped de la chinche besucona, *Triatoma infestans*), deben adoptarse políticas de salud pública basadas en estrategias diversificadas y dirigidas a tratar los diferentes linajes genéticos de forma simultánea. Estos resultados son también de interés en el tratamiento de plagas agroforestales.

Actualmente, con la participación de una red de investigadores especialistas en el área, la CONABIO desarrolla un sistema de información en línea que permitirá verificar y analizar la información genética sobre las especies mexicanas, divulgar ese conocimiento, y apoyar la formación de nuevos investigadores en el área.

**15** *La diversidad de los recursos genéticos contenida en las plantas cultivadas de nuestro país es un patrimonio nacional, pero también mundial. Tiene, además de su valor biológico y cultural intrínseco, un valor económico potencial muy importante que debemos aprovechar de mejor manera.*

Como se ha mencionado antes, México es un importante centro de domesticación y de diversificación de numerosos cultivos, algunos de ellos de gran importancia global. Las especies cultivadas en México poseen numerosos parientes silvestres que amplían, real o potencialmente, la gran diversidad genética de los cultivares de muchas especies que se consumen en todo el mundo, y representan por ello un recurso de gran importancia para la seguridad alimentaria.

Los resultados de análisis de nivel molecular reflejan una diversidad genética en nuestros cultivares mucho mayor que aquella que surge de los análisis tradicionales agromorfológicos, pues reflejan gradientes de variación geográfica y presencia de flujo génico entre variedades, razas e incluso con parientes silvestres, como se ha observado por ejemplo, en maíz (Arteaga *et al.* 2016, Caldu-Primo *et al.* 2017, Romero Navarro *et al.* 2017) y algodón (Wegier *et al.* 2011).

La diversidad genética no es solo el resultado de los factores ambientales y biológicos, sino que resulta también, y de manera importante, de los procesos de do-

mesticación y diversificación por manejo humano. Sin embargo, no contamos con esfuerzos sistemáticos para dar seguimiento a los cambios que han ocurrido en el pasado —y continúan en el presente— en la diversidad a cargo de los pequeños agricultores del país, en su mayor parte indígenas y campesinos, en el contexto de sus campos, solares, huertas y plantaciones. En contraposición a estas fuentes de diversificación, hay un consenso en cuanto a que la diversidad genética de estos recursos ha disminuido. Algunas razones son los cambios demográficos y culturales en las poblaciones rurales y urbanas y el tipo de políticas de apoyo al sector rural.

La conservación *ex situ* de la diversidad genética de las plantas cultivadas presenta problemas de financiamiento y demanda un compromiso institucional sólido, a pesar de la existencia de programas gubernamentales que la apoyan. Por otra parte, la conservación *in situ* de los parientes silvestres de los cultivos es relativamente incipiente y es evidente que dichos parientes silvestres se encuentran seriamente amenazados por la deforestación, los cambios de uso del suelo y la intensificación de la agricultura. La conservación en las parcelas o campos agrícolas continúa de hecho en los sistemas agrícolas campesinos, pero no cuenta con algún apoyo formal, sino que, por el contrario, confronta muchos factores adversos, incluyendo la creciente tendencia al reemplazo por variedades sintéticas y la simplificación ecológica de los campos de cultivo.

Este diagnóstico deja en claro que el futuro de esta diversidad está ligado al de la población rural y al valor cultural y de identidad que continúe teniendo. Del éxito de la conservación de la diversidad genética y de los procesos de domesticación que la generan y mantienen, depende el mejoramiento y la adaptación a nuevas condiciones de nuestros cultivos.

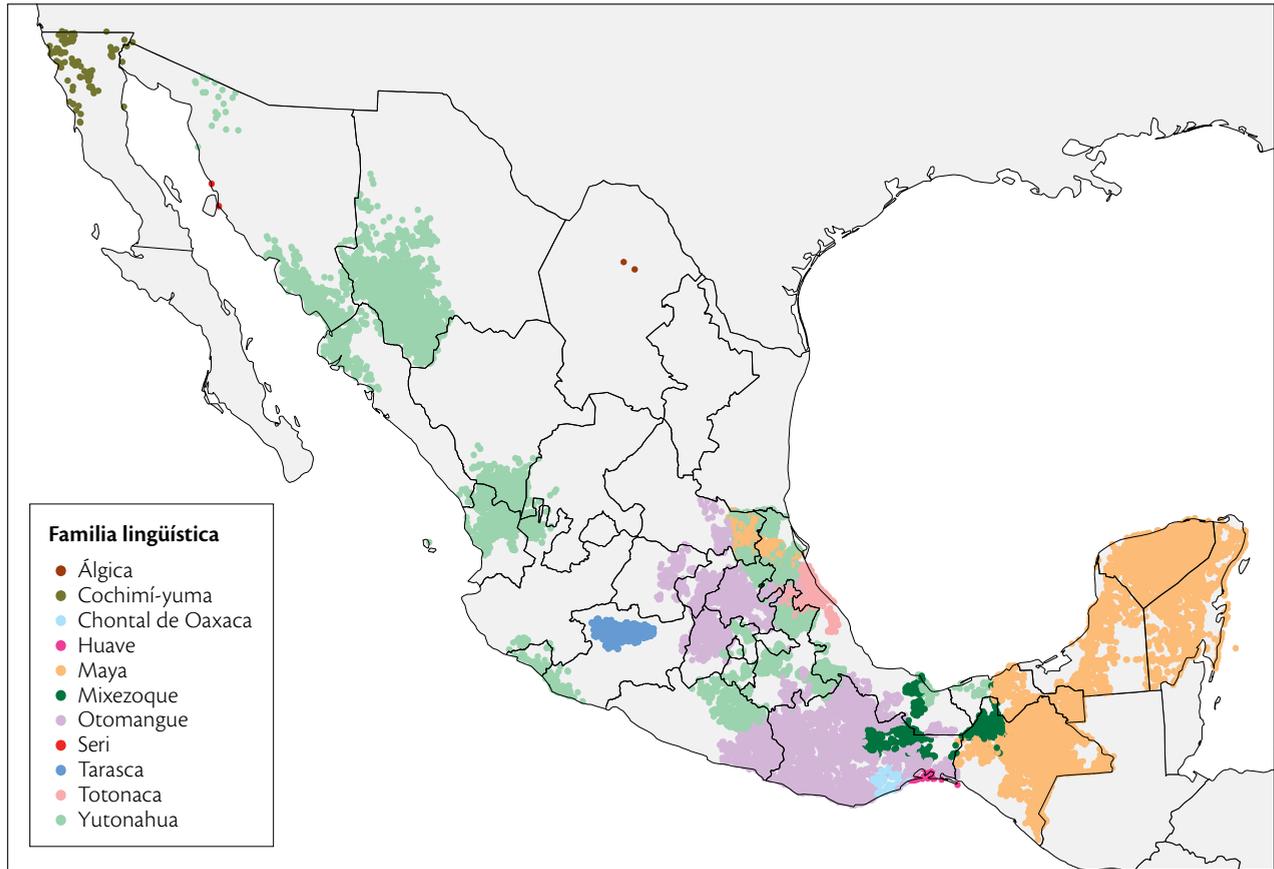
Se requiere una política nacional explícita, con financiamiento concreto, enfocada en acciones interrelacionadas de conservación *in situ* y *ex situ* para la diversidad de las especies cultivadas nativas y sus parientes silvestres. Actualmente, se empieza a dar pasos para fortalecer, con conocimiento sólido, las capacidades para la conservación de la diversidad genética en agroecosistemas tradicionales frente al cambio global, que contribuya a la seguridad alimentaria, con fondos nacionales e internacionales (como el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, GEF 2016).

**16** *La diversidad biológica de México está acompañada de una gran diversidad cultural. Existen relaciones muy cercanas e importantes entre ambas. Resultado de ello es que México es uno de los principales centros de origen de la agricultura y de especies vegetales domesticadas fundamentales para la economía y la vida humana.*

Al igual que cualquier región con antiguas culturas indígenas, en México el conocimiento de los diferentes componentes de la diversidad biológica se ha desarrollado a lo largo de milenios. Existen fuentes documentales que nos permiten asomarnos a lo que fue el rico acervo de conocimiento de los antepasados aborígenes, pero también, hoy día, sobrevive una amplia y dinámica corriente de conocimientos que se mantiene y desarrolla en las comunidades campesinas y rurales del país.

Figura 8

Familias lingüísticas de México (vol. I, cap. 16).



Este cúmulo de conocimiento ha sido a veces ignorado, otras excluido, y solo en ocasiones se ha aceptado y reconocido por esa otra gran vertiente de conocimiento que es la ciencia occidental, la cual ha sido determinante para el estudio de la singular riqueza biológica de México.

El rico mosaico cultural que posee México se hace patente por el hecho de que en el país se hablan numerosas lenguas indígenas que, dependiendo de los criterios de clasificación, van de 59 a 291 en 68 agrupaciones dentro de las 11 familias lingüísticas indígenas representadas (Fig. 8). Si consideramos 291 lenguas, poseemos 30.2 y 4.2%, del total continental y mundial, respectivamente. Sin embargo, se han reconocido 364 variantes lingüísticas que deben ser consideradas propiamente como lenguas (véase el vol. I, cap. 16). Lo anterior coloca a México entre los 10 países con mayor diversidad lingüística —y consecuentemente cultural— del mundo.

Las culturas que existen y han existido en nuestro territorio han desarrollado una estrecha relación con la diversidad biológica de su entorno, tanto en su cosmovisión como en la manera en que han aprovechado los recursos naturales disponibles. Se ha estimado que hay por lo menos 118 especies de plantas económicamente importantes que fueron total o parcialmente domesticadas por los agricultores prehispá-

nicos, lo que convierte a México en su parte mesoamericana en uno de los principales centros mundiales de domesticación de plantas (cuadro 2). Más de 15% de las especies que se consumen como alimento en el mundo tienen su origen en México.

Con el intercambio de especies a partir del siglo XVI se generó un flujo de materiales que enriqueció a otros continentes, pero también al nuestro con especies

**Cuadro 2** Algunas plantas con origen o domesticadas en territorio mexicano (vol. I, cap. 18)

Uso principal	Nombre común	Especie	Origen
Abono verde	Guaje, huaje	<i>Leucaena esculenta</i> , <i>L. leucocephala</i>	Mesoamérica
	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Mesoamérica
	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	Mesoamérica
	Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i> , <i>C. moschata</i> , <i>C. argyrosperma</i>	Mesoamérica, América tropical, Norteamérica
	Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i> , <i>M. chicle</i>	Mesoamérica
	Frijol, ayocote	<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. acutifolius</i> , <i>P. coccineus</i>	Mesoamérica, Norteamérica
Alimento	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Mesoamérica, norte de Sudamérica
	Jícama	<i>Pachyrhizus erosus</i>	Mesoamérica
	Jitomate, tomate, tomate rojo	<i>Solanum lycopersicum</i>	Mesoamérica, norte de Sudamérica
	Maíz	<i>Zea mays</i>	Mesoamérica
	Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i> , <i>C. pubescens</i>	Mesoamérica
	Tomate verde, tomate de cáscara	<i>Physalis ixocarpa</i> , <i>P. philadelphica</i>	Mesoamérica
	Tuna y nopal	<i>Opuntia albicarpa</i> , <i>O. ficus-indica</i> , <i>O. megacantha</i>	Mesoamérica
Bebida	Maguey cenizo, maguey del cerro	<i>Agave asperrima</i>	Mesoamérica
	Maguey mezcalero, maguey espadín	<i>Agave angustifolia</i>	Mesoamérica, norte de México
	Maguey mezcalero, maguey tobalá	<i>Agave potatorum</i>	Mesoamérica
	Maguey pulquero, ixtle	<i>Agave salmiana</i>	Mesoamérica, norte de México
	Maguey tequilero, maguey azul, agave azul	<i>Agave tequilana</i>	Mesoamérica
Ceras	Candelilla	<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	Norte de México, sur de EUA
	Achiote	<i>Bixa orellana</i>	Mesoamérica
Condimento	Chile, chile ancho, serrano, jalapeño y otros	<i>Capsicum annum</i>	Mesoamérica
	Vainilla	<i>Vanilla planifolia</i>	Mesoamérica
Estimulante	Tabaco, yetl	<i>Nicotiana rustica</i>	Mesoamérica
Fibra	Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	Mesoamérica
	Henequén	<i>Agave fourcroydes</i>	Mesoamérica
Goma (chicle)	Chicle, chicozapote	<i>Manilkara zapota</i> , <i>M. chicle</i>	Mesoamérica
Ornamental	Cempasúchil, flor de muertos	<i>Tagetes erecta</i>	Mesoamérica, Norteamérica, Sudamérica
	Nochebuena	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Mesoamérica
Pigmento	Añil	<i>Indigofera suffruticosa</i>	América tropical

Fuentes: Dressler (1953); Martínez (1979); Hernández Xolocotzi (1985); Germplasm Resources Information Network (2006), vol. I, cap. 8.

que se acriollaron y se diversificaron en nuestro territorio, gracias fundamentalmente a la capacidad innovadora de los grupos indígenas. Varias especies asociadas a los antiguos pobladores no solo permanecen en uso hasta nuestros días, sino que constituyen más de la mitad de la dieta alimenticia en el país; en cambio, otras cayeron en desuso, pero representan un potencial por desarrollar.

Muchas otras especies nativas no domesticadas que tienen uso medicinal, ornamental o forestal constituyen un potencial económico para el futuro. En contraste con la amplia diversidad de plantas domesticadas, solamente dos especies animales fueron sometidas a algún grado de domesticación: el guajolote, de origen americano, y el perro, introducido desde Asia por los primeros pobladores de América. La mayoría de los animales nativos son consumidos por medio de la caza. Algunas especies tienen cierto grado de manejo que se acerca a la domesticación, como las abejas melíponas y la cochinilla de la grana; más recientemente, por el interés económico que representan, otras especies, como las de insectos comestibles, están sujetas a un manejo por el hombre que se acerca a la domesticación.

Es de importancia vital atender la biodiversidad que está sujeta a manejo humano para permitir que el país mantenga una oferta estratégica y específica de nichos de mercado únicos, además de competitivos. Para ello es indispensable atender a los cuidadores de esa biodiversidad (la población indígena y rural) si queremos asegurar su conservación a largo plazo.

**17** *Una parte importante del capital natural de México es propiedad de comunidades indígenas y rurales, con la consecuente implicación en la provisión de los servicios ambientales generados por los ecosistemas de esos territorios, no solo a las poblaciones de esas áreas, sino a la sociedad en general.*

Las comunidades indígenas y campesinas con prácticas de manejo de su capital natural originadas en Mesoamérica y en Aridoamérica intervienen tanto en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) como fuera de ellas, transformando los espacios naturales en paisajes manejados. Esto las hace ser lo que se ha llamado “gente de los ecosistemas”. Tenemos evidencias de que esta protección —que incluye manejo— indígena y campesina de los recursos naturales, incluso bajo nuevos esquemas de ordenamiento y uso, puede ser relativamente eficiente en varias partes del país. Lo anterior subraya el concepto de que los pueblos indígenas pueden —y deben, hasta donde sea posible— ser actores en una estrategia de conservación que incluye pero trasciende las ANP.

Cerca de 50% de las cabeceras más importantes de las cuencas hidrográficas del país están ocupadas por pueblos indígenas, lo que significa casi una cuarta parte (23.3%) de la captación total de agua pluvial del país (cuadro 3). La mitad de las regiones en donde ocurre mayor precipitación pluvial a escala nacional corresponde a territorios de pueblos indígenas.

Los territorios de las comunidades indígenas en conjunto representan 14.3% de la superficie del país (Fig. 9) y en ellos están representados la casi totalidad de los tipos de vegetación existentes en México. La mayor parte de las selvas secas y húmedas y

bosques mesófilos, así como los bosques templados húmedos, que en conjunto incluyen una muy alta biodiversidad, están bajo la custodia de comunidades indígenas (Fig. 10). Un tercio de las ANP federales del país y 28.9% de su superficie incluyen territorios indígenas, y cerca de 21% de su población es indígena. De la superficie de las áreas dedicadas voluntariamente a la conservación, 47.5% corresponde a territorios indígenas, por lo cual, la conservación de una porción significativa de la biodiversidad y de los ecosistemas y los servicios que los mismos proporcionan depende de la conservación de dichos territorios. Por todo ello se sugiere como aspecto importante en el desarrollo de los planes de manejo de esas áreas que se incluya la opinión y la participación activa de los grupos indígenas.

**Cuadro 3** Captación de agua en cuencas que comprenden territorios de los pueblos indígenas (se incluyen únicamente las que tienen una captura de agua mayor de 15 000 Mm<sup>3</sup> en la totalidad de la cuenca) (vol. II, cap. 15)

Región hidrológica	Cuenca	Pueblos indígenas*	Captura de agua en la totalidad de la cuenca (Mm <sup>3</sup> )	Captura de agua en la cuenca por territorios indígenas (Mm <sup>3</sup> )	Porcentaje de captura de agua en la cuenca por territorios indígenas
Yucatán Oeste	Río Champotón y otros	5, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 34, 41, 42	16 900.53	5 693.12	34
Yucatán Norte	Yucatán	17	45 146.30	39 662.74	88
	Quintana Roo	14, 17	18 604.81	14 438.05	78
Yucatán Este	Cuencas Cerradas-B	5, 17, 31, 39, 41, 42	26 487.60	18 916.63	71
	Bahía de Chetumal y otras	5, 13, 15, 17, 25, 34, 42	20 037.81	5 401.67	27
Sinaloa	Río Fuerte	19, 35, 37	27 598.63	16 311.07	59
Presidio-San Pedro	Río San Pedro	9, 12, 26, 37	27 123.95	9 295.92	34
Papaloapan	Río Papaloapan	3, 4, 10, 20, 23, 24, 27, 30, 32, 33, 43	87 092.44	50 392.13	58
Pánuco	Río Moctezuma	11, 21, 22, 24, 25, 28, 29, 31, 36, 39	40 455.37	12 161.09	30
	Río Lacantún	5, 7, 8, 14, 16, 18, 38, 41, 42, 44	34 936.77	26 997.34	77
Grijalva-Usumacinta	Río Grijalva-Villahermosa	5, 6, 41, 42, 44	55 969.91	23 676.07	42
	Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	38, 41, 42, 43, 44	22 075.46	6 797.86	31
	Río Chixoy	5, 6, 18, 41, 44	33 891.86	11 147.27	33
Costa Chica-Río Verde	Río Atoyac-B	1, 2, 4, 23, 24, 40, 43	21 109.98	12 040.22	57
Coatzacoalcos	Río Coatzacoalcos	3, 20, 23, 24, 27, 32, 33, 39, 41, 42, 43, 44	54 769.35	26 999.74	49
Balsas	Río Atoyac-A	28, 29	25 576.28	5 298.21	21
<b>Total</b>			<b>557 777.05</b>	<b>285 229.13</b>	<b>51</b>

\* 1 amuzgo; 2 chatino; 3 chinanteco; 4 chocho; 5 chol; 6 chontal de Tabasco; 7 chuj; 8 chuj-kanjobal; 9 cora; 10 cuicateco; 11 huasteco; 12 huichol; 13 ixil; 14 kanjobal; 15 kekchi; 16 mame; 17 maya; 18 maya lacandón; 19 mayo; 20 mazateco; 21 matlatzínca; 22 mazahua; 23 mixe; 24 mixteco; 25 nahua; 26 nahua de Durango; 27 nahua del sur de Veracruz; 28 nahua de Guerrero, Altiplano del Estado de México y Oaxaca; 29 nahua de San Luis Potosí, Sierra Norte de Puebla y norte de Veracruz; 30 nahua de Zongolica-Pico de Orizaba; 31 otomí; 32 popoloca; 33 popoluca; 34 quiché; 35 tarahumara; 36 tepehua; 37 tepehuán; 38 tojolabal; 39 totonaca; 40 triqui; 41 tzeltal; 42 tzotzil; 43 zapotecos; 44 zoque. / Mm<sup>3</sup>: millones de metros cúbicos.

**Figura 9**

Territorios actuales de los pueblos indígenas de México (cap. 15, vol. II).

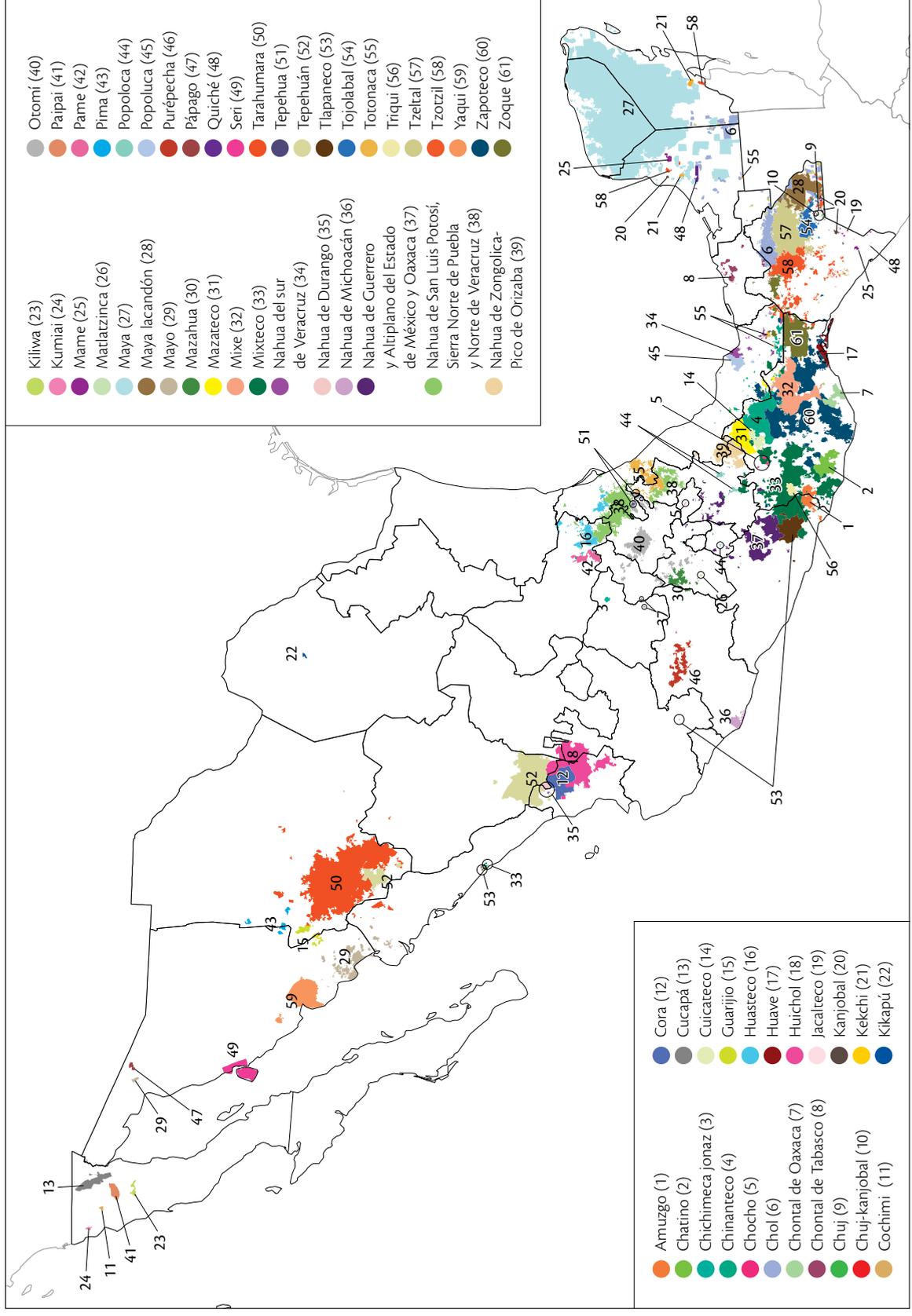
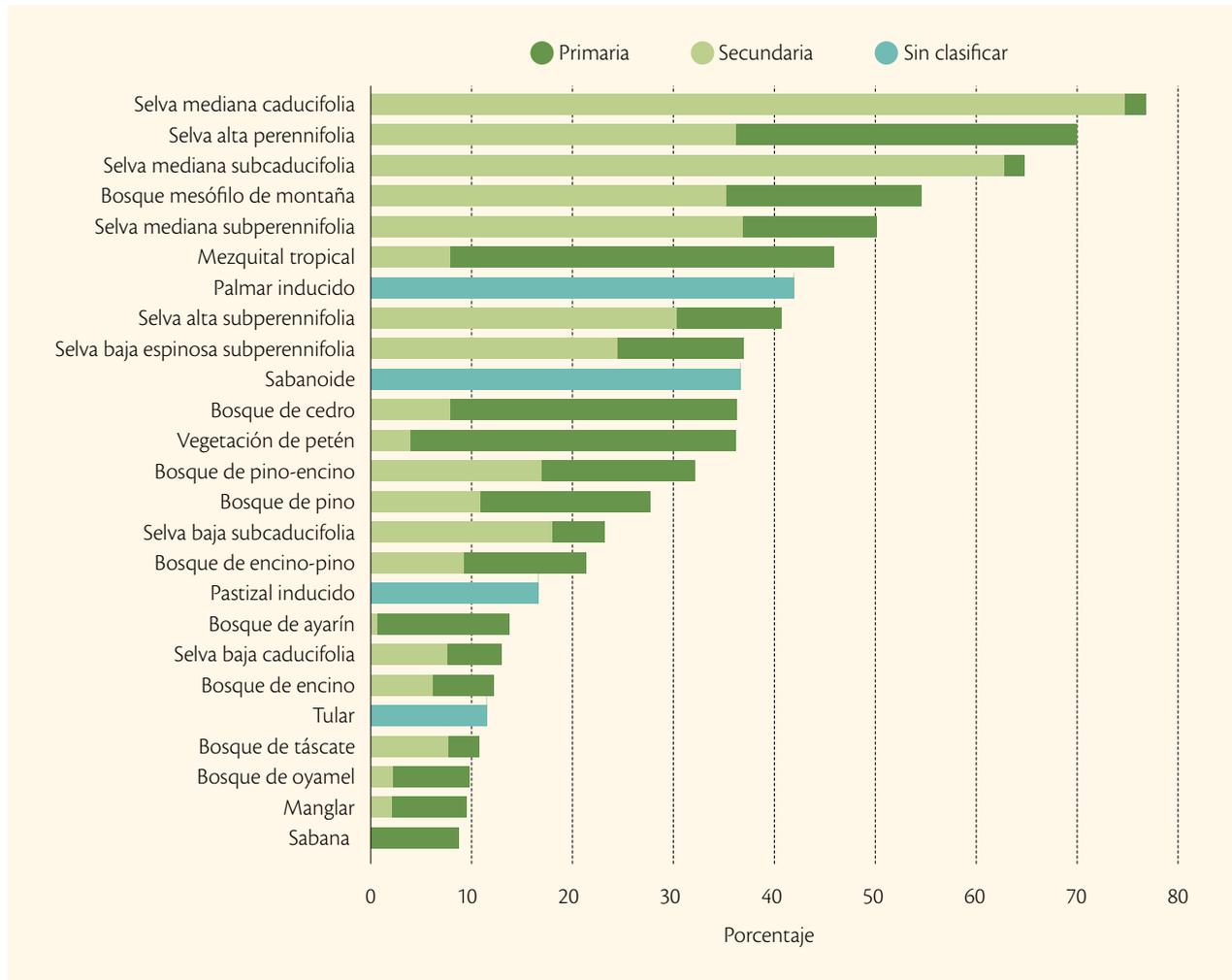


Figura 10

Porcentaje que ocupan los tipos de vegetación en territorios de los pueblos indígenas de México (vol. II, cap. 15, INEGI 2013).



## 18 *La investigación científica sobre el aprovechamiento de la biodiversidad de México enfrenta limitaciones y obstáculos jurídicos y de apoyo que dificultan su progreso futuro.*

La exploración científica y con fines comerciales de la diversidad biológica de México requiere un marco legal moderno, eficiente, que permita avanzar en el conocimiento y utilización de nuestros importantes recursos bióticos, protegiendo al mismo tiempo el interés público y los derechos de las comunidades y los poseedores de predios rurales.

La capacidad de nuestro país para ampliar el conocimiento sobre las especies que habitan en nuestro territorio depende centralmente del número de instituciones que mantienen las colecciones científicas de México, de su fortaleza operativa y los re-

cursos con que cuenten para continuar las exploraciones en las zonas y de los grupos críticos de organismos, del capital humano preparado en el estudio de los grupos de animales, plantas y microorganismos, y su vínculo con la sociedad, en programas de ciencia ciudadana como aVerAves y NaturaLista (vol. IV, recuadro 9.3).

Es de importancia estratégica mantener actualizado e incrementar el inventario de las especies de México, especialmente en los grupos de gran importancia económica y ecológica; es igualmente necesario apoyar a las instituciones y a los investigadores que producen los métodos y los conocimientos modernos que se requieren para realizar dichos inventarios.

En este sentido resulta también muy importante mejorar la reglamentación vigente para realizar las recolectas científicas en nuestro país. Existen aún grandes lagunas de regulación y definición. Continúa en el presente —en las áreas donde existe normatividad— un amplio grado de superposición, no siempre coherente, entre las legislaciones forestal, pesquera, de vida silvestre y agrícola. Áreas como la prospección biotecnológica no tienen regulación jurídica apropiada, lo cual impide a las instituciones públicas mexicanas realizar investigaciones orientadas a la resolución de problemas de importancia nacional y al avance de la ciencia básica. Por otro lado no existe adecuada certidumbre jurídica de los derechos que tienen las comunidades indígenas y campesinas y los propietarios privados. Así, la gran ventaja comparativa de la riqueza biológica de México se mantiene al margen de importantes avances en las ciencias biotecnológicas, al contrario de lo que pasa en países como China, India y Malasia.

Debe abrirse en el país un debate amplio y definitivo sobre estos temas. Es necesario revisar y adecuar el marco jurídico para culminar la definición apropiada de todos los elementos que aún se encuentran mal definidos (vol. IV, cap. 4).

**19** *Debemos usar el conocimiento adquirido hasta ahora como una ventaja estratégica para una mejor toma de decisiones, con una visión de largo plazo, y ampliar el ámbito y la pertinencia de ese conocimiento.*

La enorme diversidad biológica y ecológica del país es de tal magnitud que aún tenemos lagunas enormes de conocimiento acerca de ella. Esta percepción es ciertamente correcta. Sin embargo, no podemos dejar de reconocer que en relación con la dimensión de esa diversidad y en especial con la relativa juventud de nuestros esfuerzos de desarrollo científico, el trabajo realizado por científicos extranjeros y el que poseen grupos indígenas, hemos logrado acumular un significativo cuerpo de información. En este sentido México cuenta con una infraestructura de información que, comparada con otros países de similar riqueza biológica y de comparable desarrollo científico, es particularmente favorable. Este cuerpo de conocimiento debe servir de base para que quienes tienen la responsabilidad en los diversos niveles de gobierno tomen decisiones correctas sobre el uso de nuestros recursos naturales y para que una ciudadanía, mejor educada por ese conocimiento, pueda evaluar las opciones y consecuencias de las diferentes acciones tomadas tanto por el gobierno como por otros actores sociales.



---

Paisaje agrícola en Cuautla,  
Morelos.



Adalberto Ríos Szalay (Banco de imágenes CONABIO)



## II

*El patrimonio biológico de México ha beneficiado históricamente a la población del país, pero la irracionalidad de su uso, su sobreexplotación y el impacto del crecimiento económico han traído como consecuencia un severo deterioro de los ecosistemas y sus servicios ambientales, de los cuales depende el ser humano para su desarrollo y bienestar.*

---

**N**uestro país ha logrado avances palpables en cuanto a una mayor y más rica información para entender la problemática de la conservación de la biodiversidad, así como en la conceptualización de para qué queremos entender mejor esa problemática. Ahora se propone, como lo hace este estudio, concebir los problemas de conservación de la biodiversidad en términos de la erosión o pérdida de los productos de la evolución orgánica expresada en las poblaciones, cultivares, especies y ecosistemas de México, y del deterioro antropogénico de la funcionalidad de los ecosistemas, lo que se traduce en una pérdida de los servicios ambientales de los cuales depende a su vez, en última instancia, el bienestar social de todos los pobladores del país.

No obstante, los esfuerzos hechos hasta ahora para cuantificar los procesos ecosistémicos y para relacionar adecuadamente los servicios ambientales con el bienestar social, son incipientes, no solo en México sino en todo el mundo, y representan una avenida de investigación de importancia no solo académica, sino de gran necesidad estratégica, en especial en un país megadiverso y con problemas de conservación tan agudos como el nuestro. Más rudimentarios son aun los esfuerzos para alcanzar la meta de inculcar en la sociedad la percepción de que la conservación de los ecosistemas y de sus servicios es de interés central para el bienestar nacional.

Como ya se ha mencionado, la sociedad mexicana obtiene bienes esenciales de los sistemas naturales, como alimentos, forraje, madera y productos farmacéuticos. Estos bienes representan una parte importante de la economía nacional, y un elemento fundamental para la economía de autoconsumo, que sostiene a no menos de 20% de la población del país.

La información estadística disponible para México referente a los bienes y servicios que provienen de la utilización de los ecosistemas es muy deficiente. Por ejemplo, no se realizó el censo agropecuario de 2001; también hubo un retraso en la publicación de los resultados, como ocurrió con los de 2007 y en la Carta Na-

cional Pesquera, que debió publicarse en 2016. En otros casos, varias series cronológicas de datos están incompletas o construidas de forma tal que no son comparables de un periodo al siguiente. Esto dificulta en extremo analizar el balance, en términos de ganancias y pérdidas, que resulta de la conversión de los ecosistemas para obtener dichos bienes. No obstante, en general, los datos disponibles indican un incremento en la obtención de los servicios de provisión o abastecimiento de los ecosistemas.

**20** *La biodiversidad y los ecosistemas del país manifiestan síntomas de un impacto antropogénico desde hace siglos, e incluso milenios, pero que ha sido particularmente agudo en el último medio siglo. La deforestación, sobreexplotación y contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y el cambio climático son causas directas de la pérdida de nuestro capital natural, que responden a factores indirectos, como los demográficos, las políticas públicas y los desarrollos tecnológicos errados.*

En los últimos dos siglos, pero sobre todo en las últimas cuatro o cinco décadas, en México, como en el resto del mundo, la actividad humana se ha convertido en un factor de modificación profunda de la naturaleza y de los procesos ecológicos. Podría decirse que vivimos una era especial, el “Antropoceno”, caracterizada por la intensa huella ambiental que la actividad humana imprime a los ecosistemas que albergan la biodiversidad.

Existen factores sociales, económicos y políticos que se consideran “factores raíz”, que a su vez inducen otros “factores próximos” o directos como los cambios en la cobertura vegetal para la producción de alimentos, la sobreexplotación de componentes de la biodiversidad o la introducción de especies exóticas invasoras; el impacto de las especies exóticas en los ecosistemas insulares es un ejemplo representativo. En el futuro cercano habrá impactos difíciles de predecir debidos al cambio climático antropogénico o a la contaminación de ecosistemas con productos de la actividad humana (Fig. 11).

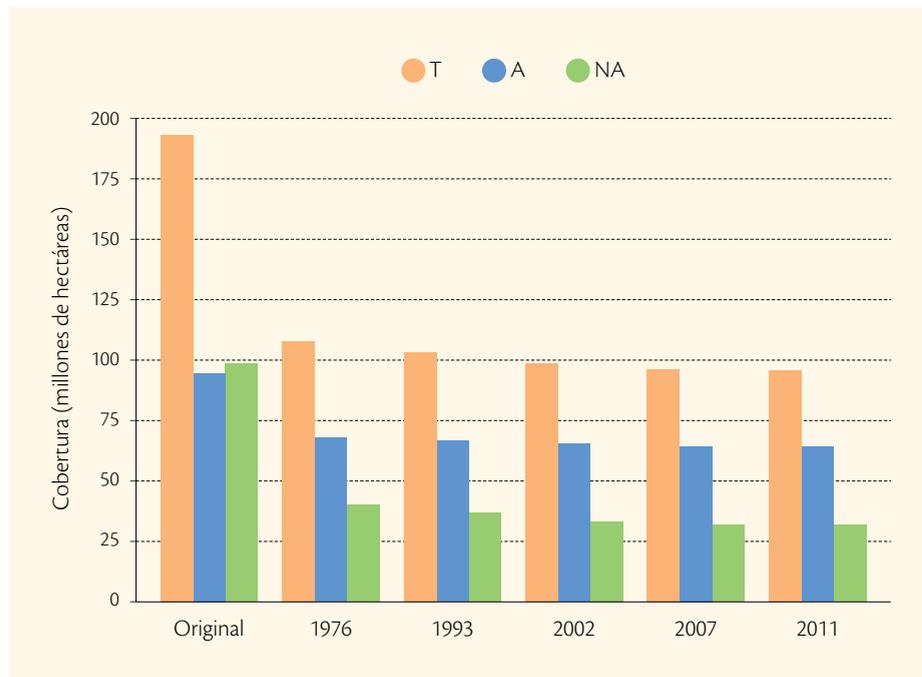
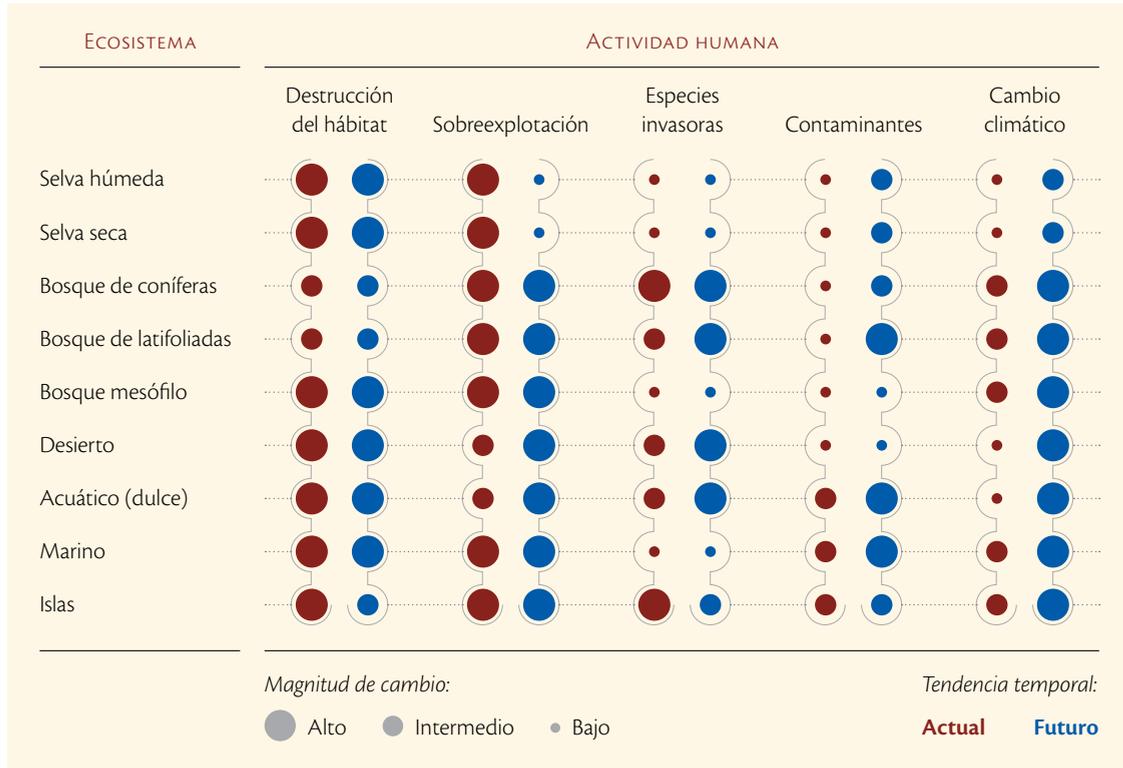
Al igual que en el resto del planeta, el factor de mayor impacto en la pérdida de ecosistemas y la diversidad biológica que contienen ha sido la deforestación de los ecosistemas naturales para la producción de alimentos. Hacia 1976 la cobertura vegetal original en estado primario de los ecosistemas naturales del país se había reducido a 56%, y para 1993 y 2011 representaba alrededor de 54 y 50 por ciento de su superficie original, respectivamente. La cobertura de los bosques y selvas del país representaba en 1993, 2002 y 2011, alrededor de 38, 34 y 32 por ciento de su extensión original, con las mayores pérdidas ubicadas en las zonas tropicales (Figs. 12 y 13).

Una proporción importante de la vegetación remanente está fragmentada y en diferentes estados de perturbación, con gran abundancia de vegetación secundaria, es decir vegetación que está en diferentes procesos de recuperación o deterioro.

Aunque la información sobre humedales o ambientes semiacuáticos es muy fragmentaria, es evidente que ha sufrido impactos muy serios. En los cuerpos de agua dulce de Sonora y la Comarca Lagunera al menos 92 manantiales y 2 500

**Figura 11**

Impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad de México: magnitud de cambio denotada por los círculos de diferente tamaño, y tendencia temporal del cambio en los ecosistemas (CONABIO 2006; vol. II, cap. 1).

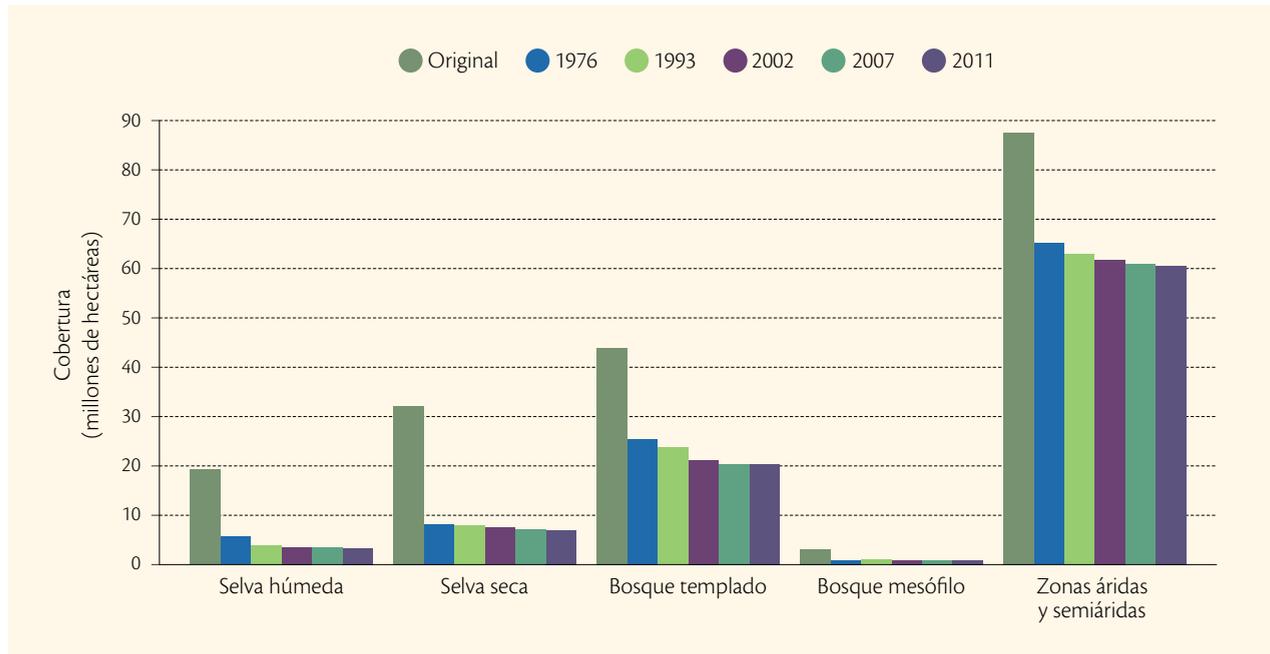


**Figura 12**

Tendencias de cambio en la cobertura de la vegetación, incluyendo la cobertura total (T), la correspondiente a la vegetación arbolada (A) y a la no arbolada (NA) en cada año (vol. II, cap. 1, INEGI 1980, 2001, 2003, 2005, 2009, 2013).

Figura 13

Tendencias de cambio en la cobertura de la vegetación primaria por tipo de ecosistema (vol. II, cap. 1; INEGI 1980, 2001, 2003, 2005, 2009, 2013).



km de ríos se han secado, las aguas superficiales han disminuido y los mantos freáticos se han abatido. Para mediados de los noventa de las cerca de 200 especies de peces de agua dulce de esa región, 120 están consideradas como amenazadas de extinción y 15 ya se han extinguido (Contreras-Balderas y Lozano-Vilano 1994).

En las próximas décadas los efectos del cambio climático se dejarán sentir de forma importante, interactuando con otros factores de perturbación como la sobreexplotación de especies, la fragmentación de la vegetación y otros factores de pérdida de la diversidad biológica. Los estudios del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad de México se han incrementado en los últimos años y existe una agenda de trabajo importante para ese fin (IPCC 2007, 2014), si bien el entendimiento del efecto climático sobre el funcionamiento de los ecosistemas es aún incipiente en el ámbito global y nacional. A pesar de ello, los datos que podemos obtener de modelos generales del clima sugieren que los efectos del cambio climático serán más severos en los ecosistemas ubicados en las mayores elevaciones de nuestros sistemas montañosos y en las latitudes más norteñas.

Por otra parte, existen tendencias de recuperación no fácilmente cuantificables pero evidentes, de zonas que han sido abandonadas fundamentalmente por la despoblación que causa la emigración del campo, así como algunos programas de fomento de sistemas agroforestales, el establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) y otros que, sin embargo, deben ser adecuadamente evaluados en sus efectos de conservación.

Los costos ambientales del desarrollo —y sus consecuencias económicas de largo plazo— son incalculables y en muchos casos imposibles de encarar. El costo de la conservación y el manejo sustentable del capital natural será siempre mucho más bajo que el de la recuperación o restauración de los sistemas. Este elemento debería estar claramente comprendido en las políticas transversales de los diferentes órdenes de gobierno. Esto es particularmente cierto en lo que se refiere al futuro de la capacidad de abastecimiento de alimentos para la población de México hacia mediados de este siglo (alrededor de 150 millones de personas, con un consumo per cápita de alimentos superior al actual). La forma en que este reto se resuelva determinará en gran medida el grado de conservación de la diversidad biológica del país, de sus ecosistemas y los servicios que proporcionará a esa población del futuro. Esto se aplica igualmente a los ecosistemas marinos, ya que 83.2% de las pesquerías ya no son susceptibles de extracción (Sagarpa 2010, 2012).

**21** *La concentración de la población en asentamientos urbanos es un proceso irreversible de grandes alcances sociales, económicos y ambientales. Actualmente, las ciudades tienen un impacto crítico sin precedentes en el ambiente global.*

En todo el mundo la urbanización es un proceso continuo que presenta variantes regionales y nacionales en todos los países. Como parte de este proceso se han conformado las llamadas megalópolis, que son un fenómeno más común en los países menos desarrollados, aunque también se encuentra en algunos países con economías más consolidadas. A pesar de que las altas tasas de crecimiento fueron una característica distintiva de las megalópolis, actualmente es común que las ciudades de menor tamaño tengan tasas de crecimiento mayores que las grandes ciudades. Dadas las tendencias actuales, se espera que en los primeros 30 años del siglo XXI prácticamente todo el crecimiento de la población mundial se localice en los conglomerados urbanos. A pesar de que solo ocupan 2% de la superficie del planeta, el establecimiento y crecimiento de centros urbanos tiene consecuencias ambientales profundas, tanto en el sitio en donde se desarrollan como en otros lugares, algunos circundantes y otros más lejanos.

Las ciudades tienen tasas de consumo que frecuentemente rebasan sus límites (esto es, una profunda huella ecológica). La concentración de la población ejerce una fuerte presión sobre los bienes y servicios que brindan los ecosistemas de los que dependen, pero también puede permitir optimizar su uso cuando la planificación del desarrollo es adecuada. El cambio de uso de suelo que subyace al desarrollo urbano compromete muchos servicios ambientales, incluyendo la biodiversidad. Hoy día, mantener el suelo de conservación, así como la mayor representación de la riqueza biótica y preservar los servicios ambientales que ello implica es un reto fundamental de las ciudades que aspiran a un desarrollo urbano sustentable.

**22** *El impacto de la actividad humana en la modificación de ecosistemas naturales y la desordenada ocupación del territorio para fines urbanos o de producción agrícola ha exacerbado el efecto de los fenómenos naturales, causando desastres con costos sociales y económicos muy elevados.*

La posición geográfica de México, que da origen a una privilegiada diversidad ecológica y biológica, expone con frecuencia a nuestro territorio a fenómenos hidrometeorológicos que cuando son extraordinarios en su expresión causan severos impactos socioeconómicos. Aunque estos fenómenos han estado presentes históricamente y varios de ellos son parte de la dinámica en la que han evolucionado los ecosistemas del país (como el fuego en ciertos bosques de coníferas), la severidad de los efectos en la economía y la sociedad es resultado de las alteraciones antropogénicas de los ecosistemas y los regímenes naturales de tales fenómenos, de la alteración de los ciclos hidrológicos y la capacidad de los ecosistemas naturales de amortiguar su efecto (Fig. 14).

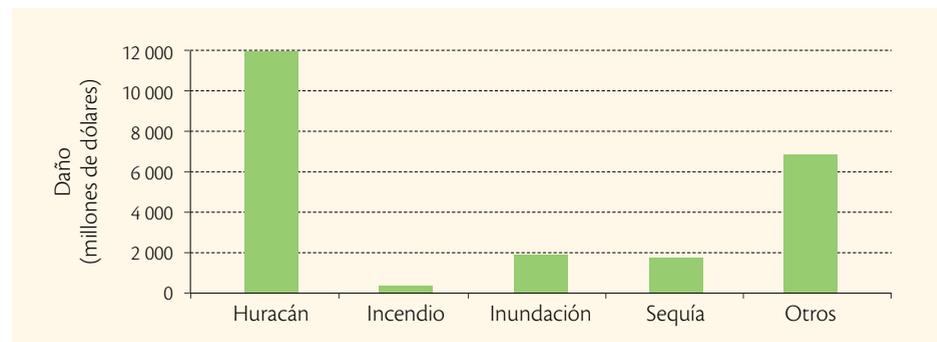
Las transformaciones en el uso del suelo y el cambio climático están modificando los regímenes de esos fenómenos naturales. El entendimiento de las complejas relaciones entre los regímenes de perturbación (ya sean naturales o antropogénicas) y la biodiversidad es aún insuficiente, pero constituye un aspecto fundamental para la conservación y el manejo sustentable de los ecosistemas.

Como resultado de su ubicación latitudinal, su orografía y su relación con los mares que le rodean, el país está expuesto a sequías extensas. Más de un tercio de nuestro territorio (35.4%) sufre este problema, siendo las regiones de Baja California, el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental las más impactadas.

Los incendios forestales, que eran parte natural de algunos ecosistemas boscosos y de praderas, en la actualidad tienen, por lo general, un origen antrópico y han incrementado su frecuencia, extensión y severidad. Entre 1970 y 2007 los incendios, en su mayoría causados por la acción humana vinculada al uso del fuego agropecuario, afectaron en promedio casi 221 000 hectáreas por año. La planicie occidental yucateca, los Altos de Chiapas y las sierras en el occidente del país entre Jalisco y Michoacán, y los piedemontes del Pacífico sur han presentado la mayor frecuencia de incendios respecto a su extensión superficial. En el periodo de 2008 a 2015 los incendios afectaron más de 325 000 hectáreas en promedio, por año.

**Figura 14**

Daños económicos en millones de dólares causados por fenómenos hidrometeorológicos en el periodo 2000-2015 en México (Atlas Nacional de Riesgos 2017a).



Las observaciones de este estudio indican que ha habido una frecuencia de incendios mayor que la esperada en ecosistemas sensibles al fuego, como las selvas tropicales húmedas, donde los efectos son aún más devastadores. El hecho de que la mayoría de estos incendios sean de origen humano sugiere claramente que pueden ser susceptibles de un manejo racional, con medidas que van desde el control de las fuentes de ignición (como las quemadas agrícolas) y la supresión de los incendios mediante su prevención y combate hasta la aplicación de fuegos controlados y prescritos.

Respecto a los efectos del fuego sobre la biodiversidad, desde 1988 la CONABIO contribuye a su detección temprana, lo que ayuda a la planeación de acciones coordinadas por la Conafor, Conanp, brigadistas y pobladores en particular, en las áreas naturales protegidas, para reducir los impactos ecológicos y sociales, así como a la reducción del riesgo para quienes tienen la tarea de combatir los incendios.

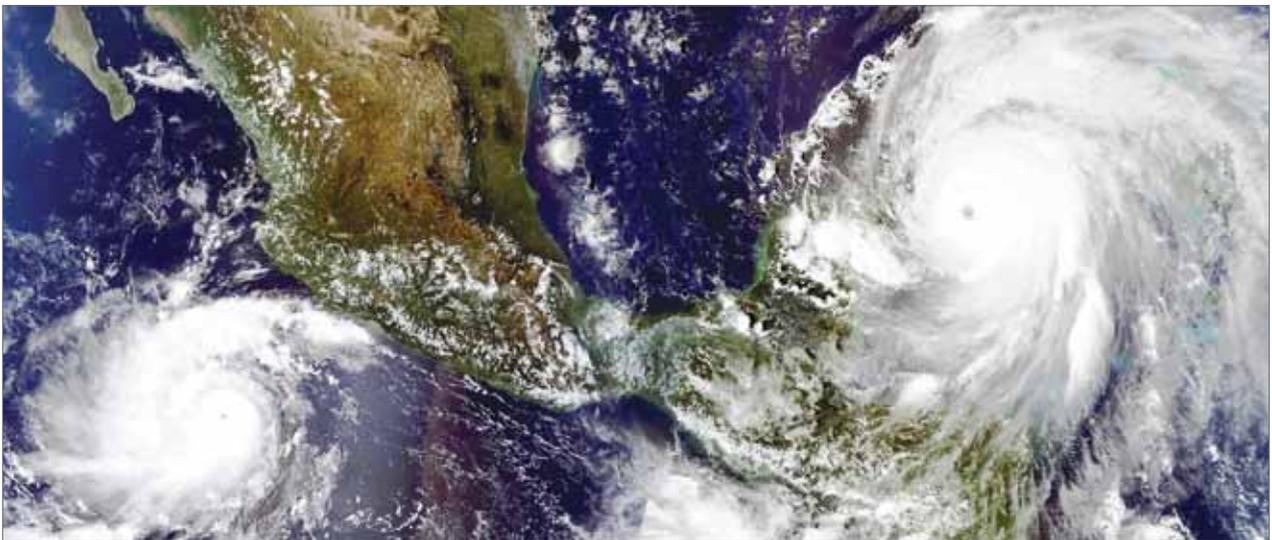
Hay evidencias de que la frecuencia de huracanes de alta magnitud está aumentando. Entre 1950 y 2004 arribaron a nuestro territorio 29 huracanes de categorías de entre 3 y 5, que afectaron 25% del territorio, siendo las áreas costeras las que recibieron los mayores daños, aunque las regiones montañosas a barlovento de los huracanes recibieron también impactos severos, mientras que entre 2005 y 2015 llegaron ocho huracanes de estas categorías (Atlas Nacional de Riesgos 2017b). La información disponible sobre inundaciones sigue siendo escasa, por lo que no es posible estimar las zonas susceptibles de ser inundadas por estos fenómenos a partir de modelos predictivos; en el periodo de 2000 a 2015 las inundaciones afectaron a casi 800 000 habitantes y más de 550 000 hectáreas de cultivos.

Los costos de los fenómenos hidrometeorológicos en México, especialmente el efecto de ciclones y tormentas, son considerables debido a la vulnerabilidad creada por la remoción de la cobertura boscosa. Dichos costos fueron de alrededor de 500 vidas humanas y cerca de 700 millones de dólares por año durante el periodo 1980-1999. Los desastres hidrometeorológicos causaron un daño acumulado de 4 547 millones de dólares, incluyendo los costos directos e indirectos generados,

---

Huracán Iván y tormenta tropical Javier en 2004.

Imagen del Satélite Modis, 13 de septiembre de 2004, CONABIO-NASA



que equivalen a 44% de los daños totales sufridos por desastres durante este periodo, y consumieron más de 70% de los recursos del Fondo Nacional de Desastres. En el periodo de 2000 a 2015 se registraron 697 defunciones y un costo acumulado de más de 16 000 millones de dólares —en promedio 1 000 millones por año—, que equivalen a más de 67% de los costos acumulados por todos los fenómenos en ese periodo (Atlas Nacional de Riesgos 2017a).

El análisis de la información refleja que los efectos sinérgicos de estos elementos de perturbación y su impacto sobre la biodiversidad son mucho más severos que la consideración de los efectos de cada una de las causas por separado.

La planeación territorial diseñada con criterios ecológicos a la escala adecuada y adoptada por todos los sectores ayudaría a reducir el impacto de los desastres naturales sobre la biodiversidad, así como las consecuencias socioeconómicas de estos fenómenos, y también a cuantificar y valorar mejor los servicios ecosistémicos clave para la regulación de esas perturbaciones naturales. La previsión de desastres que traen consigo costos humanos y económicos se podría mejorar sensiblemente con medidas de mitigación como la conservación de la cobertura forestal en las cabeceras de las cuencas, el mantenimiento de los humedales (evitando desarrollos humanos en los mismos) y la protección de los ecosistemas de la zona ribereña, en particular los manglares y los arrecifes coralinos que desempeñan un importante papel en la disminución del impacto de huracanes.

Es previsible que la frecuencia de arribo de huracanes de gran magnitud aumente en el futuro inmediato debido al calentamiento atmosférico. El manejo adecuado y la conservación de ecosistemas tienen un papel importante en las medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático y están consideradas en las recientes estrategias nacionales de biodiversidad y de cambio climático. Tal manejo sustentable de los ecosistemas es crucial también en la gestión de los recursos hídricos en un país como el nuestro, cuya superficie está dominada por zonas áridas y semiáridas y, en consecuencia, amenazado por procesos de desertificación (Fig. 15). Para lograr esto también se requieren sistemas de monitoreo con los que no contamos, y de información hidrometeorológica de mejor cobertura territorial y calidad.

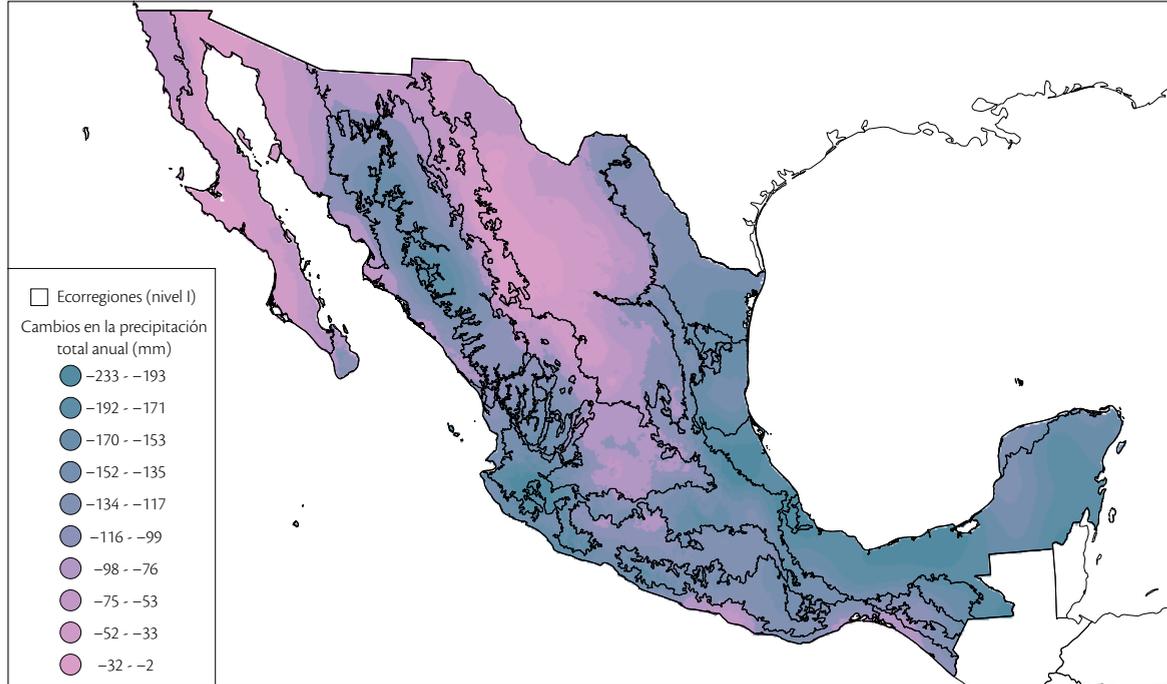
**23** *Aunque persisten limitaciones en la capacidad de análisis de la cobertura vegetal en series cronológicas largas, se ha evaluado que las tasas de deforestación fueron muy severas en las décadas de 1970 a 2000 y la vegetación quedó muy fragmentada; la tendencia de deterioro continúa a pesar de que disminuyó dicha tasa.*

Aunque en términos absolutos el área ocupada por desarrollos urbanos es mucho menor que aquella que la actividad agropecuaria ha transformado históricamente, la tasa de expansión de las zonas urbanas a costa de los ecosistemas naturales en los últimos dos décadas ha sido mucho mayor (3.69% anual) que la tasa de expansión de la frontera agropecuaria (0.7% anual) para el mismo periodo. A esa expansión hay que añadir el efecto de poblados y ciudades como focos de demanda y concentración de la producción de bienes, y de niveles de consumo y desechos, con

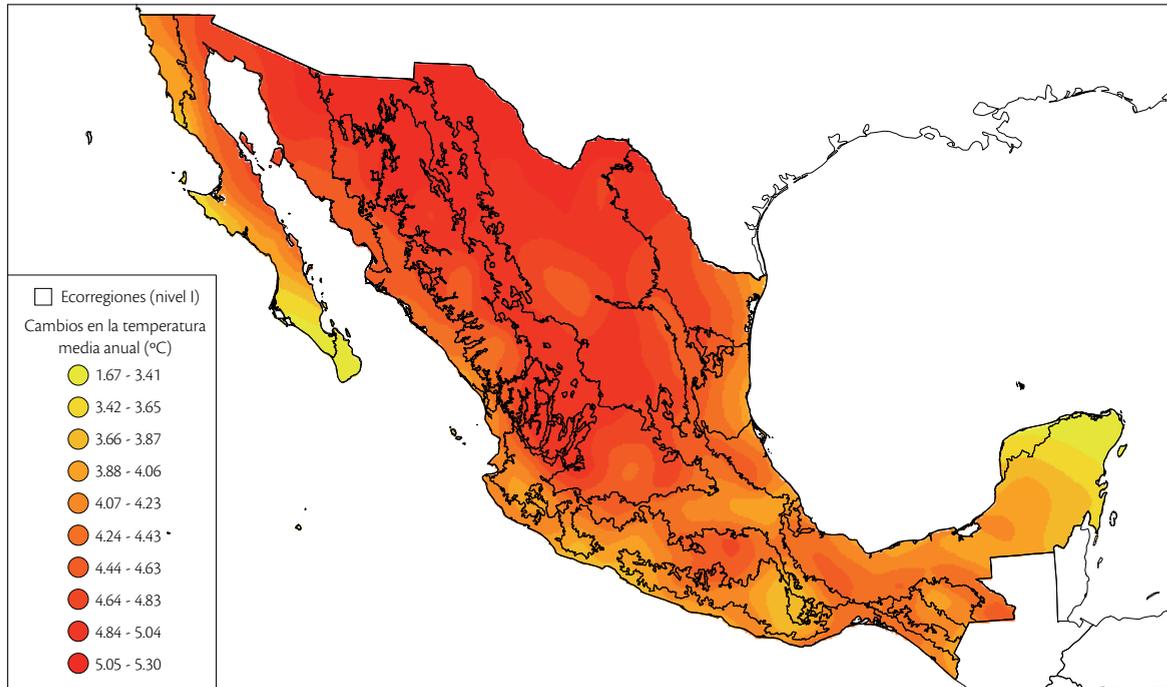
**Figura 15**

Proyecciones de cambios en factores que modifican los procesos de desertificación: (a) precipitación total anual (mm) y (b) temperatura media anual (°C) del ensamble (REA) con el escenario RCP 8.5 para el periodo 2075-2099 (Cavazos *et al.* 2013).

**15a**



**15b**



sus respectivos impactos en su entorno por la deforestación y la pérdida de biodiversidad, degradación y contaminación de suelos, agua y aire.

La fragmentación de los ecosistemas alcanza magnitudes severas (véase el vol. II, cap. 2), especialmente en el caso de la vegetación de las zonas tropicales húmedas (Fig. 16), en donde 58% de las selvas húmedas representa áreas mayores de 80 km<sup>2</sup>. Diversos estudios han mostrado que áreas menores a este umbral presentan pérdidas irreversibles de diversidad biológica. Algo similar ocurre con los bosques templados, aunque la proporción de vegetación secundaria respecto a los bosques bien conservados es menor que en las selvas tropicales húmedas.

La fragmentación de la vegetación tiene consecuencias negativas severas en la viabilidad de muchas poblaciones de especies animales con ámbitos de funcionamiento que requieren extensiones importantes, lo cual a su vez tiene consecuencias negativas en la viabilidad de numerosas especies vegetales.

A pesar de la extensión y complejidad territorial del país, que hace muy compleja la tarea de analizar el territorio a escalas de imagenología de percepción remota que reduzcan los errores de interpretación, hay avances notables, por ejemplo, en el monitoreo de los manglares y los sistemas de información para detectar cambio de uso de suelo (CONABIO 2017a), que cada día se mejoran con capacidades para analizar imágenes con mayor resolución temporal o espacial. Otras causas han sido la variabilidad que ha existido en el pasado, tanto en la calidad y las escalas de la información cartográfica como en los sistemas de clasificación de la vegetación que cubre nuestro territorio. Será necesario para futuras evaluaciones, tanto de la cobertura vegetal de diferentes tipos de vegetación como de los cambios en el uso del suelo, contar con metodologías cartográficas y de clasificación de la cobertura vegetal que permitan hacer estudios de series cronológicas sobre bases de información totalmente comparables. Las capacidades en el gobierno federal y en las instituciones académicas debe hacer que esta meta sea alcanzable en el futuro cercano.

## **24** *La pérdida, degradación y fragmentación de los ecosistemas son la principal causa de una marcada elevación de las tasas de extinción, lo cual es especialmente crítico en el caso de especies endémicas.*

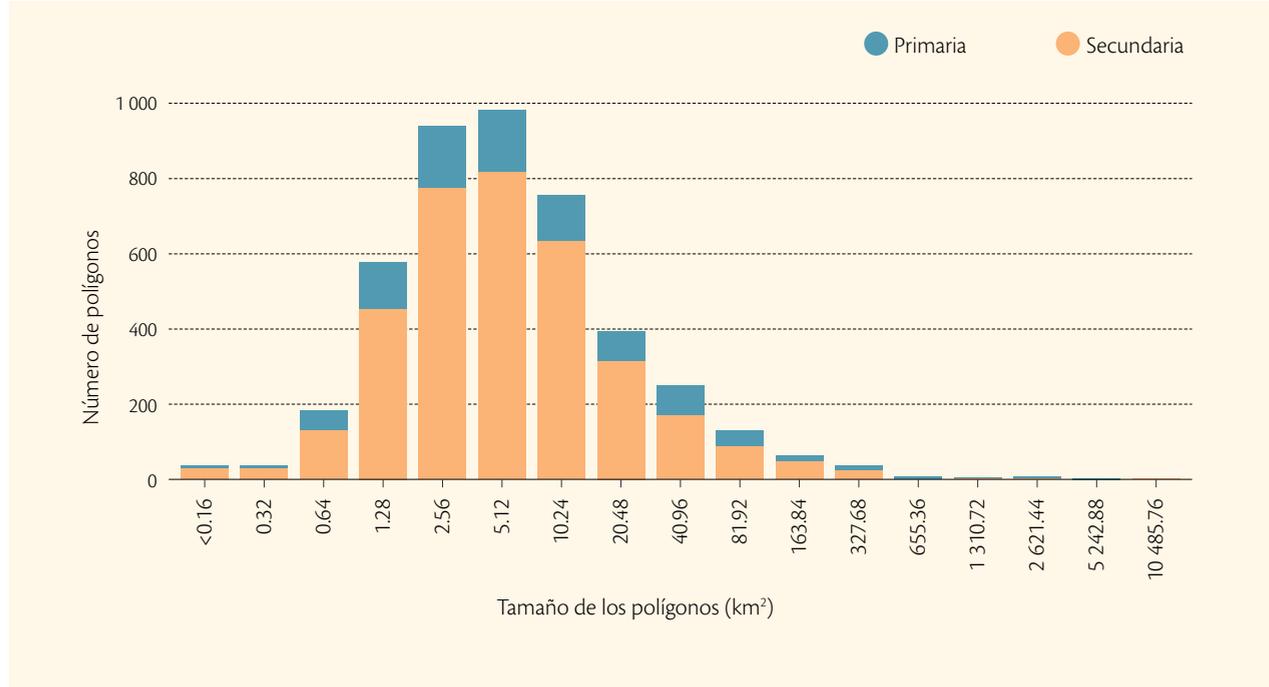
La actividad humana, que ha transformado los ecosistemas naturales para tratar de satisfacer sus diversas necesidades de alimentación, materiales, etc., provocando daños a los ecosistemas naturales, es la causa principal de la extinción de especies. En el ámbito mundial se ha calculado que la actual tasa de extinción de especies es alrededor de mil veces más alta que la tasa histórica. Esto significa que la actividad económica, en particular a partir del siglo XVIII, representa un impacto similar a alguna de las catástrofes globales que han producido extinciones masivas en el pasado, como ocurrió con el impacto de un meteorito hace 65 millones de años que disparó la desaparición de los dinosaurios.

En nuestro país la situación no es diferente; la pérdida de ecosistemas naturales ha sido severa. Las estimaciones más recientes indican que el país conserva solo 50% de su cobertura de vegetación natural (en condición primaria).

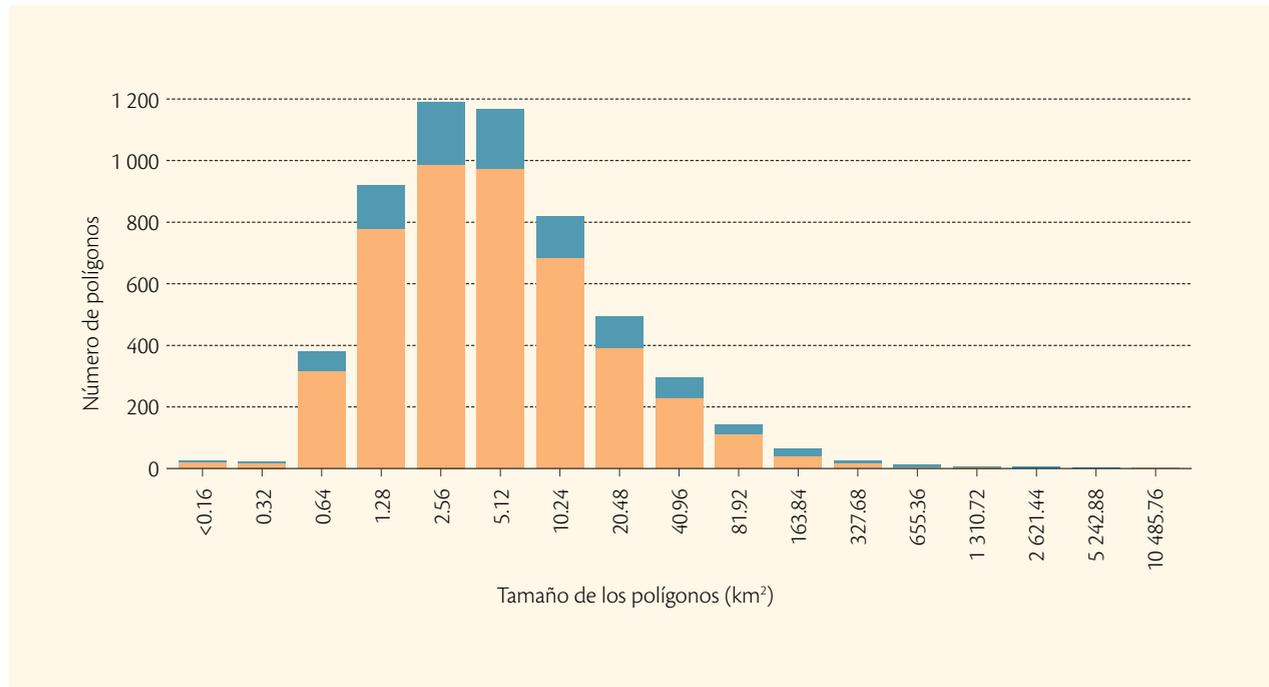
**Figura 16**

Análisis de fragmentación de la vegetación. Distribución de frecuencias del tamaño de los polígonos que representan la vegetación primaria y secundaria; (a) selvas húmedas en la carta de uso actual del suelo y vegetación del INEGI, serie II, ca. 1993 y (b) serie V, 2011 (INEGI 2001, 2013).

**16a**



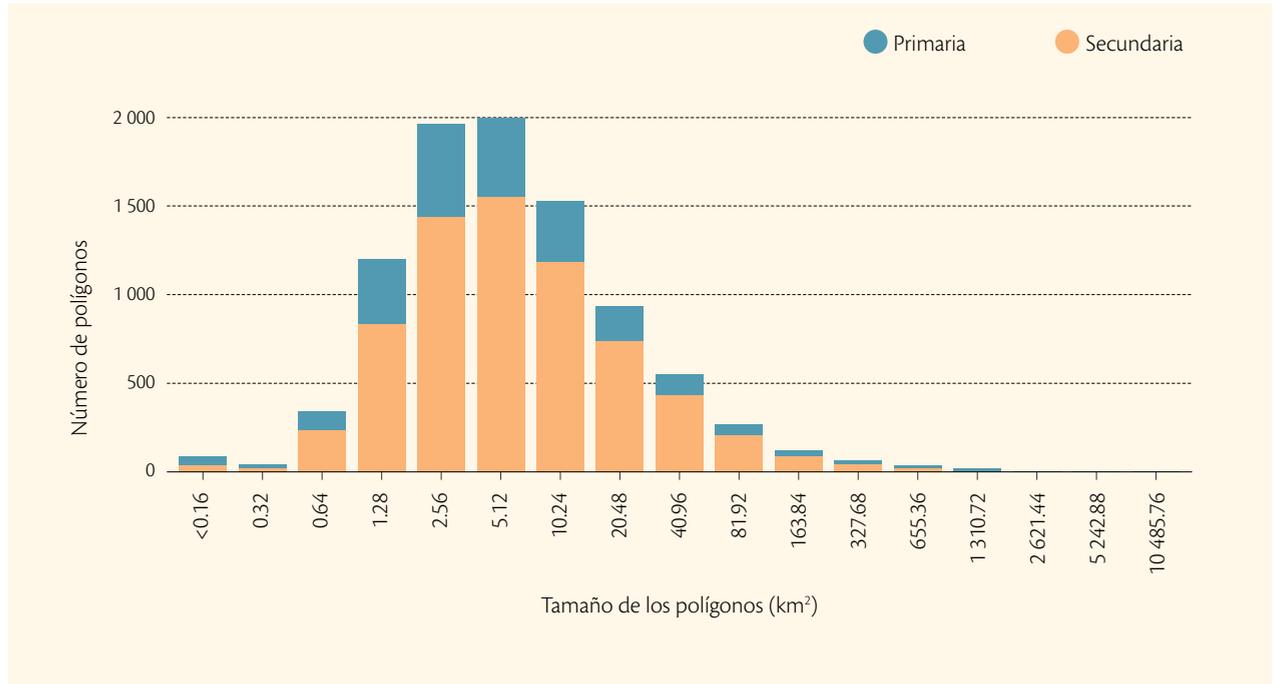
**16b**



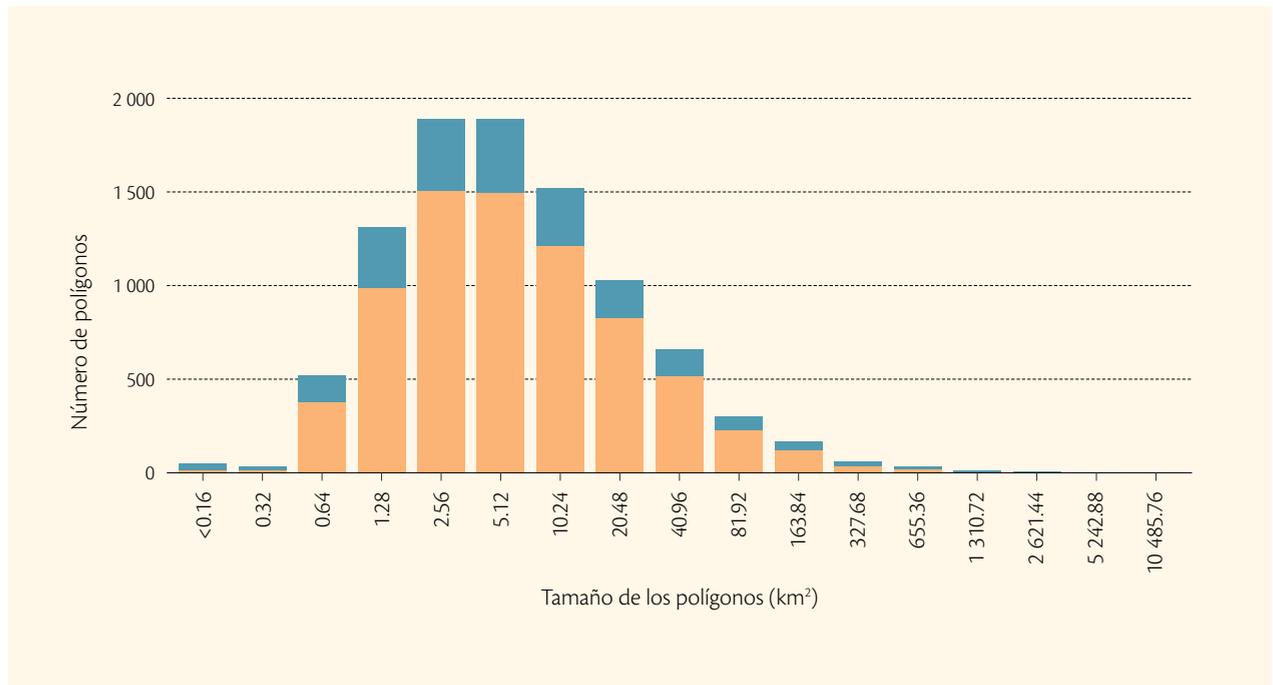
**Figura 16**

Análisis de fragmentación de la vegetación. Distribución de frecuencias del tamaño de los polígonos que representan la vegetación primaria y secundaria; (c) selvas secas en la Carta de uso actual del suelo y vegetación del INEGI, serie II, ca. 1993 y (d), serie V, 2012 (INEGI 2001, 2013).

**16c**



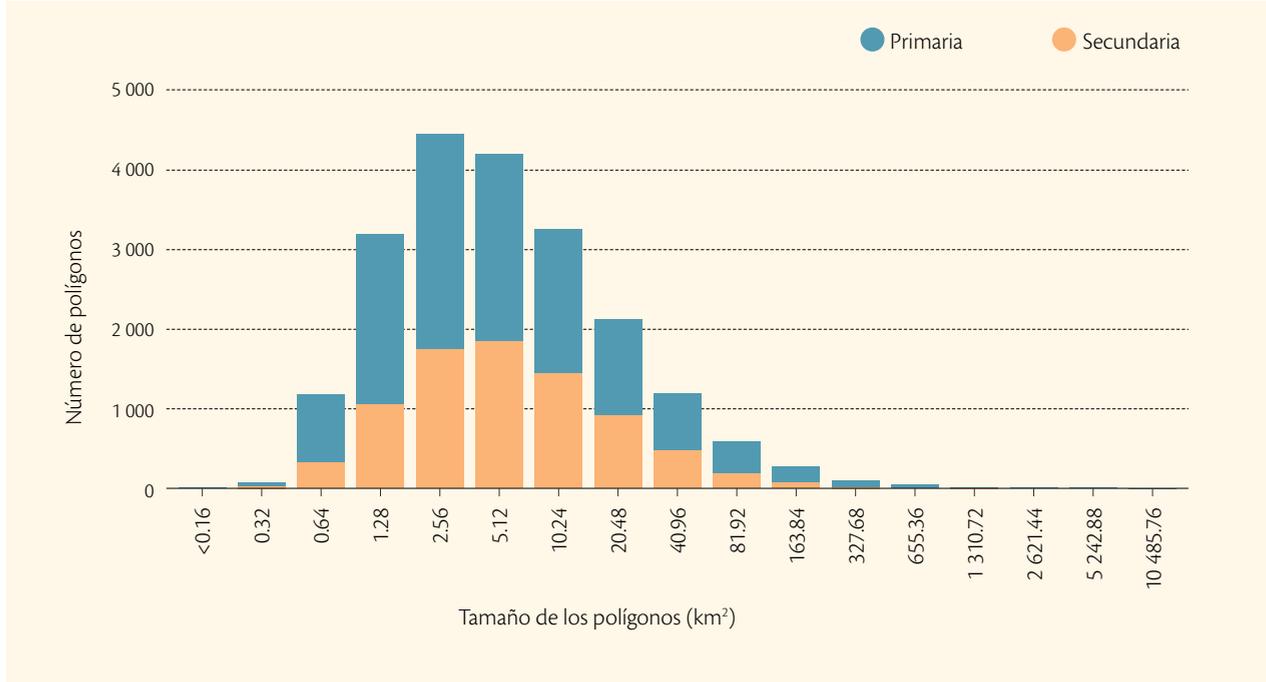
**16d**



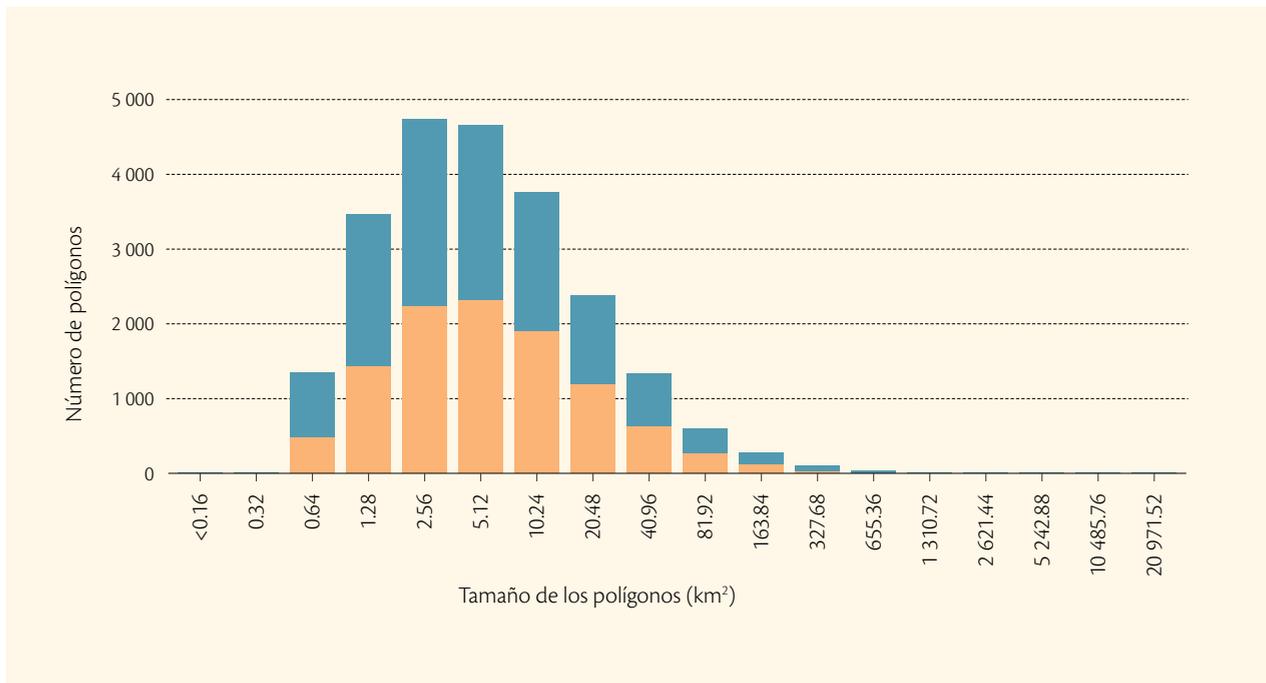
**Figura 16**

Análisis de fragmentación de la vegetación. Distribución de frecuencias del tamaño de los polígonos que representan la vegetación primaria y secundaria; (e) bosques templados en la Carta de uso actual del suelo y vegetación del INEGI, serie II, ca. 1993 y (f), serie V, 2012 (INEGI 2001, 2013).

**16e**



**16f**



Sumado a esto, la sobreexplotación de especies de interés alimentario o económico, por la caza y la recolección masiva, así como el tráfico ilegal de especies (que se expone en el capítulo 5 del volumen II) exacerba el efecto nocivo que la disminución del hábitat tiene sobre las especies. Estimar con exactitud el número de especies extintas de cualquier país es prácticamente imposible, debido a las grandes lagunas en el conocimiento mundial sobre la diversidad del planeta.

Se ha documentado que se perdieron en el país 127 especies, de las que 74 (58.2%) eran endémicas, lo cual significa que estas especies se han extinguido del planeta; el cuadro 4 presenta estos datos. Las extinciones más importantes han ocurrido en vertebrados de sistemas insulares, y en lagunas continentales sobre todo del grupo de los anfibios, en el que el total de las extinciones es de especies endémicas de México. La mayoría de las aves se han perdido de las islas del Pacífico y, en el caso de los peces, de las aguas continentales. De las plantas extintas, solo 5% son endémicas de México. Debido a la complejidad para detectar y confirmar extinciones no se ha podido actualizar esta información.

El conocimiento sobre las extinciones de vertebrados en el país descansa sobre información más confiable, y se han confirmado las extirpaciones o extinciones de varios mamíferos, aves y peces dulceacuícolas ocurridas antes de 1998. A veces no es posible confirmar nuevas extinciones, ni saber si han ocurrido —ya que han podido pasar inadvertidas—, sobre todo en ciertos grupos de anfibios, invertebrados y plantas poco conspicuas con áreas de distribución muy restringidas, pues la falta de esquemas de monitoreo exhaustivos y extensivos no permite afirmarlo con certeza. La evaluación del riesgo de extinción aún tiene sesgos importantes (Fig. 17).

**25** *Hemos usado los ecosistemas de manera similar a la minería. En lugar de manejar y mantener la “fábrica” de servicios y bienes que son los ecosistemas, hemos extraído esos bienes y servicios como si se tratase de un almacén de reserva infinita. Ahora nos damos cuenta de que, en muchos casos, hemos llegado al fondo del almacén y vemos claramente sus limitaciones.*

Los seres humanos obtenemos numerosos beneficios de los sistemas ecológicos naturales que nos rodean, así como de la diversidad de especies que albergan. Los servicios son de diferente índole. Algunos de ellos han sido la base del desarrollo humano (alimentos, fibras, medicinas, etc.) y consecuentemente han tenido una valoración muy precisa; los mercados se han desarrollado sobre dicha valoración. Otros servicios ecológicos, igualmente importantes para la subsistencia humana, no han tenido un lugar en la valuación de los beneficios que recibimos de la naturaleza (como la producción de oxígeno y la captura de bióxido de carbono, la fertilidad de los suelos y su retención en los ecosistemas, los polinizadores de plantas útiles para consumo humano, etc.) o apenas empiezan a ser valorados (como la captura de agua y su infiltración a manantiales, ríos y lagos) (Fig. 18).

El análisis y la valoración de estos servicios es un esfuerzo incipiente en el mundo que ha empezado a estimularse después de la evaluación de los ecosistemas a escala global que realizó el Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005). A raíz

**Cuadro 4** Especies de vertebrados y plantas desaparecidas, extintas, extirpadas, virtualmente extirpadas o cuya extinción en México se teme pero no se ha confirmado (vol. I, cap. 10)

Grupo taxonómico	Extintas <sup>1</sup> en México	Extirpadas <sup>2</sup>	Virtualmente extirpadas <sup>3</sup>	Especies cuya extinción no está confirmada	Total de especies desaparecidas
Plantas	20	1	—	5	26
Peces	17	12	8	1	38
Anfibios	—	—	—	29	29
Aves	12	5	1	1	19
Mamíferos	7	1	—	7	15
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>43</b>	<b>127</b>

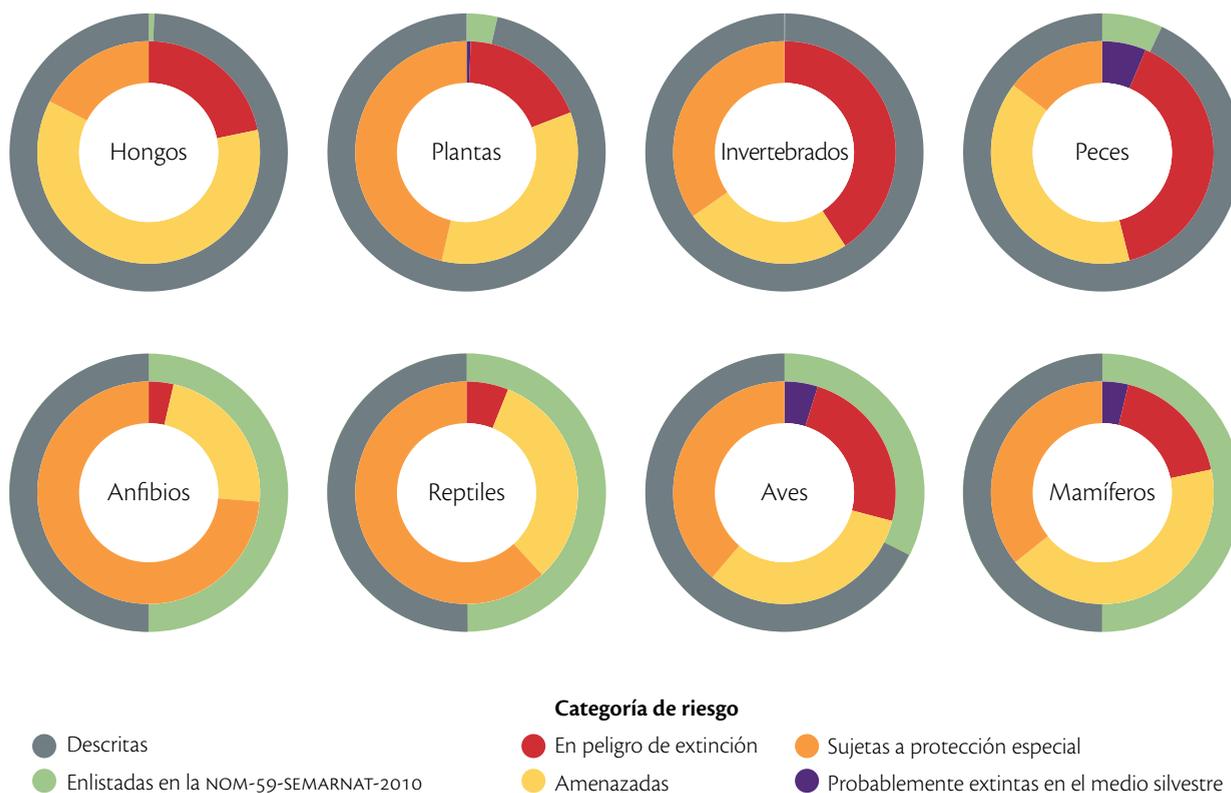
<sup>1</sup> Especies extintas: aquellas nativas o restringidas a México cuya desaparición se ha confirmado.

<sup>2</sup> Especies extirpadas: especies extintas en México pero que sobreviven en otros países como parte de su área de distribución.

<sup>3</sup> Especies virtualmente extirpadas: aquellas desaparecidas de la naturaleza pero que sobreviven en condiciones de cautiverio o cría, sin posibilidades actuales de ser reintroducidas en su hábitat natural.

**Figura 17**

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El círculo externo muestra la proporción de especies en alguna categoría de riesgo con respecto a las conocidas. El círculo interno corresponde a la proporción de especies en sus diferentes categorías, véase Apéndice en línea.



**Figura 18**

Los cuatro tipos de servicios ambientales que las sociedades humanas reciben de los ecosistemas y ejemplos representativos de cada uno de ellos (vol. II, cap. 4).



de este trabajo que conjuntó a más de mil investigadores de todo el mundo, varios países han empezado una diversidad de estudios a diferentes escalas sobre el tema. Es, consecuentemente, un área emergente de investigación en nuestro país.

La humanidad ha modificado desde hace milenios los ecosistemas naturales para la obtención de bienes y recursos de los que se ha beneficiado, como en el caso de los servicios de provisión. Existe, de hecho, una transacción o intercambio en el que obtenemos beneficios, pero para ello se sacrifican servicios que los ecosistemas nos ofrecen.

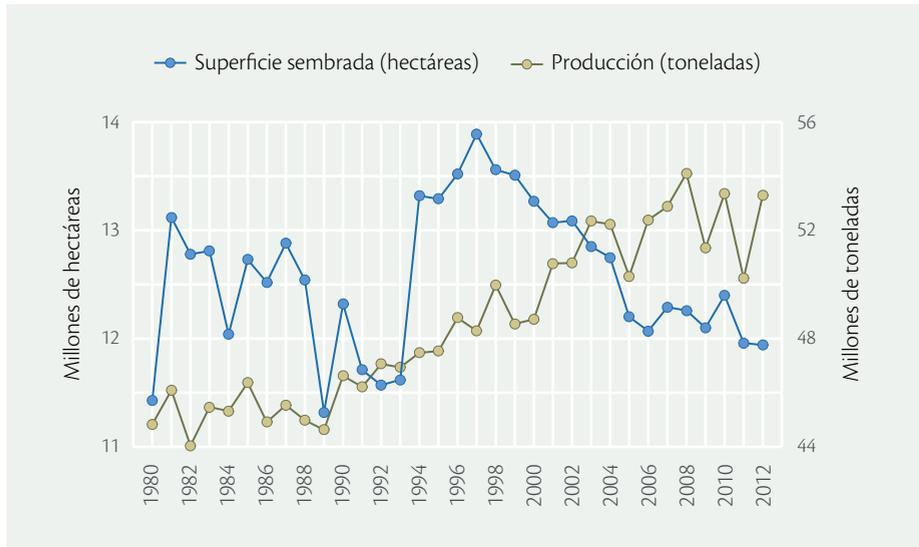
### Los servicios de provisión

La producción de alimentos, ya sea en los sistemas terrestres (agricultura y ganadería) o en el mar y las aguas epicontinentales (pesquerías y acuicultura), así como la obtención de madera y fibras, es resultado de la productividad primaria (es decir, la capacidad de las plantas de capturar la energía solar y de los minerales y agua del suelo para convertirlos en material vegetal que es después consumido por el resto de los organismos de la cadena alimentaria) de los ecosistemas y depende forzosamente del proceso fotosintético de los productores primarios (las plantas), incluso en el caso de los insumos que se requieren para cultivos que, como la acuicultura, no están ligados a la cadena trófica de un ecosistema natural. *En otras palabras, consumimos, para nuestra subsistencia, energía solar transformada por las plantas por medio de la fotosíntesis.*

#### *Producción agrícola*

A pesar de la enorme variedad de plantas cultivadas que se desarrollaron históricamente en México (véase el vol. I, cap. 18), en la actualidad tres cultivos: maíz, frijol y sorgo (este último no nativo), cubren más de 60% de la superficie cultivada del país. La superficie sembrada en nuestro territorio, después de un acelerado crecimiento entre 1940 y 1965, se ha mantenido relativamente estable (en promedio, cerca de 21 millones de hectáreas) desde 1980 (Siacon 2017). Sin embargo, ha habido abandono de tierras y cambios de uso de suelo —apertura de nuevas áreas—, con la consecuente afectación a otros servicios ecosistémicos.

Se ha dado un ligero aumento en la productividad gracias a un incremento —con

**Figura 19**

Tendencias temporales de la producción de alimentos en México entre 1980 y 2012. Superficie sembrada y producción de maíz, frijol y sorgo (Siacon 2017).

variaciones regionales— de insumos agrícolas. La producción de granos básicos per cápita y los rendimientos por hectárea permanecieron constantes en la última década, a pesar de grandes variaciones anuales en la superficie sembrada (Fig. 19); aun así, la producción nacional de granos no es suficiente para satisfacer la demanda; en 2015 el balance comercial tuvo un déficit de casi 16 000 toneladas (SIAP-Sagarpa 2016). No obstante la importancia del incremento en la producción de alimentos, el uso ineficiente de agroquímicos y la apertura de tierras en áreas no aptas para la agricultura trajeron como consecuencia una grave erosión, deforestación y contaminación de suelos y aguas.

Un reto de la mayor envergadura que encaramos es la producción de alimentos de manera sustentable en nuestro país ante la demanda futura de alimentos. Sin duda, este es un tema de seguridad nacional, pero no existen discusiones en el presente acerca de cómo aproximarnos a una agricultura sustentable que asegure la alimentación de las generaciones futuras de ciudadanos, al tiempo que no solo no afecte más a los ecosistemas naturales y sus servicios, sino que ayude a restaurarlos y reponerlos en las zonas donde han sido deteriorados seriamente para una producción agrícola del todo insatisfactoria.

### *Producción ganadera*

Los ecosistemas transformados para la producción ganadera bovina constituyen el uso del suelo más extendido en todo el territorio y representan el principal factor asociado al cambio de uso del suelo en el país.

En 1990 se estimaba que cerca de 66% de la superficie del país estaba dedicada a la producción de carne por medio de la ganadería mayor y menor, es decir, 129.8 millones de hectáreas; en 2015 se registraron 109.9 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería (SIAP-Sagarpa 2016).

La ganadería mostró su crecimiento más acelerado en la década de los setenta. El proceso consistió en la transformación de tierras agrícolas en potreros, en el

desmonte de tierras forestales (particularmente las selvas del trópico húmedo) para pastizales y en la expansión de la ganadería en los matorrales áridos y semiáridos. En la década de los ochenta la producción animal se estancó e incluso se registraron reducciones; la producción de carne y leche de bovino (noreste, y centro y occidente del país) se reactivó en la década de los noventa (Fig. 20).

No podemos dejar de insistir en que la ganadería es la etapa final, difícilmente reversible —en particular en los trópicos—, de la transformación de los ecosistemas forestales.

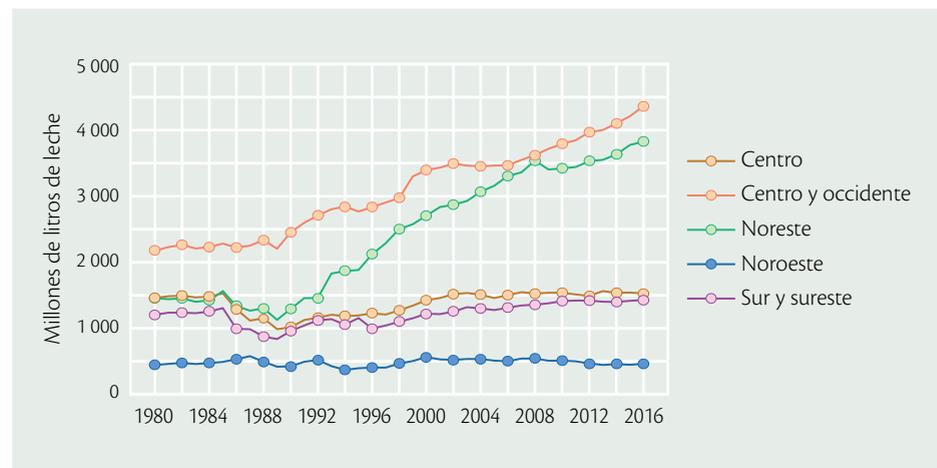
### *Pesca*

Los ecosistemas marinos mexicanos proveyeron entre 1.1 y 1.6 millones de toneladas de productos pesqueros anualmente, de 1999 a 2013; entre 64 y 82% de esos productos son utilizados directamente para consumo humano y el resto para consumo humano indirecto; menos de 3% tiene fines industriales (Fig. 22).

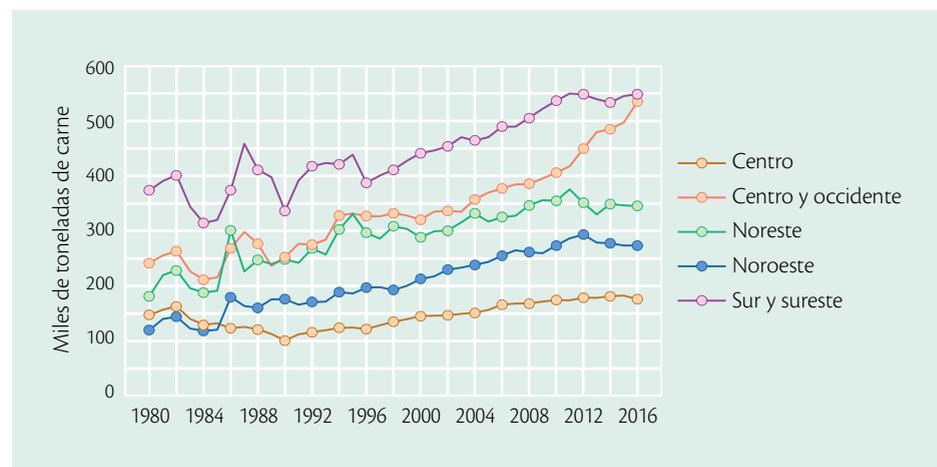
**Figura 20**

Tendencias temporales de la producción de alimentos derivados de la ganadería en México. (a) producción de leche, (b) producción de carne (Siacon 2017).

**20a**



**20b**



Se conocen al menos 1 120 especies de peces en el Pacífico mexicano y 2 057 en el golfo de México y Caribe mexicano de las cuales se aprovechan comercialmente 20 y 11%, respectivamente (CONABIO 2017b). Debido a que la mayoría de las pesquerías en nuestro país son multispecíficas, o que algunas especies se distribuyen en varias regiones bien definidas, las especies aprovechadas se agrupan en 71 unidades de manejo en la Carta Nacional Pesquera (Sagarpa 2010, 2012). Existen en el Pacífico 23 pesquerías de invertebrados, 21 de peces y una de macroalgas y para el golfo de México y el Caribe 13 pesquerías de invertebrados y 13 de peces (cuadro 5). Solo siete de estas unidades, que son recientes o de bajo valor económico, tienen potencial de desarrollo para todas sus especies y zonas de captura (Pacífico: macroalgas, calamar gigante, caracoles panocha, mejillón, bacalao negro, barrilete negro y bonito; golfo de México: sábalo para pesca deportiva). Se reporta que para 39 unidades se ha alcanzado su máximo aprovechamiento, y solo para ocho existen algunas zonas o especies con potencial de desarrollo. Seis pesquerías muestran deterioro en su totalidad (p.ej., abulones en el Pacífico, meros, negrillos y abadejos; camarones rojos y de roca y camarones rosados en el golfo de México y el Caribe); mientras que en 14 unidades hay sobrepesca de algunas de sus especies o zonas de captura (p.ej., callos de hacha en el Pacífico, huachinangos y pargos y caracoles en el golfo de México y el Caribe). En una zona determinada, la pesquería de langosta en el Pacífico, ha logrado la certificación internacional como pesca sostenible por parte del Marine Stewardship Council, mientras que otras zonas se encuentran en recuperación o con información insuficiente; para cinco de las unidades no es posible definir su estado con base en la información disponible. De la información de la Carta Nacional Pesquera (Sagarpa 2010, 2012) se estima que 83.2% de las unidades pesqueras marinas ya no son susceptibles de ningún incremento de producción y que muchas de ellas requieren acciones de manejo y protección para detener su deterioro e impulsar un manejo pesquero con criterios ecológicos. Otros análisis estiman esta cifra en 93.2% (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón 2011). La pesca tiene efectos directos e indirectos (pesca incidental) en los ecosistemas (Reynolds *et al.* 2002). Las capturas pesqueras han alterado las interacciones bióticas en numerosas regiones, al haber modificado gradualmente la composición de las comuni-

Carlos Sánchez-Pereyra (Banco de Imágenes CONABIO).

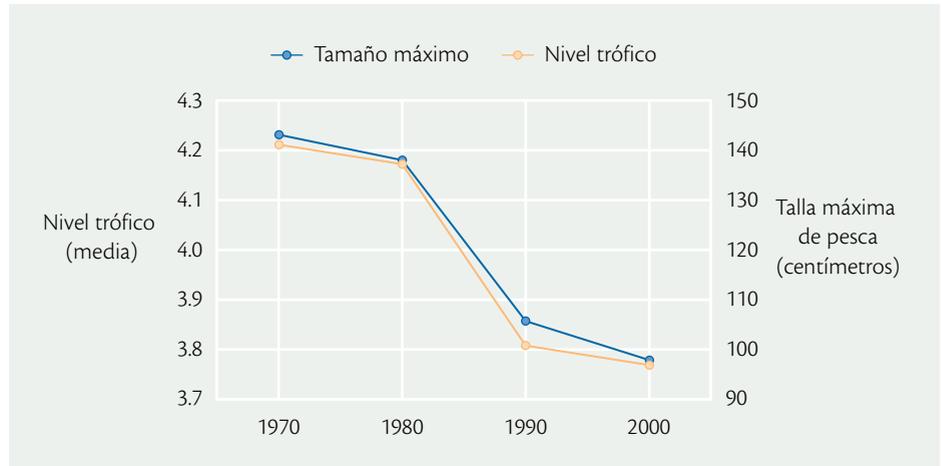


**Cuadro 5** Distribución y estado de explotación de las unidades de manejo pesquero en México (Sagarpa 2010, 2012)

	Número			Porcentaje		
	Pacífico	Golfo de México	Total	Pacífico	Golfo de México	Total
Deteriorada	11	9	20	25.0	34.6	28.2
Aprovechada al máximo (sustentable)	24	15	39	54.5	57.7	54.9
Potencial en desarrollo	6	1	7	13.6	3.8	9.9
Indeterminado	4	1	5	9.1	3.8	7.0
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>26</b>	<b>71</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

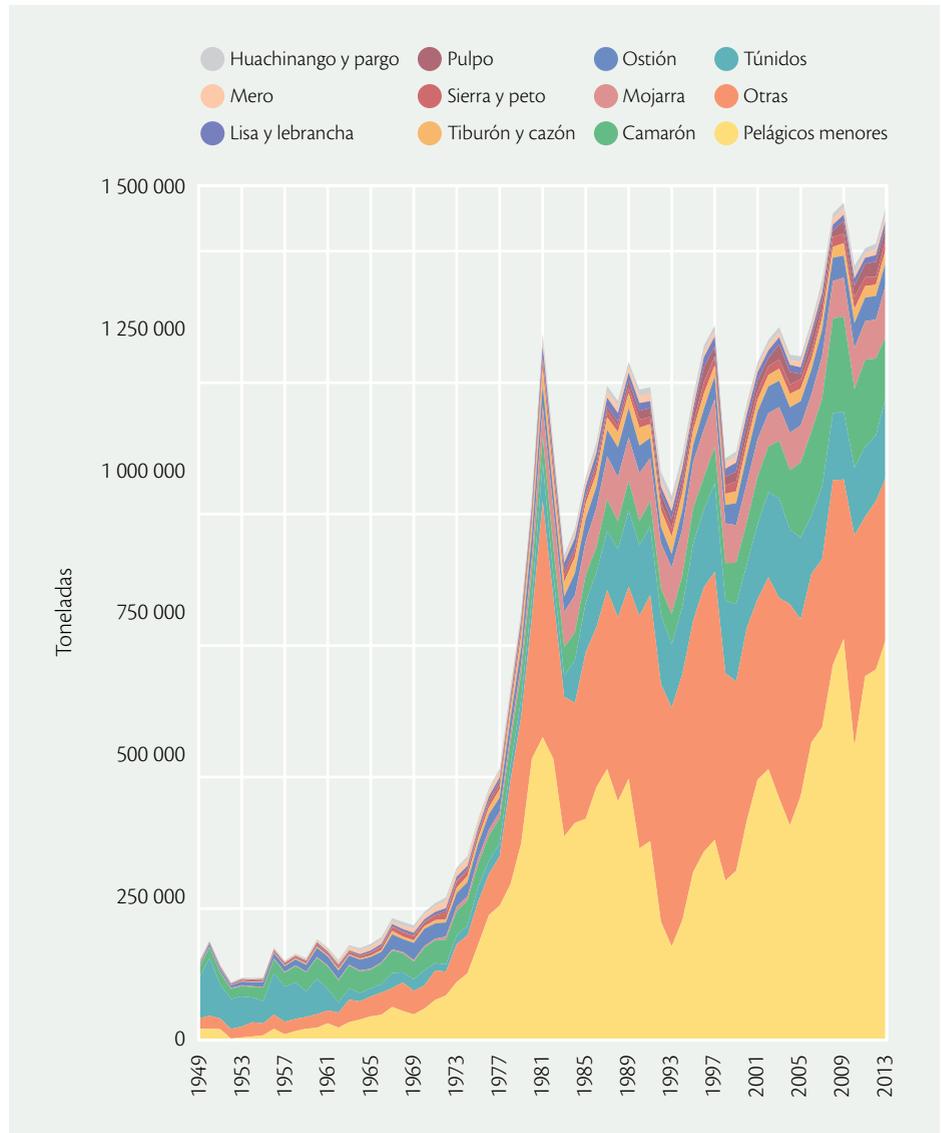
**Figura 21**

Cambios en el tiempo del promedio de la talla máxima y del nivel trófico de la comunidad de peces capturada por la pesca en aguas cercanas a La Paz, Baja California Sur (Sala *et al.* 2004) (vol. II, cap. 5).



**Figura 22**

Tendencias temporales de la producción de alimentos derivados de la pesca en México. Volumen de la producción en peso vivo (ton) entre 1949 y 2013 (Conapesca 2013).





el camarón, cuya producción ha aumentado significativamente (Fig. 23) por su alto valor comercial.

El efecto de este cultivo es muy negativo para las zonas costeras por la transformación de los manglares, que son zonas de protección y reproducción de numerosas especies marinas, y por la contaminación por nutrientes que causa eutrofización de los cuerpos de agua, la incidencia de virus en los cultivos de camarón y los materiales químicos usados en su producción.

### *Madera y recursos forestales no maderables*

De la superficie con cobertura vegetal, que es de 141.8 millones de hectáreas, cerca de 64.9 millones corresponden a bosques y selvas, de las cuales 15 millones tienen potencial forestal maderable; de estas, entre 1993 y 2015 se han usado solamente alrededor de 7.4 millones de hectáreas y producido en promedio 6.74 millones de metros cúbicos anuales de madera (principalmente de pinos) (Semarnat y Conafor 2014, Fig. 24a), volumen insuficiente para abastecer la demanda interna, por lo que dicho déficit se cubre con productos importados y con ello se ocasiona además un déficit comercial creciente, que ascendió a 6 191 millones de dólares en 2015, lo que representó cerca de 42% del déficit de la balanza comercial de México.

No solo no estamos utilizando ni la mitad del potencial forestal maderable, sino que estamos perdiendo los árboles, sin aprovechar ese potencial debido a las altas tasas de deforestación que ocasiona el cambio de uso del suelo. Más aun, en las áreas que se deforestan para destinarlas a fines agropecuarios ni siquiera se utiliza la madera de los árboles talados al desforestar.

Es difícil calcular el volumen de extracción ilícita de madera. La Profepa reportó en 2009 un estimado que equivale a 30% de la producción total autorizada, que es en promedio de 10 millones de metros cúbicos. Otro estudio estima la extracción ilícita de madera para el mismo año en alrededor de 7 millones de metros cúbicos (Caballero Deloya 2010).

Por otro lado, México ocupa el primer lugar del mundo en el manejo comunitario de bosques certificados como sustentables, tanto en zonas templadas como tropicales. En 2016, la superficie certificada era de más de 2.2 millones de hectáreas y una producción, certificada también, de 2.9 millones de metros cúbicos de madera, que equivalen a casi 15% de la superficie forestal maderable y a 47% de la producción maderable del país, respectivamente (Semarnat *et al.* 2016). Este es un modelo de manejo racional de recursos con beneficios económicos y sociales innegables que indudablemente debiera ser estimulado en México, adaptándolo a las diferentes circunstancias ecológicas, sociales y organizativas de las comunidades dueñas de los bosques.

Por otra parte, el potencial de producción de bienes forestales no maderables es considerable (Fig. 24b). Se estima que México alberga entre 3 000 y 6 000 especies medicinales, de las cuales depende la salud de un porcentaje importante de la población, principalmente la de menores recursos económicos. Se utilizan cientos de productos no maderables (hojas, frutos, semillas, cortezas, gomas, ceras, fibras, colorantes, entre otros), obtenidos de entre 5 000 a 7 000 especies distribuidas en los diferentes ecosistemas del territorio nacional.

24a

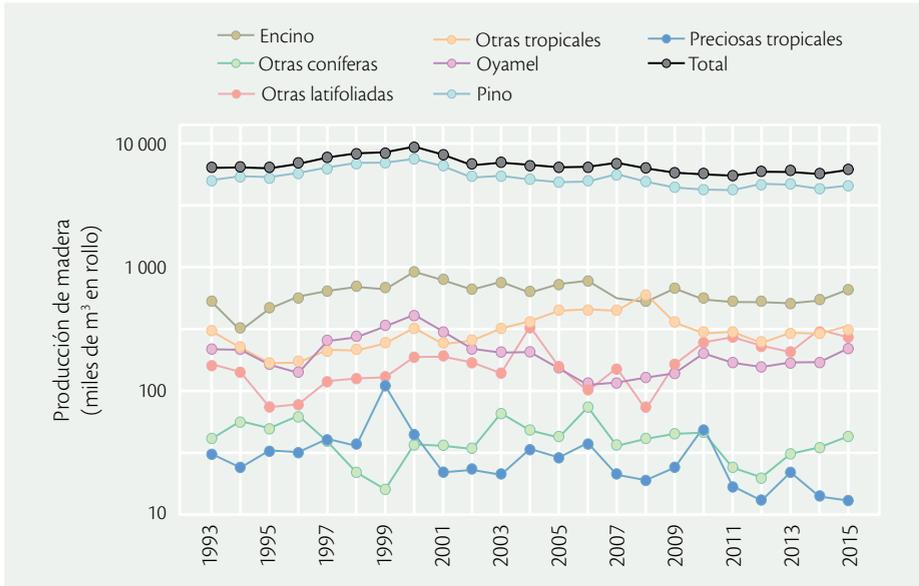
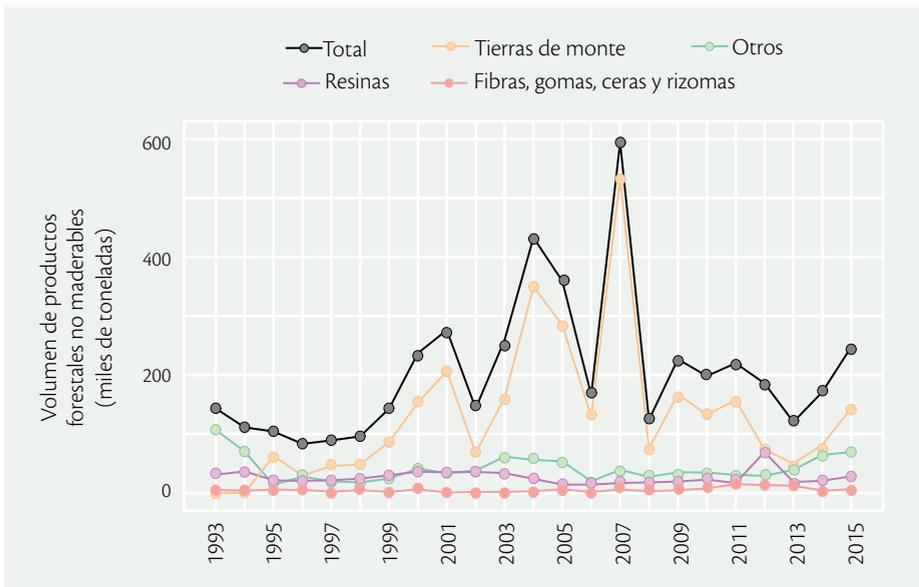


Figura 24

Tendencias temporales de la producción forestal en México 1993-2015: (a) producción de madera en rollo por tipos de árboles; (b) tendencias temporales en los patrones de provisión de productos diversos no maderables (SARH 1993, SAGDR 1994, Semarnap 1995-1998, Semarnat 1999-2015).

24b



Los ecosistemas mexicanos proveen combustibles —fundamentalmente en forma de leña— para satisfacer 26% del total de la demanda energética nacional, 33% de la demanda residencial y 81% de la demanda del sector rural (Sener 2016, García *et al.* 1990). El volumen de biomasa vegetal utilizada como combustible es de 3 a 4 veces superior al volumen de extracción de madera comercial y representa alrededor de 19 millones de toneladas (en base húmeda) (Ghilardi *et al.* 2007). Se estima que en alrededor de 4 millones de hogares se cocina con leña (INEGI 2011).

Las actividades agrícolas, ganaderas, forestales, pesqueras y de recolección pue-

den llevarse a cabo en el contexto de esquemas de manejo que incorporen un gran número de especies, que estén asociados al mantenimiento de múltiples servicios y que minimicen los impactos negativos sobre los ecosistemas. Este objetivo debería ir de la mano con el mantenimiento respetuoso del bagaje cultural de los grupos indígenas y rurales de México, del conocimiento que tienen acerca del capital natural que poseen, de manera que permitan una relación más rica, digna y sustentable entre esas poblaciones y sus ecosistemas.

### *Agua*

El agua y la biodiversidad tienen una estrecha y compleja relación. Baste mencionar la importancia de los servicios ambientales que nos brindan la vegetación y los ecosistemas acuáticos. El agua no es solo para uso de la humanidad: es el flujo sanguíneo de la biosfera y por lo tanto es crucial para que los ecosistemas puedan brindar a la humanidad una gran variedad de servicios.

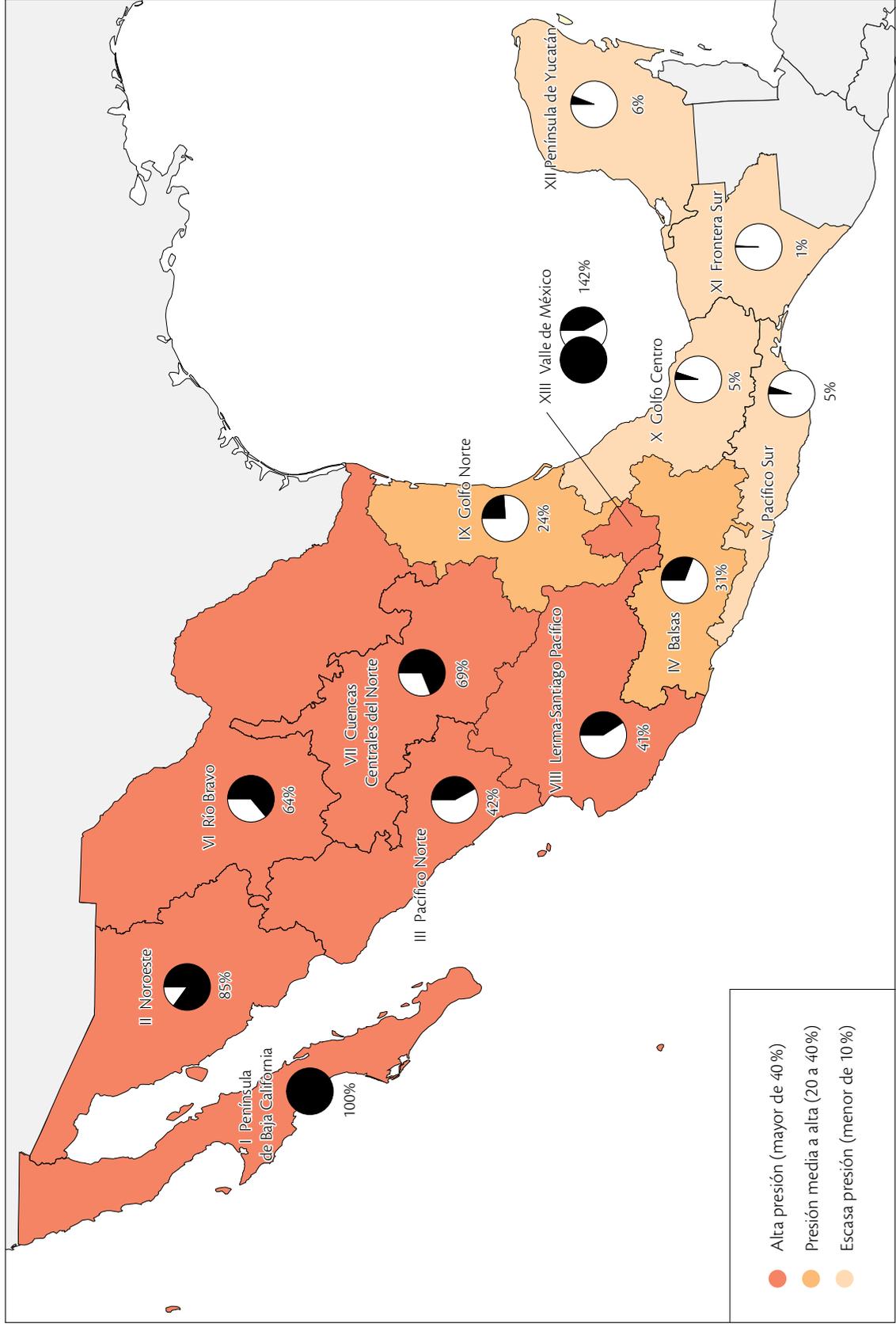
La disponibilidad promedio de agua en México estimada en 2015 es de 3 692 m<sup>3</sup> por habitante por año (Conagua 2016). Sin embargo, su distribución espacial es muy desigual, pues hay una alta disponibilidad en regiones como Frontera Sur y Golfo-Centro (con 18 852 y 8 993 m<sup>3</sup> por habitante por año, respectivamente), mientras que en las regiones Río Bravo y Península de Baja California esa cifra es de 1 115 y 1 004 m<sup>3</sup> y en el valle de México de tan solo 148 m<sup>3</sup>, lo que está muy por debajo del umbral de escasez absoluta, que es de 500 m<sup>3</sup> por habitante por año. Además, de los 653 acuíferos del país, 105 presentan sobreexplotación.

Las demandas de agua previstas para 2025 indican que 55% del territorio nacional presentará niveles muy altos de requerimientos (Fig. 25), siendo las zonas de mayor demanda, en orden decreciente, el valle de México, la península de Baja California, el noroeste del país y la cuenca del río Bravo.

Los indicadores generales de calidad del agua muestran que, en 2015, 8.5% de 2 766 sitios muestreados presentaron contaminación por materia orgánica biodegradable (DBO), más de 32% por materia orgánica (DQO) de 2 766 sitios y 6.6% por sólidos suspendidos totales de 3 766 sitios (Conagua 2016). Esto se debe a la cantidad de descargas de centros urbanos e industriales que se vierten directamente al ambiente, a pesar de que en los últimos años se ha incrementado la capacidad de tratamiento de aguas residuales (en 2015 se trataron 57%). El uso de aguas residuales domésticas e industriales para riego agrícola en 2009 fue de 4 133 millones de metros cúbicos (Conagua 2011), lo que puede tener consecuencias negativas en los ecosistemas y la salud humana. La capacidad de dilución, degradación y dispersión de los contaminantes en los sistemas acuáticos del país se ha alterado seriamente por la construcción de más de 5 000 presas y otras obras hidráulicas que han fragmentado los sistemas acuáticos y modificado las condiciones fisicoquímicas del agua. La afectación del servicio de provisión de agua tiene efectos negativos sobre otros tipos de servicios como los relacionados con entretenimiento y recreo. Por ejemplo, algunos sitios se ven afectados por la contaminación bacteriológica de playas; los puertos de Acapulco, Manzanillo y Veracruz son algunos de los más afectados.

**Figura 25**

Patrones espaciales de la provisión de agua en México: cantidad y calidad. Proyecciones del grado de presión hídrica en distintas regiones hidrológicas del país para 2025 (vol. II, cap. 4).



## Los servicios de regulación

Estos servicios comprenden procesos como la regulación del ciclo hidrológico, del clima y de la erosión; la polinización de plantas de interés para la sociedad (incluyendo cultivos, plantas de ornato, medicinales), y el control biológico de plagas y de vectores de enfermedades (véase el vol. II, cap. 4).

Aunque no resulta fácil establecer el estado de los servicios de regulación por la escasa y fragmentaria información, por la ausencia de programas de monitoreo de dichos servicios y por nuestra carencia de una cultura de valoración de los mismos, las tendencias que se reconocieron en los estudios analizados indican la existencia de francos procesos de deterioro.

Los costos de reponer los servicios de regulación perdidos por la destrucción o alteración severa de los ecosistemas son difíciles de cuantificar. No obstante, algunas cifras sugieren los posibles niveles de dichos costos. Por ejemplo, el control de las enfermedades producidas por un número selecto de plagas de cultivos (algunas de ellas introducidas), de las cuales hay alguna información, fue, en los últimos 10 años, de más de 1 200 millones de pesos (véase vol. II, cap. 4). El consumo total estimado de plaguicidas durante 2016 fue de 59 000 toneladas (INEGI 2017a). No existe información alguna para la estimación de los costos de los efectos ambientales asociados al uso de plaguicidas.

### *Polinización*

La FAO (2016a) calcula que, a escala mundial, el valor que representan los polinizadores en las cosechas podría ascender a 235 000 millones de dólares anuales.

En México, un estudio encontró que cerca de 85% de las 171 especies de plantas cultivadas de las que se obtienen frutos y semillas, dependen de polinizadores para su producción. Se estima que el valor de estos cultivos es de al menos 5 000 millones de dólares y en promedio de 3 480 dólares por hectárea, en comparación con los cultivos que no dependen de polinizadores que se cuantificó en 4 300 millones de dólares y, en promedio 1 732 dólares por hectárea, con los datos del censo de Sagarpa de 2002 (Ashworth *et al.* 2009). Casi 90% de las 130 especies cultivadas en México depende de polinizadores para su producción. Un 90% de las especies de abejas silvestres del país (1 589) son recolectoras de polen, por lo que desempeñan un papel fundamental en la polinización de cultivos. Las flores del aguacate son visitadas por no menos de 70 especies de insectos para obtener néctar. Por su importancia, resulta necesario realizar más estudios acerca del papel de los polinizadores en los ecosistemas, así como diferentes valoraciones de los servicios de polinización.

### *Control de vectores de enfermedades*

En el caso de los vectores de enfermedades se ha acumulado información a escala mundial que sugiere que a mayor número de animales silvestres, la probabilidad de transmisión de enfermedades a los humanos disminuye (véase vol. II, cap. 4).

La importancia de estos estudios que relacionan la biodiversidad con la probabilidad de brotes y transmisión de enfermedades es de interés en programas de salud pública, pero este es un aspecto que hasta ahora ha sido pobremente investigado en México.

### *Control de la erosión*

Los suelos son la matriz básica que sostiene a todos los ecosistemas terrestres. Desempeña además papeles cruciales en ayudar a la infiltración de agua y en la captación de carbono. Por ejemplo, se estima que el carbono almacenado en el primer metro de profundidad del suelo es 1.5 veces mayor que el que existe en la biomasa vegetal aérea (troncos, ramas, hojas, flores, frutos), por lo que constituye el almacén más importante de carbono en los bosques templados. Ese almacenamiento, además de la fertilidad natural edáfica, se pierde con la erosión cuando se desmontan bosques y selvas.

No contamos con datos completos y comparables a escala nacional sobre el estado de la erosión del suelo en México. La información disponible para el año 2008 consignó que 50.2% del territorio nacional presentaba algún tipo de degradación, cifra equivalente a 98.4 millones de hectáreas (Bollo Manent *et al.* 2014). Las zonas áridas son de las regiones más afectadas por la degradación de los suelos, así como las áreas destinadas a la agricultura de temporal. La salud de los ecosistemas terrestres y de su respectiva biodiversidad depende estrechamente de la salud del suelo.

### **Los servicios culturales**

Los extensos conocimientos que sobre el capital natural del territorio alcanzaron las antiguas culturas de nuestro país, desde hace milenios y por medio de complejos procesos de interacción naturaleza-sociedad, están siendo mermados por situaciones de pobreza extrema y de migraciones masivas de las comunidades rurales e indígenas, debido a la desintegración de sus organizaciones comunitarias, que tiene su origen en políticas de desarrollo agrícola, económico y comercial erróneas. En términos generales, la tendencia a abandonar el campo va aparejada de la pérdida del conocimiento de nuestro entorno natural, de costumbres de manejo y utilización de recursos y de la erosión de las estructuras sociales internas de los grupos rurales e indígenas. Todo ello conlleva la pérdida de la sabiduría tradicional importante para lograr la sustentabilidad y la conservación de los recursos naturales. Diversos estudios muestran cómo la transformación masiva de los ecosistemas ha ocasionado la pérdida del conocimiento tradicional.

Estos servicios tienen un gran potencial para ser la base de un programa de ecoturismo nacional, bien planeado; se requiere una visión integradora, capacitación en las localidades y un marco jurídico apropiado, entre otros aspectos. Se requiere además conocimiento del tipo de servicios que los usuarios desean obtener en los distintos lugares y la disposición a pagar por dichos servicios.

**26** *La extracción ilegal de especies, que favorece el beneficio individual o de pequeños grupos sobre el interés público, ha tenido una influencia muy negativa sobre el capital natural del país. Esto contrasta con el uso local tradicional de estos recursos que, en general, descansa en bases racionales de conservación.*

La extracción ilegal e irracional de especies de los ecosistemas representa el segundo factor de más impacto sobre la biodiversidad, pero, dependiendo de circunstancias locales, puede ser el más deteriorante.

La mayor parte de la información disponible se refiere a estudios puntuales y locales, que dificultan hacer una evaluación adecuada de este problema a escala nacional. Hay una seria carencia de datos estadísticos confiables acerca de lo que fundamentalmente es una actividad fuera de la ley, como el tráfico ilegal de especies.

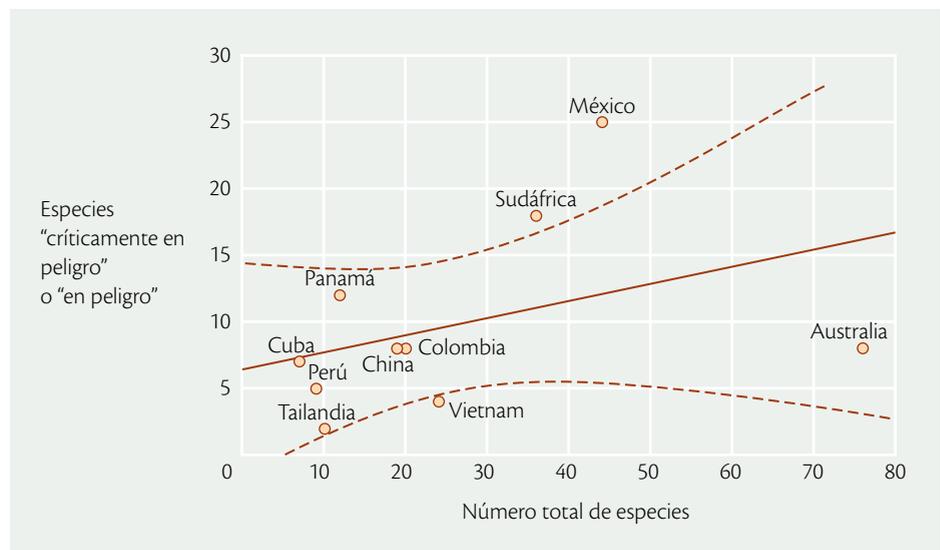
La extracción ilícita de plantas y animales sigue mostrando una marcada tendencia creciente, que en su año pico se aproximó a los 330 000 especímenes, particularmente de plantas, las cuales representaron entre 60 y 70 por ciento de ese comercio. Muchas de las especies están en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en las listas de la CITES que prohíben su tráfico, nacional o internacional. No obstante, hay que reconocer que aunque aumente el número de especímenes asegurados, esto no forzosamente significa que el tráfico ilegal esté creciendo: bien puede ser que los operativos sean ahora más eficientes.

El caso más notable de explotación ilícita, y que fue discutido en párrafos anteriores, es el de la madera: con datos poco confiables por su variabilidad, se estima que entre 2001 y 2005 el decomiso varió entre 20 000 y 120 000 m<sup>3</sup> de madera (véase el vol. II, cap. 5). Entre 2007 y 2016 se decomisaron anualmente en promedio 24 824 m<sup>3</sup> de madera y 473 toneladas de carbón vegetal (Profepa 2007-2016).

La figura 26 demuestra que nuestra capacidad de control de estos tráficó ilegales es del todo insuficiente, incluso si comparamos nuestro país con otros de gran

**Figura 26**

Relación entre la riqueza de especies de cicadáceas y el número de ellas seriamente amenazadas en varios países según la UICN (vol. II, cap. 5).



diversidad biológica como Australia o Sudáfrica. Esta figura hace evidente que el nivel de riesgo en el que se encuentran las especies, como estimador del tráfico que se hace con ellas, está muy por arriba del que se esperaría para nuestro país, dada su riqueza de, por ejemplo, especies de cicadáceas, familia de plantas especialmente apreciada por su valor ornamental y de las cuales un alto porcentaje son endémicas de México.

Aunque en México la recolecta y venta de orquídeas silvestres no está permitida, la extracción para venta local e internacional es uno de los mayores problemas para la conservación de las especies de este grupo. Se estima que el tráfico ilegal de estas plantas en el periodo 1993-1996 fue de entre 9 y 12 millones de ejemplares, mientras que el comercio legal (por cultivo en invernaderos) alcanzó solo 152 000 plantas.

La caza representa en la actualidad una actividad importante para los grupos rurales del país. Varios estudios reportan intensidades de cacería que, en términos de biomasa de carne, representan insumos importantes de proteína animal para los pobladores que se asemejan a las cantidades promedio diarias de carne de bovino per cápita del país.

El tráfico internacional de especies silvestres es un negocio que representa varios miles de millones de dólares al año, y México es un actor importante en este comercio ilegal, como proveedor y como demandante. Aunque hay un número importante de aseguramientos por parte de la Profepa, se estima que estos representan alrededor de 2% del tráfico ilegal de psitácidos (pericos), de los cuales 75% mueren antes de llegar al comprador final. A pesar de que existen regulaciones y estímulos para la extracción sustentable de especies (Sistema de Unidades para el Manejo de la Vida Silvestre, SUMA), al menos 16 uniones de recolectores de aves canoras y de ornato no operan bajo este esquema, sino en un estatus de “uso de subsistencia” a todas luces inaplicable a este tipo de aves y operan sin planes de manejo ni evaluaciones del estado de las poblaciones de aves sujetas a extracción.

Los mecanismos de información sobre el tráfico ilegal son poco eficientes y los datos no son confiables. La Profepa reporta que en el periodo 2010-2015 se realizaron nueve operativos de carácter nacional, con apoyo federal, estatal y municipal, que aseguraron 22 600 ejemplares de flora y fauna (entre ellos, 6 264 orquídeas, 3 851 aves canoras, 2 295 reptiles, 763 psitácidos, 631 mamíferos y 474 cactáceas) y 9 117 productos provenientes de la vida silvestre (Profepa 2016).

Se sabe que, a escala mundial, muchas de las poblaciones de peces están sobreexplotadas y los ecosistemas que las sostienen han sido degradados (FAO 2002, 2016b). Actualmente se ha incrementado el reconocimiento de que las consecuencias de la pesca en gran escala incluyen diversos efectos colaterales como la destrucción del hábitat, la muerte incidental de especies no objetivo, los cambios en la demografía de poblaciones, y los cambios en la función y estructura de los ecosistemas (Pikitch *et al.* 2004), además de la sobreinversión, el esfuerzo de pesca excesivo y la contaminación multifocal (Arenas y Jiménez 2004). Según datos de Myers y Worm (2003) la abundancia de las especies de peces de altos niveles tróficos, es decir, ubicados en la parte superior de la cadena alimentaria, se en-

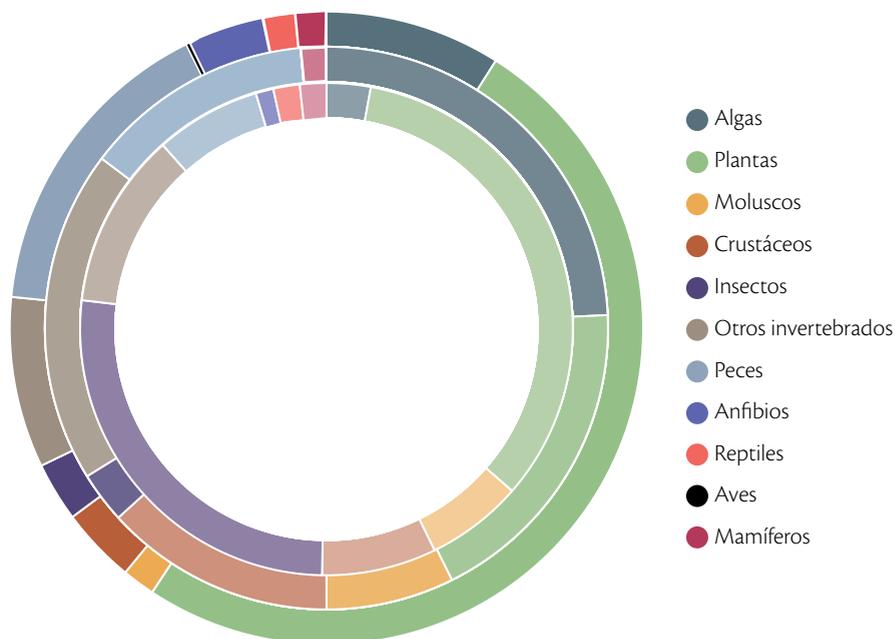
cuentra disminuida en más de 90% y la explotación representa más de 30% de la producción total marina (Dulvy *et al.* 2003).

**27** *Las especies invasoras —es decir, aquellas que son introducidas fuera de su área natural de distribución, modifican los ecosistemas a los que llegan, afectan a las especies nativas y provocan daños ambientales y económicos severos— son una de las causas más importantes de pérdida de la biodiversidad.*

Los efectos de las especies invasoras sobre nuestros ecosistemas y su biota tienen un severo impacto económico, aunque no han sido cuantificados aún para muchas especies. Para aquellas que se consideran plagas cuarentenarias se tienen diversas medidas de control. Sin embargo, las especies no reconocen fronteras entre un sistema productivo y un ecosistema natural, por lo que en especial para las especies de la biota silvestre el Programa de Especies Invasoras establecido por la CONABIO representa una base de datos nacional sobre las especies exóticas con potencial invasivo, tanto para aquellas que ya se establecieron en nuestro territorio como las que aún no se establecen y representan un riesgo para nuestro país. Este sistema debe servir de base para llevar a cabo programas de monitoreo de las especies de mayor riesgo. Se han registrado hasta ahora 682 especies de plantas exóticas (Fig. 27); de estas, 154 se consideran invasoras (SIEI-CONABIO 2017). En 2016 la Semarnat publicó la lista de especies invasoras, para las cuales se evaluó su potencial invasivo e impactos negativos al ambiente, la salud, las actividades productivas y la biodiversidad, por medio de un análisis de riesgo (Semarnat 2016a).

**Figura 27**

Proporción de especies exóticas con potencial invasivo. El círculo exterior muestra las que están presentes en el país, en medio aquellas cuya presencia es necesario confirmar y al centro especies ausentes que se han identificado por su invasividad y potencial de introducción al país (véase Apéndice en línea).



Entre las especies de invertebrados que mayores peligros representan se encuentra la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), acerca de la cual la CONABIO hizo un análisis para definir las zonas de mayor riesgo y entrada potencial al país en 2001. De esta palomilla, que se detectó en 2006 en Isla Mujeres, Q. Roo, fue declarada su erradicación en 2008, gracias a la acción temprana de la Sagarpa en coordinación con la Semarnat. Sin embargo, sigue siendo una amenaza de destrucción de la mayoría de los nopales, que son especies ecológicamente dominantes de las comunidades vegetales de zonas semiáridas del altiplano.

El mayor peligro de las especies invasoras es que pueden llevar a la extinción a poblaciones y especies nativas. El efecto ha ido en aumento, siendo en particular notable el caso de las islas. Algunos mamíferos, como perros, gatos, cabras y ratones, representan amenazas serias en el territorio insular, lo que ha puesto en riesgo de extinción o incluso causado la extinción de varias especies, en particular de aves endémicas. En este sentido, los esfuerzos coordinados que realiza la sociedad civil con dependencias del gobierno y otros actores —como los del Grupo de Ecología de Islas, Semar, Semarnat, Conanp y CONABIO, con financiamiento de diversas fuentes, entre ellos recientemente del GEF-PNUD (CONABIO *et al.* 2014), como parte de un proyecto para la implementación de la estrategia nacional de especies invasoras (CANEI 2010)— han hecho posible alcanzar un avance de 50% en las erradicaciones en islas y promover medidas de bioseguridad para fomentar la cultura de la prevención, restaurar en la medida de lo posible y proteger efectivamente el sistema insular mexicano de la constante introducción de especies exóticas.

En ambientes acuáticos, especies invasoras como plecos (Locariidae), tilapia (*Oreochromis* spp.), carpa común (*Cyprinus carpio*), pez mosquito (*Gambusia affinis*), carrizo gigante (*Arundo donax*), pino salado (*Tamarix ramosissima*) y la hidrila (*Hydrilla verticillata*), y en el ámbito marino el pez león (*Pterois volitans*), causan impactos ecológicos graves, que incluyen pérdidas económicas muy considerables. Se tienen pocos casos estudiados, como el de los plecos, que se estima han costado a las pesquerías mexicanas al menos 13 millones de dólares en pérdidas en la producción desde el comienzo de este siglo, mientras que varias plantas acuáticas invasoras obstruyen sistemas de conducción de agua en municipios e instalaciones hidroeléctricas. Sin embargo, los efectos que traen consigo la mayoría de las especies invasoras en México no han sido estudiados. Es importante darse cuenta de que la ausencia de impactos conocidos por especies que no han sido suficientemente estudiadas no quiere decir que no existan; muchas consecuencias de las invasiones son sutiles y graduales, pero aun así importantes (Simberloff en Mendoza y Koleff 2014).

La estrategia sobre especies invasoras antes referida y la ENBioMex 2016-2030 señalan la necesidad de implementar medidas de prevención y control y de coordinar e integrar el tema con diversos sectores; además se requiere un mayor impulso para emprender acciones como las que se han realizado con enfoques de tipo agrícola, concentradas en plagas que afectan cultivos, ganado o especies forestales de interés económico.

**28** *Los organismos genéticamente modificados que son liberados al campo y a las cadenas productivas y de consumo humano deben ser analizados y evaluados de acuerdo con medidas de bioseguridad. Esto es de especial importancia en México, que es un importante centro de origen, de diversidad genética y de domesticación de numerosas plantas cultivadas.*

Hemos mencionado anteriormente que México no solo es un país megadiverso sino además un centro principal de origen y diversificación de plantas cultivadas, muchas de las cuales han sido adaptadas a otras regiones del mundo y han tenido un papel importante en la economía mundial.

La biotecnología moderna ha contribuido —usando técnicas que difieren de las tradicionalmente usadas en la domesticación de plantas— con la generación de nuevas variedades de organismos de interés económico, especialmente plantas cultivadas. En algunos casos los productos de esta biotecnología moderna representan ventajas pero también riesgos potenciales para la biodiversidad, la integridad de las variedades tradicionales de numerosos cultivos —como es el caso de México— y también, en ocasiones, para los aspectos socioeconómicos y culturales involucrados en el proceso de domesticación que los campesinos mexicanos han mantenido por siglos. En consecuencia, debe existir una estrecha relación entre el desarrollo y la oferta de organismos genéticamente modificados (OGM) y el análisis de los riesgos si los hubiera. Esto requiere el análisis caso por caso en tres aspectos cruciales: el ambiente, la salud humana y las actividades socioeconómicas. Este análisis debe considerar asimismo el manejo del riesgo y su amplia comunicación a la sociedad que potencialmente utilizará estos productos. La figura 28 ilustra las liberaciones de OGM que ha habido en México hasta el año 2006.

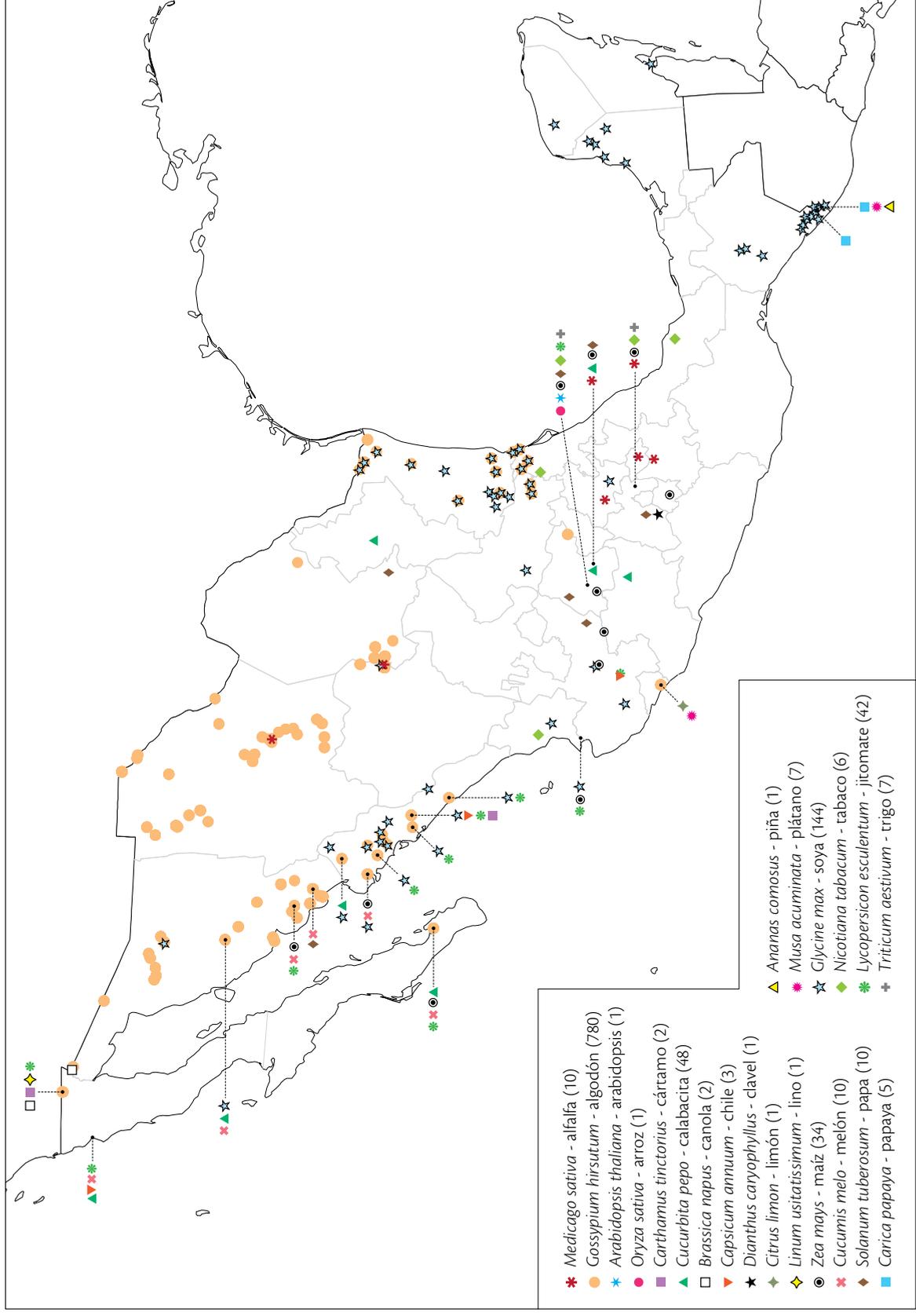
La biotecnología debe desarrollarse, pero debe hacerlo de manera segura y responsable. A esto se refiere el término “bioseguridad”, que implica una visión mucho más amplia de las opciones que se ofrecen para resolver los problemas de producción alimentaria o de otros tipos, así como las aplicaciones para remediación ambiental. Los productos que son liberados al campo, a la cadena productiva y a la de consumo humano deben ser monitoreados eficaz y eficientemente, de manera que se tenga plena seguridad de que los riesgos potenciales identificados han sido manejados de una manera adecuada para reducirlos a los niveles más bajos posibles (es decir, aceptables bajo criterios bien definidos).

Debe, asimismo, fomentarse la creación de capacidades humanas e institucionales, asegurando su permanencia con el fin de poder garantizar, hasta donde sea posible, el desarrollo vigoroso pero responsable y pertinente de la biotecnología en México.

**29** *La identificación de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad de un país tan diverso como el nuestro es una herramienta básica para facilitar la selección, armonización y creación de sinergias entre los diversos instrumentos complementarios requeridos para lograr conservar y usar de manera sustentable nuestro patrimonio natural.*

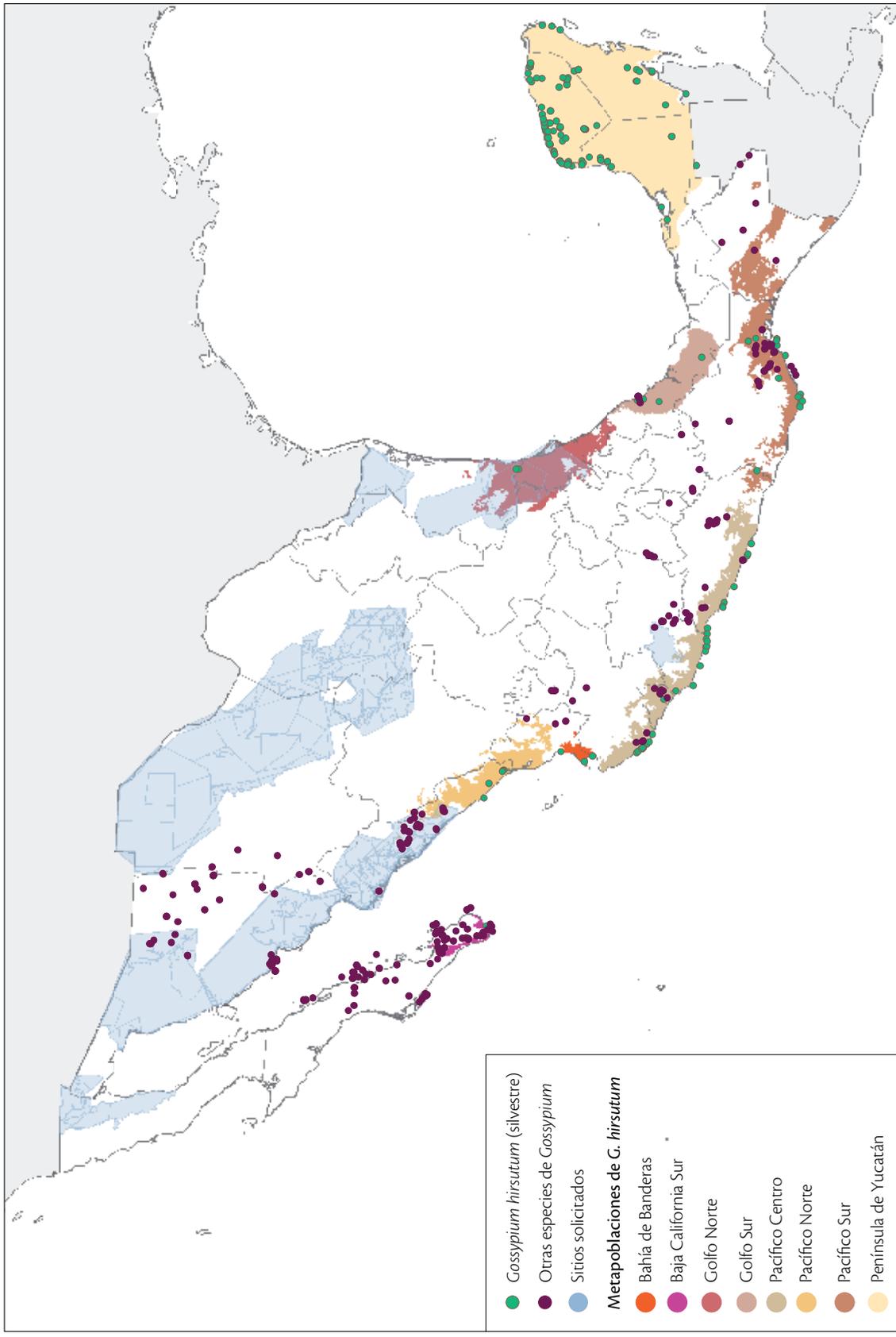
**Figura 28a**

Liberaciones de OGM en México aprobadas entre 1991 y 2006. Entre paréntesis se indica el número de liberaciones por cultivo (vol. II, cap. 7).



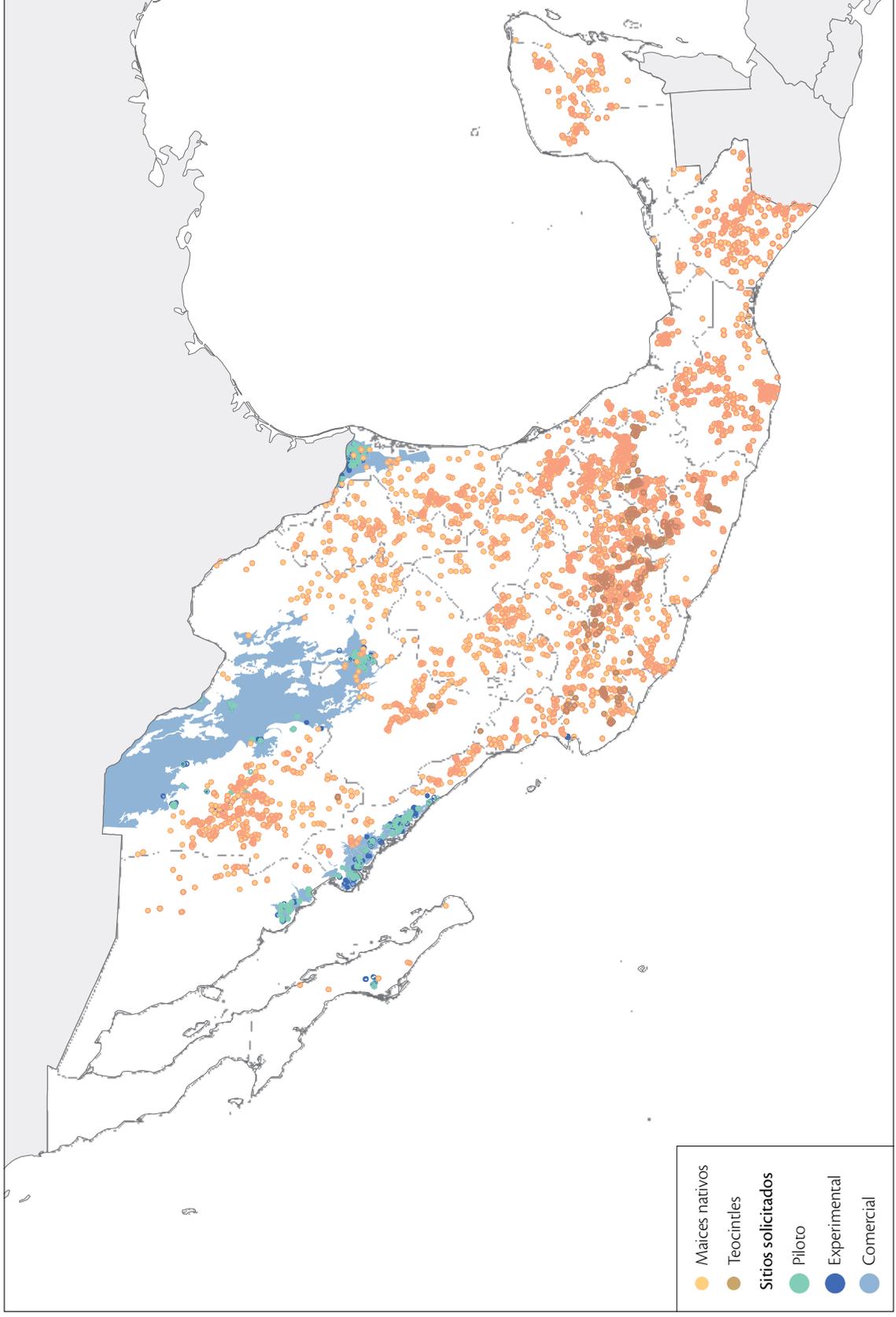
**Figura 28b**

Sitios solicitados (2006-2016) para la liberación de cultivos de algodón genéticamente modificado, de metapoblaciones y sitios de colecta de algodón silvestre (*Gossypium hirsutum*) y otras especies de algodón (SIOVM-CONABIO 2017), véase el Apéndice en línea.



**Figura 28c**

Sitios solicitados (2009-2013) para la liberación de cultivos de maíz genéticamente modificado y registros de maíces nativos (1991-2010) y teocintiles (SIOVM-CONABIO 2017), véase el Apéndice en línea.



En 1996 la CONABIO, con la participación de un amplio número de expertos de todo el país, inició un esfuerzo para identificar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad de México. Como resultado se reconocieron 152 regiones terrestres con una cobertura territorial de 515 588 km<sup>2</sup>, 70 regiones marinas que cubren 1 378 620 km<sup>2</sup> de zonas costeras y marinas, 110 regiones hidrológicas en 777 248 km<sup>2</sup> de las principales cuencas hidrológicas del país, así como 219 áreas de importancia para la conservación de la avifauna, con una cobertura de 309 655 km<sup>2</sup>.

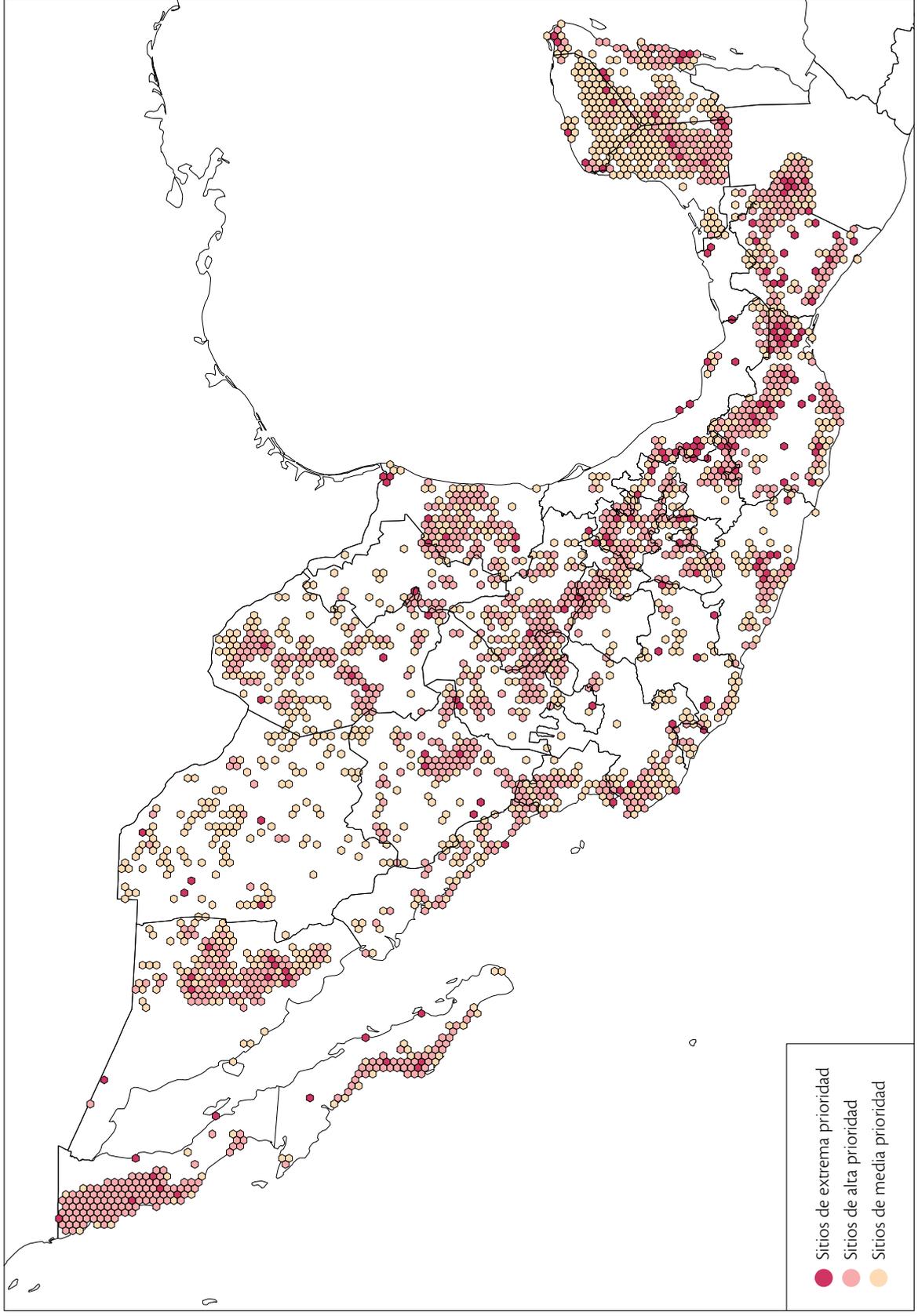
Estas regionalizaciones han servido para orientar y optimizar los esfuerzos de estudio, recolecta e investigación mediante la canalización más focalizada de los fondos de diversas instituciones, federales y privadas, que proveen recursos de apoyo a tales estudios. Sin embargo, a raíz del compromiso establecido en la séptima Conferencia de las Partes del CDB en 2004 y posteriormente las metas Aichi en 2010, en México se hicieron diversos análisis para identificar las áreas importantes para la conservación de la biodiversidad a una escala más fina que la utilizada para las regiones prioritarias, considerando diversas metodologías, la mayor cantidad de información actualizada, las áreas protegidas federales, estatales y municipales, con la participación de diversos especialistas de la academia, el gobierno y las organizaciones civiles, para los ambientes terrestres, marinos, epicontinentales (vol. II, cap. 16) e insulares (Aguirre *et al.* 2010). Dichos análisis permitieron evaluar la representatividad ecorregional en las áreas protegidas y mostrar vacíos y sesgos en la protección. Por ejemplo, en la parte terrestre hay mayor grado de proporción las tierras altas (a más de 2 800 m) en comparación con el resto del país. Los tipos de vegetación con niveles de protección más bajos se presentan en las selvas secas de la vertiente del Pacífico, el matorral espinoso tamaulipeco y los bosques de pino-encino a lo largo de las sierras Madre Occidental y Oriental.

Por otra parte, en los últimos años se han desarrollado capacidades para realizar análisis de planeación sistemática para la conservación que permiten manejar grandes volúmenes de información, considerar diversos criterios y maximizar esfuerzos para conservar especies de distribución restringida, endémicas y amenazadas, así como identificar los sitios con mayor concentración de riqueza de especies y con hábitats con menor perturbación, e identificar zonas únicas, de alta prioridad, resultante por ejemplo, del elevado nivel de endemismos de la biota de México (Figs. 29, 30). En los ambientes marinos se identificaron 105 sitios prioritarios en las costas, océanos e islas, e incluyen 29 de mar profundo que prácticamente no tenían protección y cuya identificación ha sido fundamental para dirigir esfuerzos de conservación en estas zonas, que son únicas por la biota que albergan, por lo especial de sus condiciones ecológicas y porque representan ecosistemas muy poco estudiados (Fig. 31). Estos mapas han sido base para integrar análisis a escalas más finas, junto con otras variables para considerar la conectividad de estas áreas, así como su necesidad de conservación y factibilidad de restauración, con base en el uso y degradación del suelo (Figs. 32, 33) y para analizar escenarios de cambio climático, por ejemplo. Además, estos análisis permiten guiar esfuerzos para consolidar la conservación y manejar de forma sustentable estos sitios de alta prioridad para la biodiversidad.

Es trascendental en el futuro inmediato desarrollar estrategias ecorregionales y

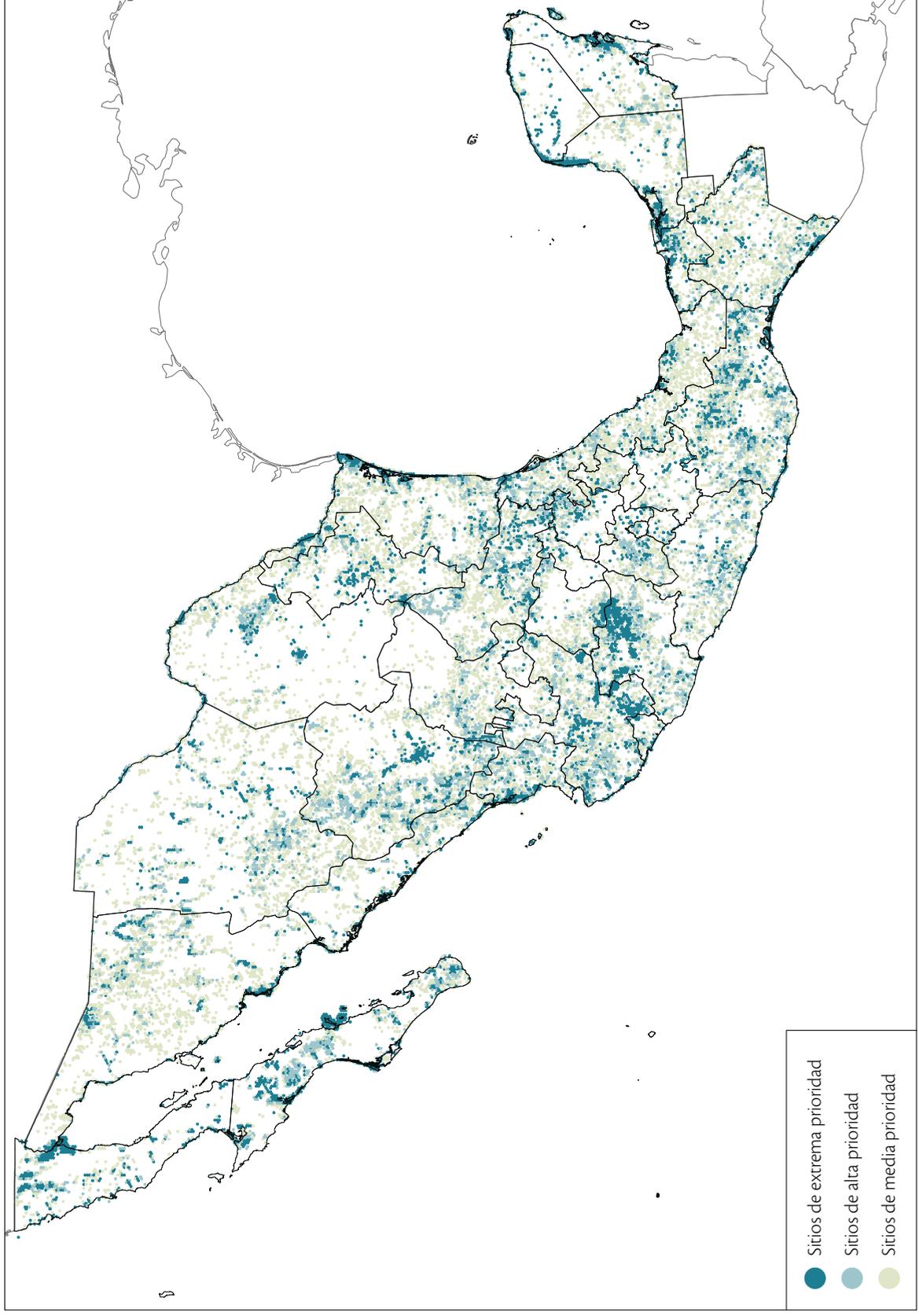
**Figura 29**

Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad terrestre (vol. II, cap. 16).



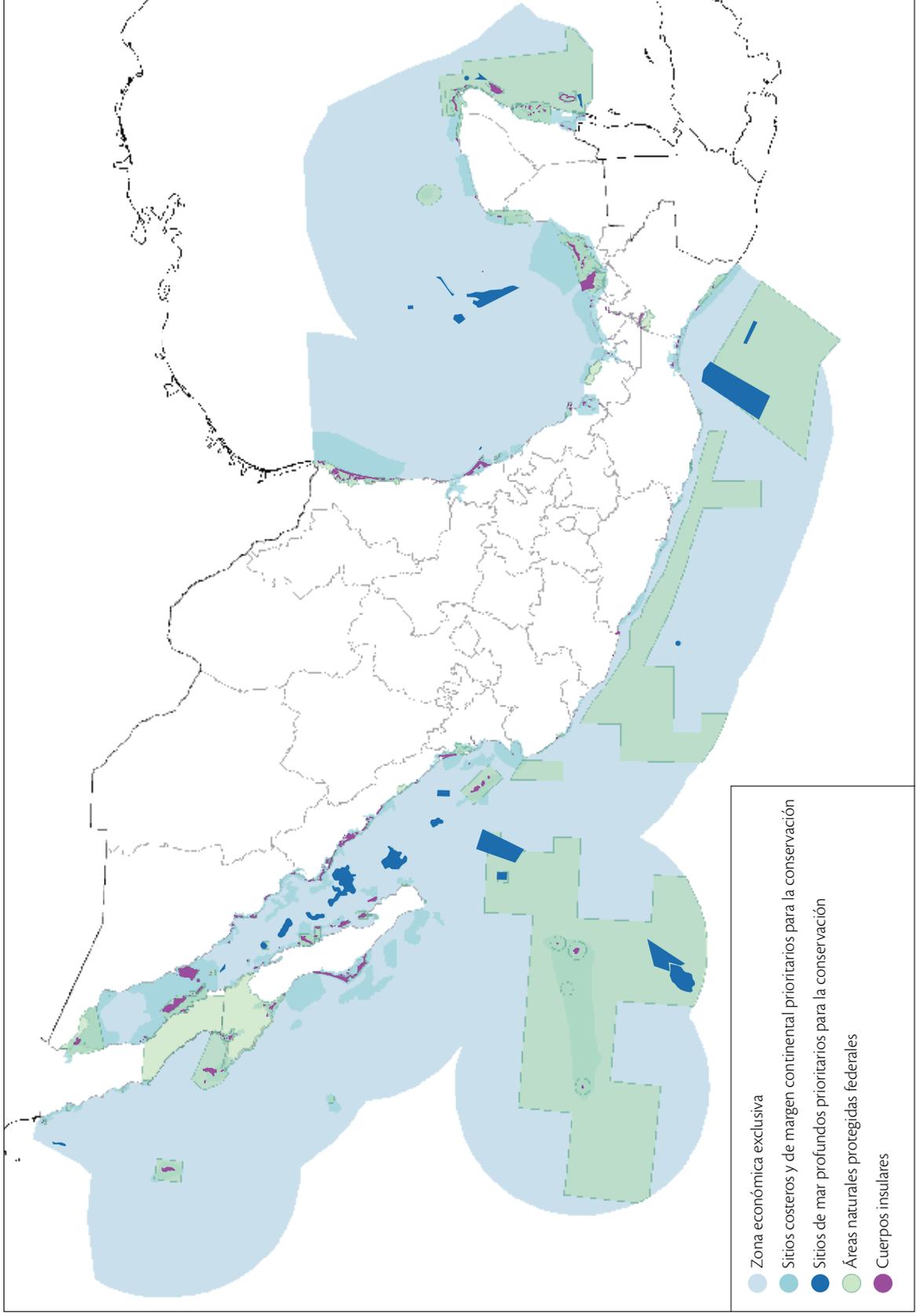
**Figura 30**

Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad acuática epicontinental (CONABIO y Conamp 2010, Lira-Noriega *et al.* 2015).



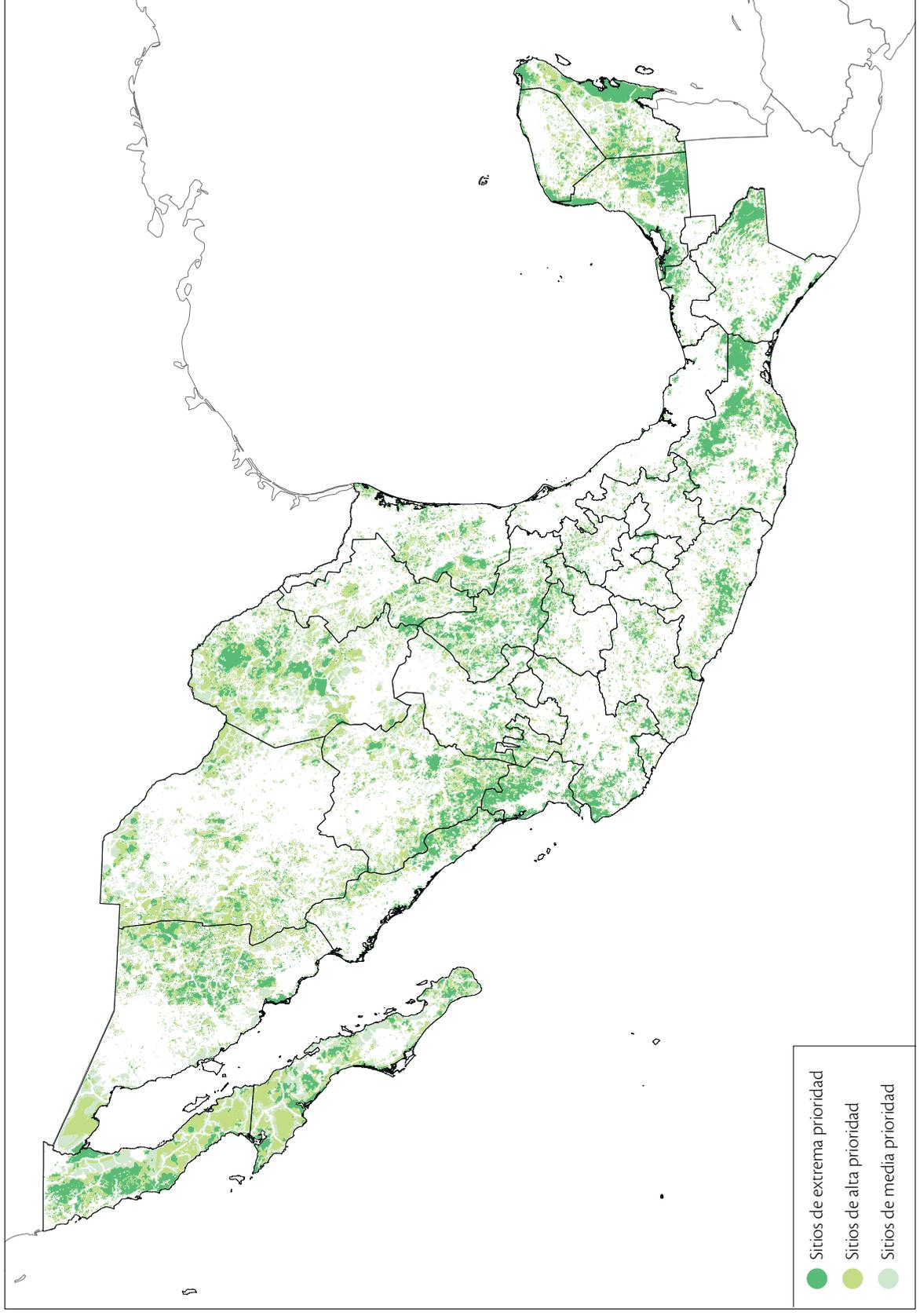
**Figura 31**

Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina (vol. II, cap. 16, CONABIO 2015, Conanp 2017).



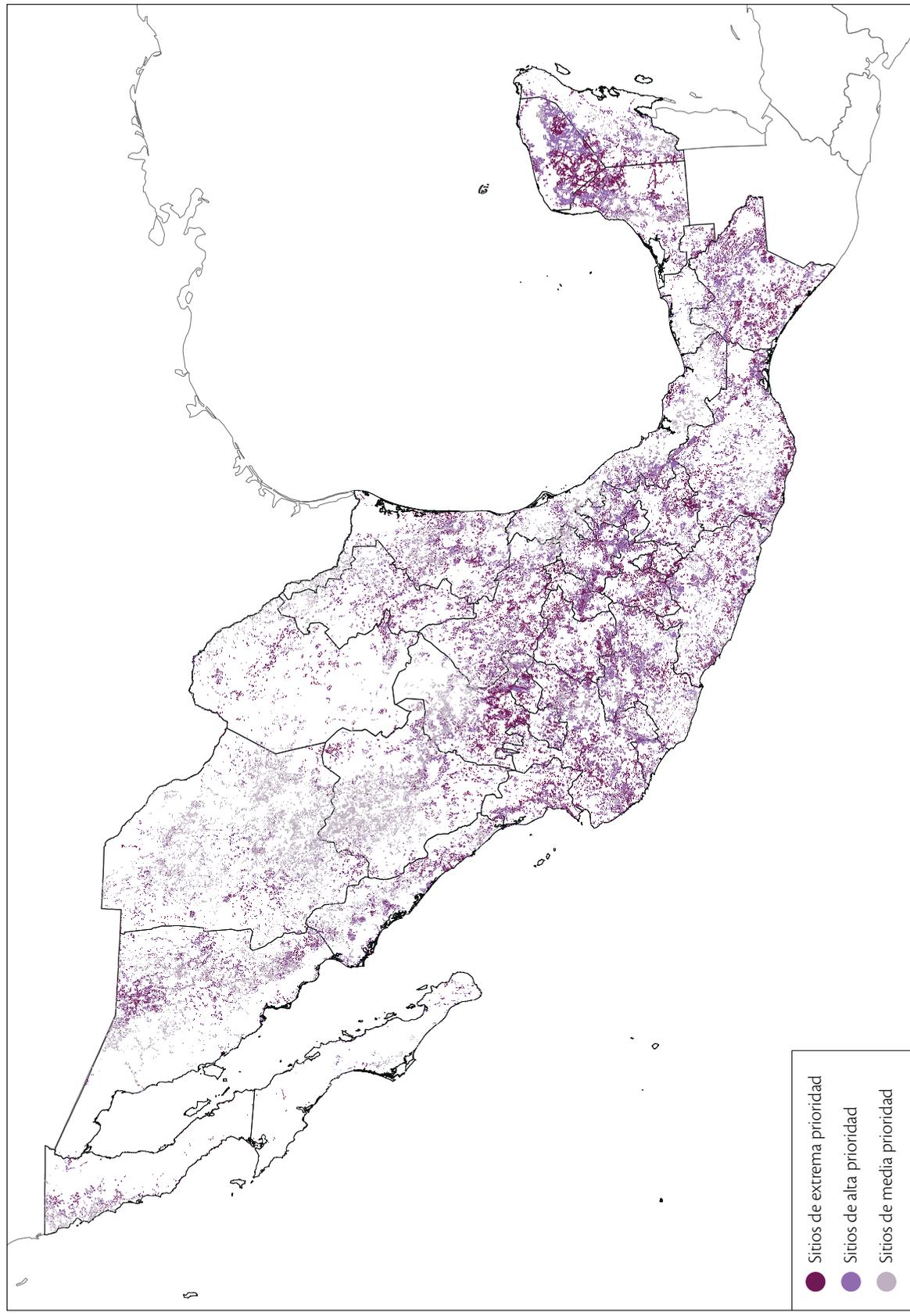
**Figura 32**

Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad (Urquiza Haas *et al.* 2012).



**Figura 33**

Sitios prioritarios para la restauración (Tobón *et al.* 2017).



particulares adecuadas para lograr una planeación integral y considerar que hay opciones diferentes para la conservación, como las áreas protegidas, las UMA, las servidumbres de pagos por servicios ambientales y el papel de empresas que llevan a cabo acciones para la conservación.

El horizonte de las acciones de conservación deberá considerar la conservación y el uso sustentable de los recursos con enfoques tierra-mar, con una perspectiva integral de paisajes en los que las áreas marinas y terrestres protegidas (bajo distintos esquemas) conformen una red que permita la conectividad funcional de los ecosistemas.

Paralelamente, deberán considerarse las capacidades en recursos humanos, infraestructura y financieros con los que cuenta México. Para que las estrategias sean exitosas será crucial que se fortalezca la corresponsabilidad entre todos los niveles de gobierno y la sociedad civil, que se promueva una serie de condiciones favorables que contribuyan a conservar la biodiversidad nacional con base en las prioridades definidas por este estudio del capital natural, incluyendo el impulso de una nueva actitud de la sociedad y los sectores productivos hacia la biodiversidad, la adopción amplia de una cultura ambiental sustentable y un cambio en los actuales patrones de consumo de los mexicanos.

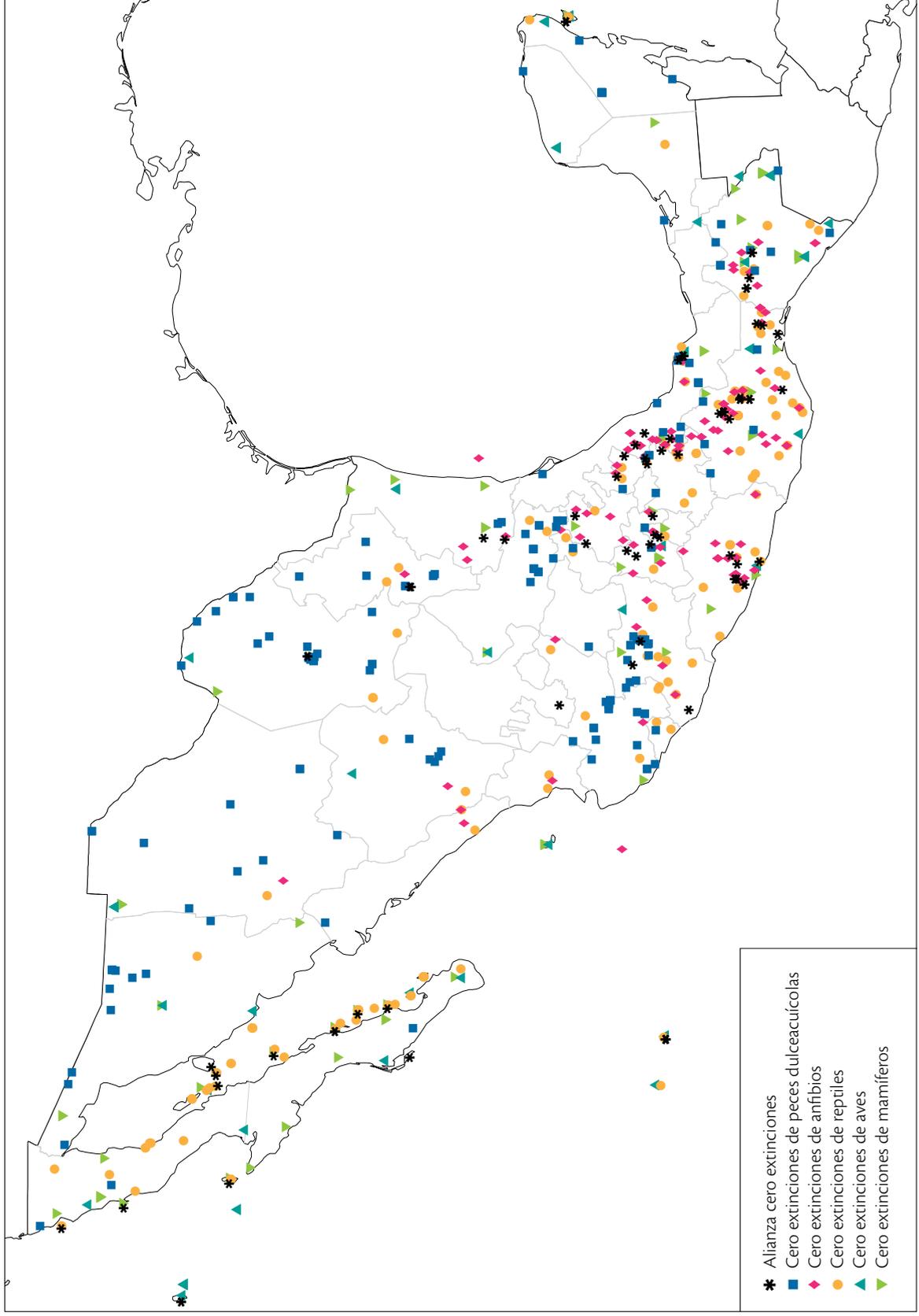
### **30** *La identificación de las especies más amenazadas o de especial importancia ecológica y de sus hábitats es fundamental para aumentar la efectividad de las acciones de conservación considerando que los recursos económicos no son ilimitados.*

Debido a la gran diversidad biológica de México, resulta necesario y conveniente desde el punto de vista de asignación de recursos, tiempo y capital humano definir a cuáles especies y en qué regiones deben dedicarse esfuerzos de conservación. Para poder concentrar dichos esfuerzos, y en cumplimiento con el artículo 61 de la Ley General de Vida Silvestre, en marzo del 2014, se publicó la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación que comprende 372 taxones de plantas y animales (Apéndice en línea). Esta lista es el resultado de un proceso sistemático y de conocimiento experto con la que se busca maximizar acciones por medio del desarrollo de proyectos para la conservación y recuperación de los ecosistemas, hábitats y especies (Semarnat 2014).

Por otro lado, existen propuestas internacionales como la iniciativa *Alianza para la Extinción Cero* (AZE) promovida por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2013), con la que la CONABIO colaboró recientemente para revisar y ampliar la lista previamente publicada de sitios y especies del país que forman parte de esta iniciativa. Actualmente se enlistan 264 especies, así como 73 sitios que constituyen los últimos refugios de poblaciones de especies microendémicas que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción por actividades antropogénicas. Los sitios AZE abarcan una superficie de 76 988 km<sup>2</sup>, de los cuales, 9 284 km<sup>2</sup> (12%) se encuentra dentro de alguna ANP. Para México también se han detectado sitios críticos (Fig. 34).

**Figura 34**

Sitios críticos para la conservación de mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces dulceacuícolas (vol. II, cap. 14).



Otro grupo de organismos que requieren atención especial son las especies migratorias y aquellas que poseen poblaciones transfronterizas, por las implicaciones de colaboración internacional y las repercusiones biológicas y de salud pública, por la posible transmisión de patógenos, etc. De nueva cuenta, la ubicación geográfica de nuestro país explica la existencia de un alto número de estas especies. La extensión de las migraciones que ocurren en el territorio mexicano oscila entre unos pocos cientos de kilómetros hasta más de 10 000 km, con especies que están presentes en México como territorio de paso (vol. II, cap. 11).

**31** *La principal estrategia de política ambiental para promover la conservación de los ecosistemas, sus bienes y sus servicios ambientales ha sido el establecimiento de un sistema de áreas naturales protegidas. Este sistema, sin embargo, requiere un manejo eficiente y mayor protección a futuro.*

Las áreas naturales protegidas constituyen el instrumento de política ambiental más consolidado de México para la conservación de los ecosistemas y los servicios ambientales que proporcionan a la sociedad.

En conjunto, las ANP de México (federales, estatales, municipales y certificadas) abarcan 12.56% del territorio terrestre nacional, 20.64% del mar territorial, 84.8% del territorio insular y 22.45% de la zona económica exclusiva (cuadro 6, Fig. 35).

La conservación efectiva de la diversidad biológica mexicana solo podrá darse, con contadas excepciones, en el contexto de lograr un uso sustentable del capital natural por parte de las poblaciones que han habitado los territorios bajo protección durante generaciones.

Son escasas las áreas del territorio nacional que nunca tuvieron población humana en algún momento del pasado. De las cerca de 1 000 AP de todo tipo (federales, estatales, municipales, certificadas y privadas), 207 presentaban asentamientos humanos de más de 100 habitantes en 2010, con una población de casi 3.2 millones de habitantes, cifra que se abulta por la situación de las AP de la zona

**Cuadro 6** Cobertura territorial de las áreas naturales protegidas de México (hectáreas) (CONABIO 2015; Conanp 2017)

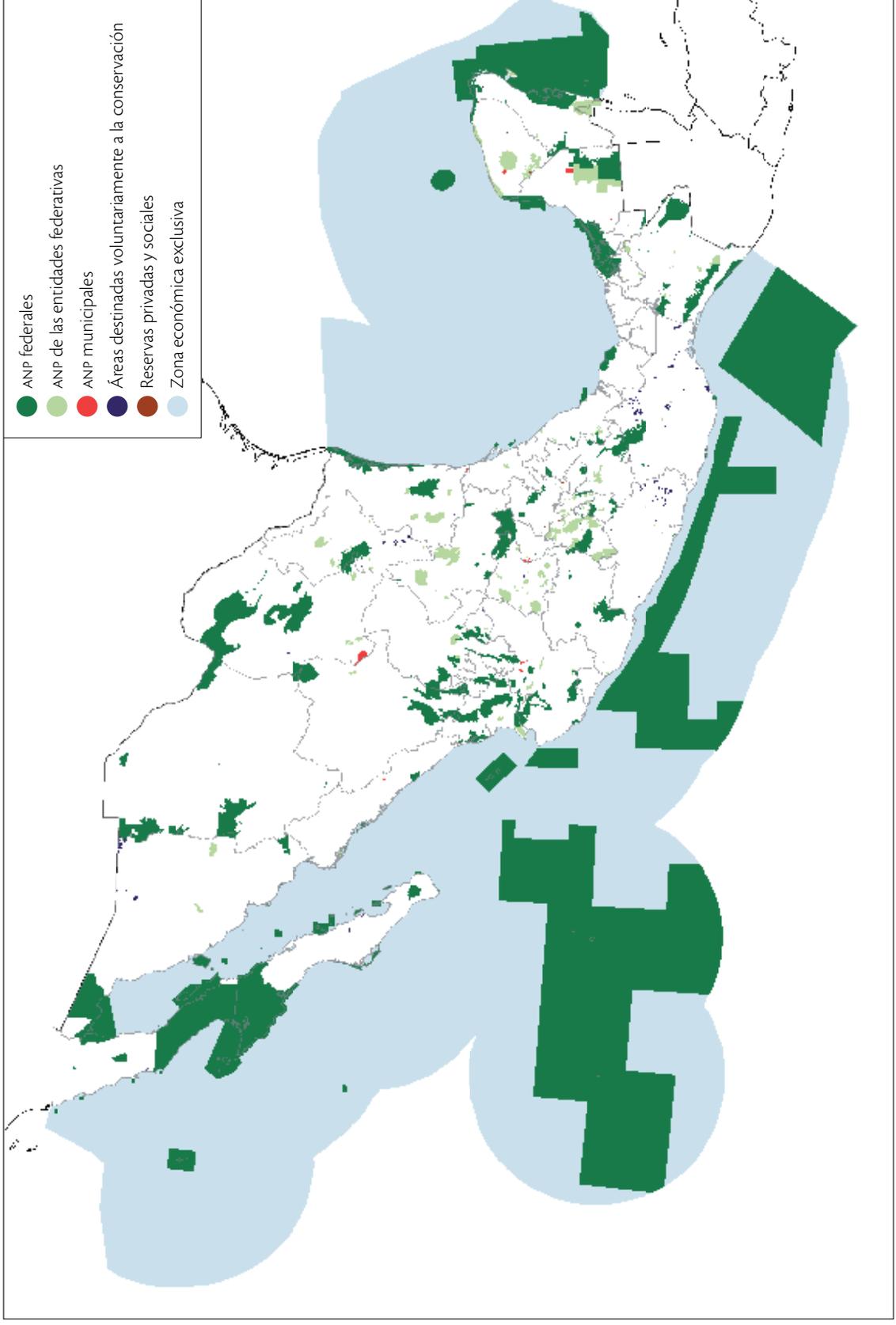
	Total	Continental	Superficie continental (porcentaje)	Marina	Superficie de la ZEE (porcentaje)	Territorio insular	Superficie del TIM (porcentaje)
ANP federales <i>menos</i> ADVC	89 856 982	20 298 863	10.42	69 558 119	22.15	589 811	81.74
ANP estatales y de Ciudad de México	3 830 095	3 666 678	1.88	163 417	0.05	22 137	3.07
ANP municipales	141 606	141 606	0.07				
Áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC), reservas privadas y sociales <sup>a</sup>	346 773 <sup>b</sup>	346 773 <sup>b</sup>	0.17				

<sup>a</sup> No sobrepuestas a ANP federales, de las entidades federativas o municipales; <sup>b</sup> Calculado mediante cartografía digital.

Nota: los datos incluyen el conjunto de ANP decretadas a diciembre de 2016.

**Figura 35**

Áreas naturales protegidas para la conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de recursos naturales en México (CONABIO 2015, Conanp 2017).



conurbada. Sin contar las localidades urbanas (más de 15 000 habitantes), las AP estaban habitadas en 2010 por casi 2.5 millones de personas, equivalente a 2.2% de la población total y 5.9% de la rural.

Casi 80% de la población de las AP está clasificada en índices de marginación entre mediano y muy alto en 56% de las localidades donde se encuentran AP, situación determinada en gran medida por la alta representación de grupos indígenas en estas zonas (cuadro 7). En 2017 las AP federales, estatales, municipales, certificadas y privadas contaban con 4 464 núcleos agrarios o ejidos, que equivalen a poco más de 14.6% de estos.

El establecimiento de las ANP ha girado alrededor de un eje social al no expropiar en los decretos correspondientes la propiedad de la tierra. En los decretos se establece la modalidad de uso de la superficie que comprende al ANP. Como resultado, 55.5% de las ANP federales son propiedad social, y 45.5% corresponde a propiedad pública y privada (cuadro 8).

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sinap) agrupa a 78 de las 182 ANP federales, que representan 20.6% de la superficie total de estas áreas. El Sinap cuenta con un Consejo de Áreas Naturales Protegidas, compuesto por representantes del sector académico, industrial, social y gubernamental, como asesor del secretario del ramo. Cada ANP cuenta con un consejo asesor. Los requisitos para pertenecer al sistema incluyen criterios como la existencia de un plan de manejo consensuado con los habitantes de la zona, presupuesto permanente, personal capacitado, incluyendo a un director elegido por el mismo consejo.

Con respecto a las AP estatales y municipales, hasta 2015 Baja California Sur, Guerrero, Hidalgo, Jalisco y Puebla contaban con programas de manejo en sus AP, mientras que en Aguascalientes, Campeche, Guanajuato, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Querétaro y Yucatán, la mitad o más de las AP contaba con planes de manejo; las AP de Chiapas, Durango, Sinaloa, Sonora, Tabasco y Tlaxcala aún no tenían programas de manejo publicados, aunque varios se encontraban en proceso (vol. IV. cap. 8).

**Cuadro 7** Índice de marginación de la población establecida en las áreas naturales protegidas federales, de las entidades federativas, municipales, privadas y sociales de México (excluyendo población metropolitana) (vol. II, cap. 9, Conapo 2002, 2012, CONABIO 2015; Conanp 2017)

Índice de marginación	2000				Incremento de la población (%)	2010			
	Población total	%	Localidades	%		Población total	%	Localidades	%
Muy bajo	56 456	2.34	95	0.79	209.33	174 633	6.11	102	0.89
Bajo	609 990	25.25	323	2.70	-26.51	448 307	15.69	260	2.27
Mediano	346 627	14.35	648	5.41	40.14	485 771	17.00	495	4.33
Alto	1 112 960	46.08	3 289	27.47	42.47	1 585 665	55.50	4 195	36.70
Muy alto	255 437	10.58	2 462	20.56	-47.00	135 375	4.74	1 656	14.49
No disponible	33 903	1.40	5 156	43.06	-20.16	27 069	0.95	4 724	41.32
<b>Total</b>	<b>2 415 373</b>	<b>100</b>	<b>11 973</b>	<b>99.99</b>	<b>18.28</b>	<b>2 856 820</b>	<b>100</b>	<b>11 432</b>	<b>100</b>

El programa “El hombre y la biosfera” de la UNESCO ha reconocido 37 áreas protegidas mexicanas que incorporan la dimensión social en los beneficios de la conservación y el desarrollo sustentable (vol. IV, cap. 7). Por ello uno de los componentes de gestión que pueden tener un efecto significativo para conservar la biodiversidad en las AP es la promoción de opciones productivas sustentables entre las poblaciones que viven dentro o en las vecindades de éstas (vol. IV, cap. 8).

Una importante proporción de las ANP se han establecido en México por situaciones coyunturales, con pocas bases de conocimiento científico. Ahora que contamos con mayor información y sensibilidad acerca de los criterios que deben normar el establecimiento de nuevas áreas protegidas (véase el vol. II, cap. 16) es fundamental asegurar que sea la información científica pertinente y confiable la que conduzca ese proceso y que las decisiones de política pública al respecto se apeguen a esos criterios.

En el ámbito de las acciones de conservación, los avances pueden reflejarse en el hecho de que ahora se tienen claras bases de priorización, un crecimiento notable de una estrategia económicamente sustentada de conservación efectiva mediante las ANP, avances en iniciativas de conservación fuera de las ANP (corredores biológicos, esfuerzos de conservación *ex situ* y pagos por servicios ambientales), así como un sólido avance en la identificación de los vacíos de conocimiento y de priorización. Sin embargo, la información emanada de esta evaluación cuestiona si el firme avance en acciones de conservación por sí mismo será suficiente para detener o revertir las tendencias de deterioro de nuestro capital natural que aquí se documentan.

**Cuadro 8** Porcentaje del tipo de propiedad del suelo en la porción continental de las áreas protegidas de México (CONABIO 2015, Conanp 2017, RAN 2017)

	Ejidos	Comunidades	Pública o privada
AP federales	45.90	8.57	45.53
AP estatales	49.77	2.46	47.77
AP municipales	58.77	2.18	39.05
ADVC, comunitarias y privadas	35.27	29.65	35.08

Nota: los datos incluyen el conjunto de AP decretadas hasta el 7 de diciembre de 2016.

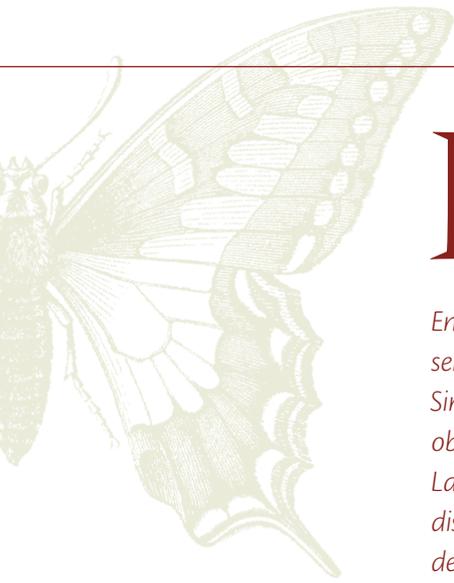


---

Parque Nacional Cabo Pulmo,  
golfo de California.



Christian Vizil (Banco de Imágenes CONABIO)



# III

*En las últimas décadas México ha logrado cambios y avances sustantivos que han sentado las bases para la conservación y el manejo sustentable de su capital natural. Sin embargo, el tránsito hacia la sustentabilidad ambiental se ha enfrentado a serios obstáculos; los cambios requeridos para lograrla deben ampliarse, consolidarse y acelerarse. Las metas en conservación, manejo sustentable y restauración deberán cumplirse en distintas escalas y ámbitos, teniendo en cuenta que solo se podrán lograr haciendo uso del mejor conocimiento para diseñar acciones integrales, coordinadas y transversales de políticas públicas que valoren la biodiversidad y sus servicios ambientales.*

---

**P**ara avanzar hacia una agenda pública tendiente a corregir rumbos, impulsar iniciativas sustantivas y evitar reproducir errores del pasado, en esta sección se ofrece una valoración que aborda las intervenciones gubernamentales históricas que produjeron efectos negativos en el medio ambiente y que, en muchas ocasiones, tampoco lograron un beneficio social, así como los avances de las últimas décadas que han detonado y fomentado procesos de uso de la biodiversidad que apuntan hacia la sustentabilidad, con esquemas que fortalecen la gobernanza ambiental.

Asimismo, es imperativo tener en cuenta riesgos mayores que, de no atenderse con urgencia y a profundidad, pueden derivar en un estancamiento o reversión de los avances, e incluso ampliar procesos contraproducentes para la sustentabilidad. En consecuencia, los retos que encaramos exigen, por un lado, evitar que estos riesgos cristalicen y, por el otro, ampliar y multiplicar los avances. También se perfilan las vertientes de extensión y consolidación de los cambios fundamentales para que el país se encamine de forma segura hacia una trayectoria de uso sustentable de la biodiversidad.

**32** *El desarrollo nacional no ha aprovechado las ventajas que ofrece la biodiversidad mexicana y la ha subordinado al crecimiento económico.*

Durante el siglo pasado, hasta la década de los ochenta, el desarrollo del país, en lo que se refiere a la obtención de bienes como alimentos, fibras, madera, etc., se basó en la transformación extensiva de los ecosistemas naturales sin considerar las consecuencias que esto tendría sobre el capital natural. Como sociedad no hemos establecido un acuerdo básico en torno a una meta común: determinar la superfi-

cie que debe mantener el país con cobertura vegetal, conservada o sujeta a manejo sustentable, sin transformarla o degradarla.

Cerca de 50% de la cobertura vegetal del territorio nacional ha sido eliminada, fuertemente impactada por actividades agropecuarias o deteriorada en alguna medida; de esta superficie, 28% se ha deforestado (INEGI 2013) para utilizarla en actividades agropecuarias, urbanas y de infraestructura, y aproximadamente una tercera parte adicional de la cobertura vegetal ha sido intervenida para la producción ganadera (en especial los pastizales naturales y los matorrales xerófilos). Lo que podríamos denominar “desarrollo rural” se basó, por décadas, en fomentar actividades productivas primarias (agricultura y ganadería) que implicaron la transformación total de los ecosistemas naturales. Esto dejó en un gran rezago a otras actividades que no implican necesariamente la transformación de los ecosistemas sino que, por el contrario, conservan sus servicios y aprovechan las múltiples especies útiles de flora y fauna que contienen; entre estas actividades se encuentran las forestales, maderables y no maderables, el uso racional de la vida silvestre y el ecoturismo.

A pesar de que las tasas de pérdida de ecosistemas naturales se han reducido en las últimas décadas, seguimos perdiendo y causando deterioro de importantes superficies cada año.

**33** *El reparto agrario que se aceleró en la década de los años treinta se guió en propósitos de justicia social, pero tuvo serias repercusiones ambientales. Los dueños del capital natural no recibieron por mucho tiempo los beneficios del aprovechamiento directo de la biodiversidad y las políticas fomentaron la deforestación para las actividades agropecuarias.*

No obstante la fundamental justicia social del reparto agrario y las reformas legales vinculadas a la tenencia de la tierra, no hubo mecanismos que incorporaran criterios de resguardo del capital natural, lo cual fomentó la transformación acelerada de los ecosistemas, transformación que ocurrió de manera desordenada, utilizando para la agricultura las tierras de aptitud forestal y para la ganadería no solo las tierras forestales, sino también las agrícolas. En adición a esta falta de criterios, hubo frecuentes disputas por el uso de la tierra, que duraron décadas, originadas por una combinación de factores entre los que pueden mencionarse políticas confusas y contradictorias, un débil marco jurídico, ineficaz aplicación de la ley, recursos económicos limitados, así como la falta de instituciones consolidadas para la gestión del uso y conservación de los ecosistemas naturales. Con frecuencia, la resolución a esas disputas fue a costa de las áreas conservadas —como selvas y bosques— que se consideraban “tierras ociosas” (idea que en algunos sectores prevalece hoy día) y muchas de ellas acabaron convertidas en áreas pecuarias de muy baja capacidad de carga, monocultivos agrícolas efímeros que terminaban convertidos en praderas improductivas, urbanizaciones o desarrollos industriales.

No está en cuestionamiento la necesidad de estas actividades productivas. El problema radica en la forma de ocupación desordenada del territorio, las considerables extensiones de superficie en las que se han expandido y la ineficiencia pro-

ductiva de muchas de estas actividades por unidad de superficie. Los costos ambientales, no valorados hasta ahora, han sido mayúsculos y han afectado a toda la sociedad, en especial a los grupos más desprotegidos. El aprovechamiento de los recursos forestales maderables, así como las actividades cinegéticas, estuvieron concesionados por décadas a terceros, sin que la extracción de estos recursos de los ecosistemas naturales beneficiara directamente a los dueños de ese capital natural para lograr su desarrollo y bienestar social. Las concesiones forestales terminaron con la reforma a la Ley Forestal de 1986 y los permisos de caza a terceros concluyeron administrativamente con el establecimiento de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) y legalmente con la derogación de la Ley de Caza y la expedición de la Ley General de Vida Silvestre en 2000. No es sorprendente, entonces, que los dueños de la tierra, al no recibir beneficios económicos por el uso de sus ecosistemas naturales durante décadas, los transformaran para convertirlos en cultivos agrícolas y potreros.

### **34** *La forma que adoptó el crecimiento económico del país tuvo consecuencias negativas para el mantenimiento del capital natural de la nación y no mejoró la situación de la población rural.*

La cultura predominante con vistas al desarrollo económico del país sobrestimó la capacidad natural para resistir los impactos del crecimiento económico y la sobreexplotación de recursos naturales, y de hecho se impuso ampliamente la idea de que la dotación natural de México soportaría de manera ilimitada la expansión demográfica y social, de la infraestructura y de las ciudades. La intervención en los ecosistemas fue vista no solo como un proceso inocuo sino también como necesario.

El desarrollo de la infraestructura física del país y de las actividades productivas no consideró los impactos ambientales y sociales generados por su ubicación territorial, por la extracción de materias primas y por la generación y disposición de desechos, como tampoco se hizo en el caso de las zonas donde se desarrollaron asentamientos humanos, cuyo crecimiento caótico engendró los fenómenos de dispersión poblacional y expansión de conglomerados urbanos regionales.

Se adoptaron de manera temprana algunas medidas preclaras como fueron los decretos de parques nacionales durante el gobierno de Lázaro Cárdenas, que protegían los servicios ambientales de regiones de alta importancia ecológica, pero fueron medidas marginales y se abandonaron prematuramente o simplemente fueron ignoradas en las siguientes décadas.

La falta de visiones y políticas sobre las pautas adecuadas para la ocupación del territorio y el ordenamiento de los asentamientos urbanos derivó en:

- a] una mayor concentración de la población en condiciones de pobreza en las áreas urbanas; el crecimiento acelerado de asentamientos irregulares en zonas de riesgo, y la urbanización a costa de tierras agrícolas y en las frágiles zonas costeras;
- b] un arraigado rezago económico y social del campo respecto al resto del país, que se manifiesta en una mayor vulnerabilidad del tejido social, una muy baja

- institucionalidad, ausencia de relaciones contractuales y escasa consolidación de los derechos de propiedad; en síntesis, una menor gobernabilidad ambiental, y
- c] la detonación de procesos directos de destrucción del capital natural por la población rural, en zonas de alto valor ambiental, principalmente selvas y bosques, debido a la incapacidad del país para lograr mínimos de bienestar social para esas poblaciones.

**35** *En la década de los noventa comenzó un periodo de cambio que tuvo avances sustantivos favorables al resguardo del capital natural y se sentaron algunas de las bases para su conservación y manejo sustentable. Ello se manifiesta en una mejoría del arreglo institucional y de la coordinación interinstitucional, así como en un mayor desarrollo del marco jurídico y reglamentario sobre el ambiente.*

Entre los primeros avances estuvieron, en 1992, la creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), cuyo objetivo principal es coordinar actividades dirigidas al conocimiento y la conservación de la diversidad biológica y la utilización sustentable de los recursos biológicos. Además, con la creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) en 1994 se dio un paso sustantivo hacia la construcción de la sustentabilidad ambiental; empezó a consolidarse un avance hacia enfoques más integrales, de acuerdo con los cuales la gestión de los procesos de conservación y los de uso de la biodiversidad se fusionaron en una nueva institución y se diseñaron programas e instrumentos modernos. La reunión en una nueva institución de los sectores forestal, del agua y de la pesca, junto con la gestión de los temas ambientales, permitieron alcanzar cierta convergencia entre políticas sectoriales antes enfrentadas; se incorporó una visión de sustentabilidad en los programas sectoriales y se coordinó la acción conjunta para enfrentar problemas que competen a varios sectores.

En los últimos años se han hecho intentos más organizados de coordinación interinstitucional para armonizar las políticas con los otros sectores productivos fuera de la Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, desde 2000). Los esfuerzos han permitido entender mejor los impactos que pueden tener las políticas productivas sobre la conservación de la biodiversidad y se ha logrado avanzar en mejores reglas de operación para algunos programas del sector agropecuario.

Entre las iniciativas de transversalidad que abordan la vinculación de los ecosistemas naturales con las dimensiones social y económica del desarrollo destaca la Estrategia Nacional de Cambio Climático, que ha tenido avances en medidas de adaptación y mitigación en los programas especiales de Cambio Climático 2008-2012 y 2014-2018 (CICC 2009, 2014). Sin duda, destaca el reciente impulso que dio México en la decimotercera Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica de Naciones Unidas (CoP 13), realizada en Cancún en 2016, a la agenda de integración de la biodiversidad para el bienestar con los sectores

agrícola, forestal, pesquero y turístico, que busca incorporar criterios de sustentabilidad que aseguren el suministro de servicios ecosistémicos (Conafor 2016, Conapesca e Inapesca 2016, Sagarpa 2016, Sectur 2016).

Con respecto al marco regulatorio, en las últimas décadas se han expedido diversas leyes y se han decretado numerosas normas que regulan el uso y conservación de la biodiversidad. Sin embargo, a pesar de los avances más recientes aún es necesario homologar y sistematizar conceptos y contenidos que contribuyan a incrementar la sincronía entre los tres órdenes de gobierno y las legislaciones ambientales y sectoriales. Asimismo, para su aplicación es necesario incrementar el apoyo a la Profepa para que cuente con recursos humanos y económicos acordes con sus atribuciones y responsabilidades. Por otra parte, en 2013 se aprobó la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, que constituye un cambio en la forma como en nuestro orden jurídico se entiende la protección del ambiente, considerándolo como un bien de propiedad colectiva. Para lo anterior es indispensable contar con un sistema moderno de responsabilidad ambiental y una distribución de competencias que permita la descentralización de la toma de decisiones para la gestión del capital natural en el ámbito regional y local (vol. IV, cap. 4). En cuanto a la descentralización de funciones, algunos modelos de manejo de la vida silvestre en entidades del norte del país constituyen un buen ejemplo de convergencia en la acción gubernamental.

**36** *Existen en el país notables ejemplos de manejo del capital natural que combinan la conservación en un contexto de manejo de los recursos naturales con viabilidad económica y que han sido impulsados en gran medida por las mismas comunidades dueñas del capital natural.*

Las ANP, las UMA y las Unidades de Manejo Forestal (UMAFOR) creadas en 2009 dentro de los programas de apoyos de la Conafor, junto con el manejo forestal sustentable (MFS) por empresas forestales comunitarias y el ecoturismo han demostrado ser económicamente viables y ambientalmente adecuadas, y en la medida en que son manejadas por los dueños de la tierra contribuyen a la cohesión y el bienestar social para las comunidades mismas. Se trata de que, con base en el plan de manejo en las ANP y en los otros instrumentos de gestión fuera de ellas, las opciones productivas sean sustentables, generen empleo e ingresos para las poblaciones locales dueñas de los recursos naturales y mantengan la cobertura vegetal. Estas actividades aún deben consolidarse, y en particular requieren ser evaluadas periódicamente para conocer su efectividad y hacer los ajustes necesarios a los planes de manejo. La superficie bajo el esquema de UMA en funcionamiento se contabilizaba para el periodo 1997-2008 en cerca de 23.6 millones de hectáreas (CONABIO 2012, Semarnat *et al.* 2016); en 2016 el manejo forestal registró 7.4 millones de hectáreas y el certificado como sustentable 2.2 millones. Estas opciones no han sido valoradas en todo su potencial; se estima que aproximadamente 40 y 21 millones de hectáreas tienen posibilidad de crecimiento en UMA y aprovechamiento forestal, respectivamente.

Estas estrategias de manejo son un claro ejemplo de que es posible el desarrollo

sustentable al combinar la protección del capital natural en buen estado de conservación con una seria contribución a la disminución del rezago social y económico de las poblaciones dueñas de esos recursos.

Las reformas legales que dieron fin a las concesiones a terceros en el usufructo de los recursos forestales y de la vida silvestre, y restituyeron derechos a los dueños de la tierra y legítimos poseedores, han favorecido la conservación de los ecosistemas naturales. El propósito de estas reformas es que el dueño de la tierra, al tener certidumbre sobre los derechos de propiedad de sus recursos naturales y beneficiarse económicamente del uso de sus ecosistemas, no los transforme para actividades agropecuarias. Sin embargo, ésta que es una forma de manejo sustentable de nuestro capital natural y al mismo tiempo de fuente de ingresos económicos para una población que se encuentra en el 20% más marginado de nuestra sociedad, no ha sido reconocida de manera apropiada por los diferentes sectores de gobierno, en buena medida debido al alcance limitado en la incorporación de criterios ambientales en sus políticas públicas.

Por otro lado, en las áreas transformadas, una amplia gama de experiencias, proyectos e iniciativas a lo largo del país ha demostrado que la reconversión productiva agropecuaria y pesquera, orientada a un mejor acceso a los mercados y manejada con criterios de sustentabilidad, permite elevar ingresos, empleo y productividad, y controlar y atenuar los efectos negativos a la salud humana y a la funcionalidad de los ecosistemas naturales, acuáticos y terrestres. Sin embargo, su plena inserción en las políticas de desarrollo rural requiere ajustes que pasan por la capacidad de las instituciones para fomentarlos, de los productores para organizarse y de subsidios económicos para mantenerse mientras la reconversión se vuelve rentable. En esta dirección, el ordenamiento pesquero y la carta nacional pesquera han significado un aporte invaluable para la gradual orientación de la pesca hacia la sustentabilidad ambiental. Sin embargo, este proceso se ha desacelerado por la separación del sector pesquero del ambiental, ya que al paso del tiempo los criterios de sustentabilidad aplicados a las pesquerías se fueron relajando; se priorizó nuevamente la extracción de grandes volúmenes de pesca sin considerar la sustentabilidad ambiental de las pesquerías. Por otro lado, hay algunos esfuerzos notables de pesquerías sustentables certificadas que realizan cooperativas pesqueras, con el apoyo de organizaciones de la sociedad civil e instituciones académicas, como es el caso de la pesca artesanal de langosta en las reservas de la biosfera Sian Ka'an y Banco Chinchorro, y en el litoral occidental de la península de Baja California, que incluyen parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y en islas del golfo de California (CANTIM 2012).

**37** *El ordenamiento ecológico del territorio es un instrumento muy poderoso en el ámbito regional para aprovechar oportunidades de desarrollo y detener proceso de deterioro ecológico; no obstante debe ampliarse y fortalecerse con la participación social y la convergencia de las acciones entre los distintos sectores y órdenes de gobierno, considerando los intereses de conservación y los económicos.*

Los esfuerzos en materia de planeación ambiental del uso del territorio a escala regional y local han mostrado un potencial tanto preventivo frente a los procesos del deterioro ecológico, como de identificación y valoración de oportunidades para el desarrollo regional. Estos esfuerzos representan un respaldo legal y mayores avances en la vía del ordenamiento ecológico del territorio. Actualmente se cuenta con diferentes modalidades de ordenamiento ecológico, que abarcan desde el ámbito nacional (Semarnat 2016c) hasta los ordenamientos comunitarios locales; sin embargo, hay limitantes para su ejecución y cumplimiento, entre ellos la falta de acuerdos y convergencia de acciones entre los sectores productivos, los habitantes y las autoridades locales y federales, entre los intereses de conservación y los económicos y la falta de sistemas de seguimiento y evaluación de los ordenamientos para medir su contribución a la conservación. Además, su aplicación ha estado siempre sometida a tensiones sociales y económicas constantes, que con frecuencia se anteponen a los criterios ambientales.

Entre los retos se encuentran fortalecer los procesos metodológicos para asegurar la inclusión de criterios ambientales, armonizar los planes de desarrollo en los distintos órdenes de gobierno y crear espacios y mecanismos adecuados para la participación social con el fin de guiar las decisiones de la gestión en el ámbito local. En contraste, los ordenamientos ecológicos comunitarios han mostrado mayor potencial para el manejo y la conservación de los recursos naturales; aunque éstos no se contemplan en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, pueden ser vinculantes si quedan registrados como acuerdos de asamblea, al ser elaborados por la propia comunidad.

Otras formas de planeación territorial las constituyen los enfoques en materia de manejo de cuencas y la creación de corredores biológicos que conecten áreas fragmentadas de vegetación para evitar el incremento de su deterioro, enfoques que apuntan a una gradual armonización de las políticas que operan en los territorios. Un ejemplo emblemático que ha permitido unificar esfuerzos dirigidos a la conservación y el desarrollo sustentable, así como fortalecer los ordenamientos, es el Corredor Biológico Mesoamericano, México (CBM-M), mediante un manejo sustentable que proporciona ingresos a los dueños de las tierras, promueve procesos productivos compatibles con la conservación de los ecosistemas remanentes y fomenta la recuperación y el mejoramiento de áreas degradadas.

**38** *Se han creado y aplicado instrumentos económicos de valoración de servicios ambientales; sin embargo, aún tienen un impacto limitado, por lo que es necesario vincularlos con prácticas de manejo sustentable y generar mercados locales, ampliar su alcance y asegurar su continuidad en el tiempo.*

Se ha instrumentado el diseño y la aplicación de instrumentos económicos, como el pago por servicios ambientales (PSA), el cobro de derechos de acceso a las áreas protegidas, la certificación de productos sustentables u orgánicos, así como la certificación de áreas boscosas manejadas de manera sustentable, entre otros. Algunos

de estos programas innovadores, que comenzaron hace alrededor de dos décadas, apuntan hacia la valoración de algunos beneficios de los servicios ambientales y han trascendido los límites temáticos o sectoriales, enfocándose tanto en beneficios económicos, productivos y sociales, como en aspectos forestales e hídricos como de biodiversidad, cambio climático y suelo. Los PSA tienen un gran potencial para impulsar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, ya que consideran criterios ecológicos y sociales y promueven la implementación de otros instrumentos de conservación como UMA y MFS para contribuir a mantener hábitats con manejo en paisajes bioculturales y, en ese sentido, contribuyen a la conservación en el largo plazo. Por ejemplo, destaca el éxito de la iniciativa del pago voluntario por servicios ambientales en la ciudad de Saltillo que ha permitido llevar a cabo acciones de reforestación, restauración de suelos, reintroducción de organismos de especies silvestres cuyas poblaciones habían sido extirpadas localmente y protección de áreas de recarga de acuíferos. No obstante, aún es necesario ampliar los mecanismos de financiamiento para incrementar la participación de diferentes sectores y usuarios, así como desarrollar mecanismos de evaluación para conocer cabalmente el impacto ecológico y social que han tenido.

Para los PSA se han establecido mecanismos para garantizar la continuidad de los pagos por periodos de cinco años. Sin embargo, por su potencial en la valoración de servicios ambientales, se debe continuar su fortalecimiento con el desarrollo de programas de financiamiento a largo plazo, la creación de fondos concurrentes para apoyar arreglos institucionales que permitan transmitir los recursos de los usuarios a los dueños de las tierras donde se producen los servicios ecosistémicos y la adopción de mecanismos para impulsar prácticas de uso sustentable (vol. IV, cap. 8).

### **39** *Se han desarrollado mecanismos para una mejor participación social en la toma de decisiones sobre asuntos ambientales; esta es una herramienta que debe ampliarse y mejorarse.*

Los espacios de participación de la sociedad en la gestión del uso y conservación de la biodiversidad se ampliaron a partir de 1995 para incorporar la experiencia colectiva de los diferentes sectores en la toma de decisiones y sumar las capacidades de cada uno. Se establecieron diversos consejos para la asesoría en la gestión forestal de las ANP, del agua, de programas de reforestación, y para la recuperación de especies en peligro de extinción, entre otros. En estos espacios participan centenas de representantes de los sectores académico, empresarial, social, gubernamental de diferentes órdenes y del Poder Legislativo.

En mayo de 2015 se publica la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, lo que ha significado avances para transparentar la gestión pública, la rendición de cuentas de quienes toman las decisiones; no obstante, aún no se ha establecido en forma concertada un proceso que oriente procesos complejos que encuentren soluciones colectivas, socialicen y recauden información, y para crear algunos consensos en materia de conservación y uso sustentable de la biodi-

versidad. Hacen falta mecanismos que garanticen la adecuada representatividad de los participantes y su corresponsabilidad en la gestión y que aseguren la incidencia de la participación en la definición, aplicación, evaluación y corrección de las políticas.

Un proceso deliberativo muy relevante por parte de la sociedad para la discusión de opciones para el desarrollo nacional ocurrió entre 2011 y 2012, en el contexto del cambio de gobierno, y quedó expresado en documentos publicados con planteamientos de los que sugirieron valiosas aportaciones para la mejora de la política ambiental (CANTIM 2012, Ceiba 2012, CICC-INECC 2012, Conago 2012, Conagua 2011, OCDE 2012, Sarukhán *et al.* 2012, Sedesol 2012, Semarnat 2012a, b). Podría decirse que nunca antes se había dispuesto de un abanico tan amplio de recomendaciones estructuradas de política ambiental desde la sociedad civil, los centros de investigación, los organismos internacionales y las propias instituciones públicas.

#### **40** *El tránsito hacia la sustentabilidad ambiental, a pesar de sus avances, se ha enfrentado a serios obstáculos que es necesario superar.*

El tránsito hacia la sustentabilidad ha llevado a modernizar la organización pública, renovar y crear nuevos instrumentos y establecer reformas legales que derivaron también en mejoras en el diseño y ejecución de programas. En términos generales, se incorporó la sustentabilidad del desarrollo en las políticas públicas. Sin embargo, aunque los cambios han sido progresivos no han ocurrido de forma constante y aún persisten diversas inercias institucionales y rigideces normativas y regulatorias que han constituido un retraso en la aplicación de las innovaciones; la viscosidad burocrática y profundas resistencias al cambio, algunas provenientes de gremios profesionales que han limitado el avance en el cumplimiento de las metas, creando incluso mecanismos de oposición interna. En este sentido, la *Estrategia Nacional de Biodiversidad y Plan de Acción 2016-2030* (ENBioMex) ofrece la oportunidad de guiar acciones para revertir el deterioro ambiental del país por medio de mejorar la coordinación entre sectores, gobiernos y sociedad, fortalecer las capacidades de gestión y manejo del capital natural, así como desarrollar mecanismos que amplíen la participación ciudadana y las redes de colaboración (CONABIO 2016a).

Por ejemplo, entre los retos que persisten para implementar la ENBioMex está la necesidad de diversificar la política ambiental, ya que es incipiente la integración con la economía y las actividades sectoriales; aún están desvinculadas la política económica y social con la protección ambiental, aunque existen claros esfuerzos con perspectivas más integradoras.

Por otro lado, aunque el marco regulatorio y de control es sólido, adolece de serios problemas en la aplicación de la ley, por lo que su efectividad se ve limitada; de hecho, y a pesar de estos avances, persisten tanto el crónico problema de bajo cumplimiento de la legislación y las inconsistencias en el conjunto de disposiciones legales, de normas y de atribuciones institucionales relativas al manejo del capital natural, como el bajo nivel de concurrencia intergubernamental.

En términos generales, la acción pública no ha logrado identificar y establecer los mecanismos institucionales que garanticen una adecuada valoración de la biodiversidad y sus servicios ambientales, condición obligada para contener los principales procesos de deterioro. Este tema está presente en la agenda gubernamental solo de manera tangencial, a pesar de la evolución alcanzada en las disposiciones legales.

Algo similar ocurre entre los temas sustantivos de la incipiente agenda de transversalidad ambiental; es decir, la valoración de la biodiversidad y sus servicios ambientales no se ha colocado como un tema central que debe ser común y compartido en responsabilidades para los sectores de la administración pública federal que tienen mayor injerencia territorial, y para los tres ámbitos de gobierno, aunque se vislumbra ya la integración de la biodiversidad para el bienestar en algunas prácticas productivas de los sectores agrícola, forestal, pesquero y turístico.

En contraste, se observa un creciente interés y una intensa deliberación en torno a la valoración de la biodiversidad y sus servicios ambientales entre los agentes más especializados y proactivos de la sociedad; y es en esta esfera de la agenda pública donde podrán surgir iniciativas concretas y viables que puedan insertarse en la agenda de gobierno.

#### **41** *Diversas causas, algunas internas de las comunidades rurales y otras del ámbito nacional, han producido un debilitamiento de estructuras de gobernabilidad local.*

La compleja problemática de la biodiversidad está fuertemente articulada con el acelerado debilitamiento de las estructuras de gobierno local rural, particularmente del ejido. Las dinámicas poblacionales, económicas y culturales en el medio rural, como son la inmigración, el envejecimiento de los pobladores de los ejidos, las remesas de los emigrados, la diversificación de fuentes de ingreso fuera del ámbito de las actividades primarias, entre otras, influyen en el debilitamiento del ejido.

El efecto negativo más importante es la creciente pérdida de control sobre el uso y ocupación del territorio del ejido, donde surgen mercados de renta y venta de tierras que derivan en una mayor fragmentación del tejido social y en claros riesgos de impacto ambiental, lo cual cierra posibilidades de regular la conservación y usufructo de los recursos colectivos. Esto necesariamente se acompaña de una degradación de su cultura, de sus visiones y prácticas colectivas y de su relación con los recursos naturales.

Un ejemplo emblemático de la alta convergencia entre las tendencias de deterioro de la biodiversidad y de debilitamiento del ejido es el fenómeno de parcelación interna de las áreas de uso común, principalmente bosques y selvas, pertenecientes a ejidos ubicados en el sureste del país. Este fenómeno se ha documentado para algunas regiones y significa una clara violación de lo establecido en la legislación agraria y forestal; lo anterior reduce al mínimo las posibilidades de conservación y de fomento de procesos productivos sustentables.

En cuanto a la participación privada en la conservación, cabe apuntar que las diferentes disposiciones legales para el control del uso y ocupación de tierras para este fin presentan un enorme potencial, siempre y cuando la conducción y supervisión esté a cargo de las instituciones de gobierno encargadas de la protección del patrimonio natural nacional, y se acompañen de mecanismos institucionales de transparencia y rendición pública de cuentas.

**42** *Las políticas de desarrollo deben considerar la gestión de la biodiversidad como uno de los asuntos de la más alta prioridad para garantizar elementos básicos de la seguridad nacional y de las perspectivas futuras del país.*

Nuestro país debe reconocer plenamente la enorme relevancia de las dimensiones económica y social inherentes a las actividades de conservación y, en consecuencia, incorporar costos y beneficios de estas actividades a la lógica asociada a la economía del país. La conservación del capital natural no es ajena a la lógica económica de las acciones y recursos dedicados al mantenimiento y renovación del capital en infraestructura o en la planta productiva.

Para superar la ineficacia de la acción pública y transformar la estrategia de gobernar el campo a “golpe de programa”, lo que ha significado que los recursos públicos se dispersen y no se traduzcan en mejoras sustantivas en términos ambientales, económicos e incluso sociales, es necesario implementar el Plan de Acción de la ENBioMex. Esto implica que los distintos actores contribuyan en el marco de sus atribuciones y competencias en las acciones que les corresponden, con la colaboración de la academia, las organizaciones de la sociedad civil, organismos de cooperación, y de manera muy importante, de las comunidades que dependen directamente del capital natural. La estrategia destaca que es necesario fomentar el aprovechamiento sustentable del enorme potencial de la biodiversidad silvestre, la agrobiodiversidad y los recursos genéticos del país y articular las acciones de conservación y manejo sustentable en los distintos paisajes y ambientes para mantener los servicios ecosistémicos.

No obstante, en el circuito académico y en algunas instancias gubernamentales se considera que las fallas y la ineficacia de la intervención gubernamental en el campo tienden a traducirse en un problema de seguridad nacional. Hay que tener muy en cuenta que la conservación y uso del capital natural no se resuelve solo en el mundo rural; resulta obligado proyectar este tema central de la agenda nacional hacia las ciudades y hacia las actividades económicas de mayor impacto territorial y sus mercados.

**43** *La transversalidad gubernamental de la agenda ambiental y su incorporación a las consideraciones económicas del país comienza finalmente a adoptarse por algunos sectores; es fundamental continuar el impulso para hacerlo una realidad.*

Los avances en materia de transversalidad ambiental empiezan a ser un soporte básico para extenderla al ámbito de las políticas e instrumentos relacionados con las actividades económicas primarias que soportan el mayor peso económico y cuentan con mercados desarrollados.

Deben eliminarse las asimetrías del gasto público rural, que se concentra en las zonas agrícolas de riego con un fomento mayor para infraestructura, equipamiento y articulación con cadenas productivas, mientras margina el resto del campo o lo atiende con programas compensatorios y asistenciales. La mayoría de las acciones ambientales se asocia a este último sector, limitando las opciones de aprovechamiento sustentable.

Para estos fines se requiere —entre otras medidas— ampliar y mejorar el papel del fomento gubernamental en la interacción con los mercados; en este aspecto destaca la imperiosa necesidad de que a los campesinos se les asuma —y ellos mismos se asuman— como los actores decisivos en el destino del capital natural, y en consecuencia como agentes de mercado, para que eso les permita cambiar sus estrategias económicas hacia esquemas rentables y en el mediano plazo no depender de los programas compensatorios; para lograr lo anterior es indispensable que desarrollen capacidades locales relacionadas con el acceso a los mercados y con garantías de permanencia, estabilidad y funcionalidad a largo plazo, asegurando que el reparto de los beneficios derivados sea cada vez más justo y equitativo.

Alcanzar lo antes mencionado requiere proyectos integrales, programas estables de acompañamiento o proyectos económicos regionales sólidos relacionados con el uso diversificado de la biodiversidad o con aprovechamientos que presentan mercados “promisorios”, y no irse por la vía de acciones aisladas. Un segundo elemento se refiere a reconocer (y aprovechar) que es en el ámbito de los mercados y los asentamientos urbanos donde se ubica una gama de agentes especializados en este tipo de capacidades. En consecuencia, se visualiza que la manera viable y efectiva de acercar estas capacidades a los campesinos son las alianzas o las relaciones contractuales caracterizadas por establecer un equilibrio entre los aportes y beneficios de ambas partes.

Actualmente, existen varios instrumentos de gestión, normatividad y uso sustentable que promueven la reconversión productiva, como son: la certificación forestal y el manejo forestal comunitario, las UMA y los ordenamientos pesqueros y acuícolas, entre otros.

Resulta imperativo detonar un fomento efectivo a la innovación en arreglos institucionales locales que faciliten y cristalicen acuerdos sociales concretos en los que los agentes protagónicos sean los dueños de los recursos, estableciendo contratos vinculantes de largo plazo que garanticen la consolidación de los derechos de propiedad, su transparencia y su debida valoración y compensación.

Lo anterior implica innovaciones en los mecanismos y formas que mantiene el gobierno en su relación con ejidos y comunidades, de forma tal que pueda asumir compromisos vinculantes y estables, no sujetos a las variaciones en el gasto público y en las personas responsables de la toma de decisiones.

Las reformas a la acción gubernamental, especialmente en el ámbito de los beneficiarios del gasto público, buscarían insertar pautas de sustentabilidad en las

principales actividades primarias y, en paralelo, ampliar el acceso de la economía campesina a los mercados. Esto último exige reformar enfoques, iniciativas, programas y reglas de operación, y pasar del propósito de que cada comunidad desarrolle todas las capacidades para acceder a los mercados de acuerdo con pautas de sustentabilidad, a uno que dirija los mayores esfuerzos a crear alianzas entre agentes, insertar relaciones contractuales en el mundo rural e intensificar positivamente las interacciones de las comunidades y las familias campesinas con los mercados.

**4.4** *Los cambios requeridos para lograr la sustentabilidad ambiental deben ampliarse y consolidarse. El país debe cumplir metas y tiempos para lograr la conservación, el manejo sustentable y la restauración de la biodiversidad y sus servicios ambientales, mediante instrumentos regulatorios, económicos y de mercado que valoren la biodiversidad y sus servicios ambientales y se traduzcan en acciones integrales, coordinadas y transversales.*

Hacia las dos últimas décadas del siglo pasado, cuando diversos problemas ambientales como la escasez de agua, la palpable erosión de los suelos, la pérdida de cobertura forestal, etc., se hicieron crudamente evidentes, descubrimos que durante mucho tiempo los enfoques, las instituciones, prácticas productivas, leyes y reglas, actitudes y valores con los que México había crecido se habían adaptado a unas estrategias depredadoras que intervinieron irracionalmente los ecosistemas sin adaptarse a sus ciclos naturales de recuperación.

Como respuesta, poco a poco se contruyó una política ambiental con estrategias de protección y conservación que paulatinamente han ido modificando las pautas degradadoras de la biodiversidad. Desde principios de los años noventa la destrucción de la naturaleza ha dejado de ser vista como costo justificado del progreso social, y sobre todo se ha tomado conciencia de que para la mayor parte del mundo rural dicha destrucción no se tradujo en una mejora humana sustantiva.

El país se percató de que tampoco las ciudades pueden prescindir de ecosistemas sanos, pues requieren flujos de servicios ambientales indispensables para su sobrevivencia.

Además, se ha perfilado la idea misma de que el flujo de servicios ambientales constituye una interfase entre la naturaleza y la sociedad humana y sus conglomerados demográficos, en la perspectiva de que dichos flujos requieren una contraprestación que favorezca su mantenimiento. Se estableció también la perspectiva de vinculación entre los procesos ambientales globales y la biodiversidad, a partir del conocimiento científico sobre los servicios de suministro, soporte y regulación que los ecosistemas prestan.

Todos estos cambios están apenas en proceso, y sería arriesgado sostener que ya se han consolidado, que son irreversibles o ya están dando resultados prácticos.

Los procesos de deterioro continúan, quizá a menor ritmo que en el pasado pero aún con consecuencias muy graves. Peor aún, los impactos más graves podrían estar por ocurrir. Es probable que en muchos aspectos ya estemos rebasando

los umbrales de estabilidad de diversos ecosistemas y nos enfrentemos ante posibles cambios abruptos, no lineales, inducidos por los mayores grados de vulnerabilidad catalizados por fenómenos globales, particularmente el cambio climático, como lo ha sostenido el MA.

Para no fallar en nuestra visión, se requiere entender el particular contexto en el que se encuentra el campo y en general el territorio mexicano. La mayor parte de los espacios rurales están sujetos a una transición contradictoria: por un lado se mantiene y parece aumentar la dispersión demográfica con la continua emergencia de nuevas localidades que expanden la frontera de asentamientos humanos, y por otra el aporte económico y poblacional del mundo rural continúa descendiendo en comparación con el urbano, mientras la emigración a las ciudades y al extranjero se sostiene.

El despoblamiento rural es relativo y muy diferenciado por regiones; muchas zonas críticas para la generación de servicios ambientales están caracterizadas por un fuerte poblamiento indígena, cuya presencia y dominio territorial es no solo un derecho legítimo reconocido, sino un elemento clave para la conservación, siempre y cuando se mantengan o reconstruyan las pautas de cohesión social necesarias para la protección de los recursos.

Es importante percatarnos de que está presente un cambio cultural y generacional propicio para la transformación de visiones y prácticas que parten de la subordinación depredadora del campo y su biodiversidad, y se dirigen hacia una relación más equilibrada que favorezca un freno al deterioro ecológico y dé paso a la protección y restauración de los ecosistemas y sus funciones ambientales.

En esta dirección se imponen acciones de gran alcance. Una de ellas es que el país logre una imagen-objetivo de conservación y restauración, traducida en una determinación acerca de las superficies del territorio que deben ser conservadas no solo por medio de reservas y áreas protegidas, sino del conjunto de instrumentos públicos, sociales y privados disponibles. Se necesita evitar la tentación de plantear un acuerdo nacional retórico o formal en torno al uso y conservación de la biodiversidad, que pervertiría los esfuerzos. Se trata de construir o reformar instituciones para hacer operativa la imagen objetivo de conservación y restauración, a partir de las capacidades existentes. Resulta más viable, y en sintonía con iniciativas en curso, buscar conformar gradualmente acuerdos sociales a escala regional, estatal o local que contemplen un núcleo común de propósitos en materia de uso y conservación de la biodiversidad.

Nuestro país ha desarrollado una serie de capacidades durante los últimos lustros, en infraestructura institucional, jurídica, de capital humano, etc., que se traducen en una oportunidad histórica para concretar las vías institucionales que permitan revalorar la biodiversidad y el campo mexicano a partir de la premisa de que los servicios ambientales son la interacción más importante de “lo rural y lo urbano”, y utilizar las políticas ambientales y su potencial de transversalidad con el resto de las políticas rurales para sustentar el papel del ejido como entidad de cohesión social y de interacción regional.

La integración, coordinación y transversalidad de las políticas relacionadas con la biodiversidad y el territorio no solo debe ser una prioridad para el ámbito

del gobierno federal, sino también para los procesos de concurrencia intergubernamental y de interacción de los gobiernos con la sociedad local, y sobre todo con las asociaciones de productores, de ejidatarios, de las comunidades y de los indígenas.

Asimismo, la gestión pública tiene que mejorar los mecanismos de transparencia y acceso de información que garanticen la rendición de cuentas de quienes toman las decisiones, así como los de búsqueda de soluciones a múltiples problemas y que deben darse mediante el fortalecimiento de mecanismos formales de participación en torno a la institución ambiental y el establecimiento de reglas claras de corresponsabilidad.

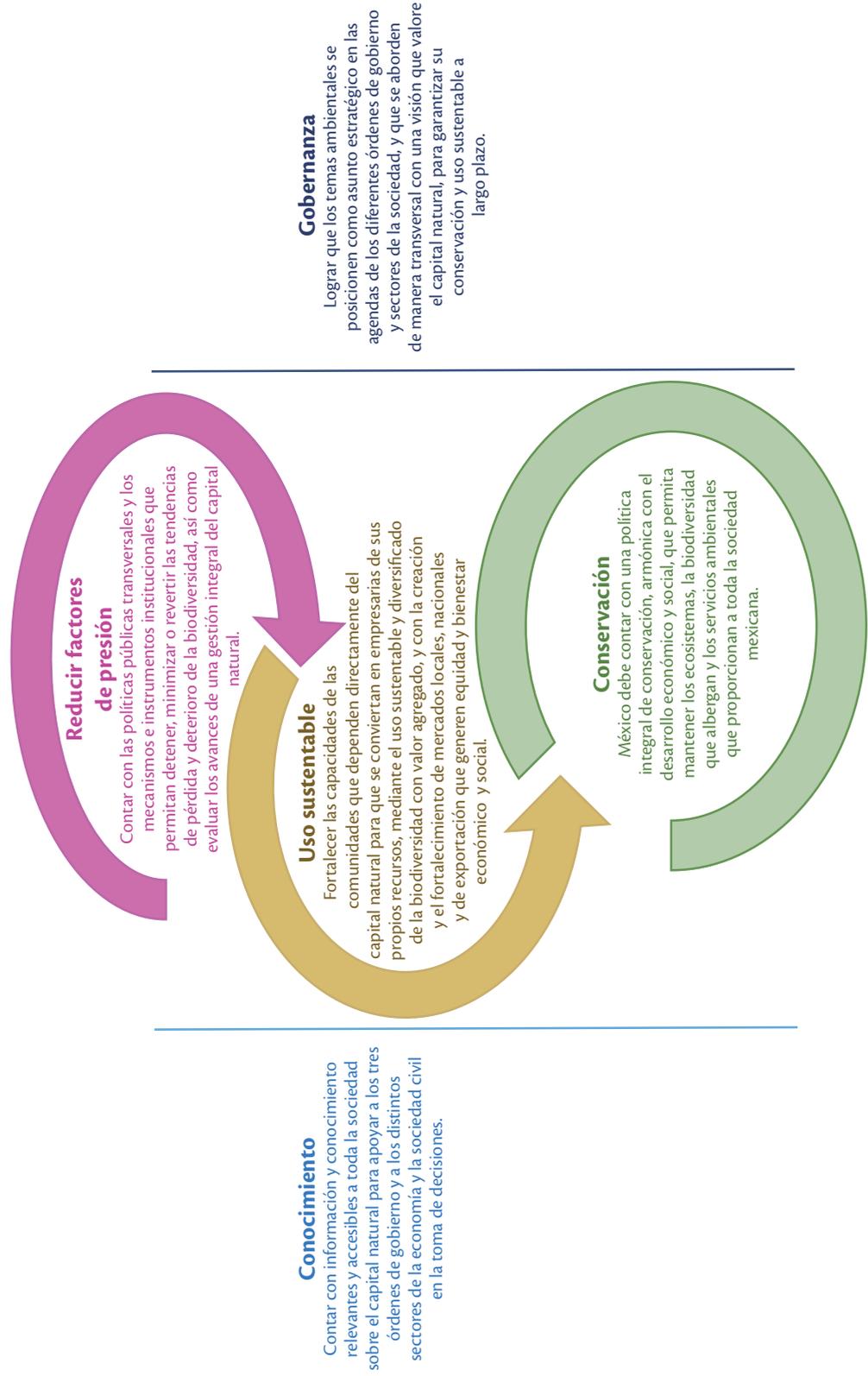
Si bien la descentralización de funciones de la Federación para fortalecer a las entidades federativas ha generado procesos exitosos de desarrollo regional, hay que considerar que algunos de los componentes de la biodiversidad, por su propio carácter natural, por ser estratégicos para el desarrollo, únicos para México, frágiles por las amenazas que enfrentan o porque carecen de límites geopolíticos en su distribución, son recursos que deben quedar reservados a la rectoría del Estado y bajo conducción federal, o en todo caso bajo reglas estrictas y transparentes de dirección concurrente. No existe una normatividad explícita sobre este tema, lo que da lugar a muchas tensiones entre los distintos órdenes de gobierno.

Si se trata de una tarea colectiva —como es el caso—, otro de los cambios esenciales será equilibrar los enfoques y asumir la protección y la conservación no solo como un proceso de comando y control con instrumentos regulatorios y taxativos, sino por medio de abordajes amplios que den cabida a los mecanismos económicos mediante los procesos de valoración que reconozcan y retribuyan las funciones ambientales que sean mantenidas por los propietarios del suelo y los recursos naturales. Se entiende que lo anterior es posible en un proceso gradual, que supone el aprendizaje de la valoración económico-ambiental, la adaptación de los mercados y la propia generación de los mismos, todo lo cual ya se encuentra en un proceso incipiente de desarrollo.

En otras palabras, en una nueva generación de políticas de protección de la biodiversidad y los servicios ambientales, la prioridad debe ser de la sociedad, no solo de los gobiernos y sus burocracias, pero sobre todo debe ser una tarea de quienes tienen derechos sobre los recursos, y por tanto pueden obtener beneficios sustantivos de ellos. Los cambios requieren innovaciones que faciliten la adopción de enfoques territoriales mejor articulados con los sectores productivos y en un marco de distribución de competencias más efectivo. Para ello, es necesaria la revisión del marco legislativo de la política ambiental y la normatividad, que facilite su aplicación y cumplimiento, y que se ponga al día en cuanto a la necesidad de cumplir con los derechos ambientales reconocidos en los acuerdos nacionales e internacionales. Un elemento central de estos cambios es establecer metas-compromisos en torno a las zonas con cobertura vegetal que se considera deberán preservarse sujetas a pautas de uso sustentable y conservación, basándose en la mejor información científica de la que disponemos. Además, se deben revisar las prioridades para enfrentar los retos emergentes de la seguridad alimentaria sustentable, la vulnerabilidad y la adaptación, la calidad de vida urbana, la transición

**Figura 36**

Ejes estratégicos para transitar al desarrollo sustentable (Sarukhán et al. 2012).



### Educación y cultura ambiental

Es esencial que la población conozca la importancia que tienen para su bienestar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos; asimismo, debe estar bien informada sobre el impacto que tienen en el ambiente diferentes productos que consume, participar en los procesos de toma de decisiones con opiniones informadas y críticas, y comprometerse con la conservación del capital natural del país que le da sustento y del cual depende para vivir.

energética para una economía baja en emisiones, la reducción acelerada de la pobreza y la desigualdad (Ceiba 2012).

La ENBioMex constituye el esfuerzo más avanzado de planeación transversal que ha generado el país. Para su elaboración se basó en las acciones identificadas en esta obra (Fig. 36) y en las estrategias estatales (vol. IV, cap. 2), en cuya formulación participaron más de 370 personas de distintos sectores y ámbitos de gobierno. El mayor reto ahora lo constituye su implementación para lo cual será indispensable el compromiso y voluntad de gobiernos y sociedad para guiar el país hacia el desarrollo sustentable. Esta estrategia nacional se alinea con compromisos internacionales adquiridos por México, para cumplir las metas Aichi del CBD y los objetivos de desarrollo sustentable propuestos por Naciones Unidas en 2016, que buscan integrar el desarrollo económico y social con la conservación y el uso sustentable del capital natural.



---

Paisaje de bosque templado,  
Oaxaca.



Jesús García Rodríguez (Banco de imágenes CONABIO)



# IV

*Valorar las capacidades humanas, institucionales y financieras es un aspecto central para ponderar cabalmente logros y obstáculos referentes al impacto de las políticas públicas de uso, conservación y manejo del capital natural. Es imprescindible que dichas políticas consideren criterios ecológicos y que éstas sean adoptadas por todos los sectores, con la participación proactiva de la sociedad para lograr el desarrollo sustentable de México.*

---

**L**a creación y consolidación de capacidades institucionales y humanas es un tema transversal en la gestión de la biodiversidad y representa una estrategia fundamental para armonizar los ejes del desarrollo sustentable (UNEP 2002). En las secciones anteriores se vincularon algunos elementos de estas capacidades que han permitido tener avances en la gestión del capital natural del país. En esta sección se destacan solo algunos aspectos esenciales para afianzar las fortalezas que ya tiene el país y se señalan las necesidades apremiantes para lograr la sustentabilidad.

El desarrollo de las capacidades para la gestión del capital natural de México es resultado de muchas décadas de trabajo de varias generaciones, en las que el liderazgo de distintos actores clave llevaron a la creación de instituciones y a la formación de recursos humanos calificados, proceso que aún debe consolidarse. Encaminar a México hacia el desarrollo sustentable depende en gran medida de la capacidad de los tres niveles de gobierno, de los sectores productivos, del sector académico y de la sociedad civil para generar alianzas que permitan hacer cambios sustanciales, por ejemplo, en el consumo y en las formas de producción, entre otros aspectos. De esta manera será posible enfrentar los retos del cambio global y dar el soporte necesario a la gestión ambiental, que es un asunto de seguridad nacional.

**45** *Es imperativo promover el interés de instancias de los tres órdenes de gobierno en ampliar, con visión de largo plazo y continuidad, la capacitación y la oferta de empleos en áreas dedicadas al estudio, manejo sustentable, conservación y recuperación del capital natural.*

Como ya se ha dicho, el enfoque ecosistémico en las políticas públicas ambientales llevó a la creación de instituciones relacionadas con la gestión ambiental y a con-

solidar avances en el marco normativo, aunque aún es necesario homologar y sistematizar conceptos y contenidos en el sistema jurídico para incrementar la sincronía entre órganos de gobierno y legislaciones ambientales y sectoriales. Asimismo es necesario impulsar enfoques territoriales mejor articulados con los sectores productivos y una distribución de competencias más efectiva que permita la descentralización de la toma de decisiones para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales en los ámbitos regional y local, con base en la mejor información científica y tecnológica disponible. Ejemplo de ello son las comisiones estatales de biodiversidad de Morelos y de Veracruz, que surgen de un proceso que inició con el desarrollo de sus respectivos estudios de biodiversidad y de las estrategias de estado. Dichas estrategias son resultado de amplios procesos participativos para establecer objetivos, metas y acciones, así como analizar los recursos necesarios y conformar una agenda para el desarrollo de capacidades con el fin de mejorar la gestión de su biodiversidad. Se trata de un mecanismo de integración de diferentes sectores de la sociedad, incluido el académico y los gobiernos locales, para que la sociedad valore y participe en la protección de la naturaleza y en la planificación para la implementación de políticas públicas que se basen en evaluaciones sobre el conocimiento y conservación de la biodiversidad, los procesos que la amenazan y las oportunidades para su uso sustentable en cada una de las entidades (vol. IV, cap. 2).

También hay mecanismos que surgen de la experiencia y el manejo del capital natural por las comunidades rurales, en su mayoría de población indígena, que habitan en zonas de alta biodiversidad, quienes por medio de la promoción de actividades como el manejo forestal sustentable y el ecoturismo en sus tierras han logrado un alto nivel de organización comunitaria, en la que se conjuga la protección de selvas, bosques y matorrales en paisajes más amplios, la generación de empleos, el fortalecimiento de capacidades humanas para la gestión de sus recursos —no solo en la extracción sustentable de madera, sino también en la comercialización de productos terminados y el poder brindar servicios ecoturísticos—, con la consiguiente generación de beneficios sociales para los pobladores que integran la comunidad.

#### **46** *Las capacidades humanas con las que cuenta el país pueden contribuir desde diversos ámbitos, sectores y atribuciones a la resolución de los problemas ambientales y al bienestar social.*

Los estados y municipios tienen un papel fundamental en el uso del territorio, por lo que su participación en la conservación del patrimonio biológico de México es esencial. En ese sentido es necesario fortalecer las capacidades locales, en particular las de los municipios, para lograr incorporar en sus marcos normativos planes y acciones para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad. Existen oportunidades de colaboración entre dependencias de los tres órdenes de gobierno, cuyas competencias legales y convergencias les permiten atender temas sobre el capital natural (vol. IV, cap. 2).

Las organizaciones de la sociedad civil y las organizaciones sociales que trabajan en temas relacionados con la biodiversidad son numerosas y variadas (vol. IV, cap. 3). Dichas organizaciones han tenido un papel relevante en canalizar el interés colectivo en un ambiente saludable y un desarrollo viable en el largo plazo. Esta labor, junto con la que han realizado muchos académicos, ha contribuido a incrementar las capacidades humanas para el análisis de problemas ambientales y en el diseño de nuevos enfoques para su solución, así como a la evolución de las políticas públicas, de las dependencias gubernamentales y de instituciones privadas. La sinergia entre estos sectores ha rendido frutos importantes y es deseable que crezca y se amplíe.

De la misma manera, las organizaciones sociales han apoyado el desarrollo social de las comunidades locales, en particular de pueblos y comunidades indígenas, por medio de la elaboración de esquemas comunitarios para el manejo sostenible de bosques y otros sistemas productivos, la conservación de los ecosistemas y la agrobiodiversidad y el desarrollo de esquemas innovadores como el comercio ético y microfinanzas populares y los sistemas participativos de planeación. Al respecto, es posible que no se tenga un diagnóstico exhaustivo de todas las experiencias, y en ocasiones las lecciones aprendidas de las mismas no se han documentado en formatos convencionales, como por ejemplo, publicaciones científicas y otros materiales de divulgación.

Asimismo, se requiere la expansión y el fortalecimiento de las instituciones que generan y transmiten conocimiento científico sobre la biodiversidad, llamadas “instituciones puente”. Dichas instituciones han mostrado que son esenciales para contribuir a resolver los problemas ambientales y sociales del país. En esa dirección, se debe ampliar y fortalecer la formación de profesionistas en áreas tanto básicas como aplicadas, con visión y adiestramiento interdisciplinario (ej., González-Jiménez *et al.* 2014).

En lo que respecta a la formación de capacidades humanas, es necesario incrementar el interés de los estudiantes en diversos aspectos del capital natural. La proporción de estudiantes de licenciatura (2%) y de posgrados (5%) dedicados a temas de ciencias naturales y exactas no ha variado en los últimos 25 años, lo que muestra una necesidad de capacitación en áreas de recursos naturales, así como en el crecimiento de los programas de apoyo a la formación para la investigación y el desarrollo tecnológico; los temas en los que se requiere fortalecer e incrementar las capacidades son numerosos (vol. IV, caps. 9 y 10). Por ejemplo, la ecología aplicada a la restauración de ecosistemas insulares es un tema especializado, ausente en las instituciones de educación superior en México, por lo que se ha recurrido a la formación de personal en países con mayores avances, con el apoyo de becas del Conacyt (vol. IV, recuadro 10.5). Otro ejemplo de disciplinas que han tenido un notable desarrollo en los últimos años son la economía y el derecho ambiental, que deben ser concebidas como disciplinas autónomas, cuya enseñanza debería reflejarse en la oferta de estudios universitarios (vol. IV, cap. 4).

En ese sentido, debemos ampliar las oportunidades de contratación de personal preparado en instituciones nacionales. Con una masa crítica de profesionales en estos temas se podrá influir cotidianamente en la toma de decisiones basadas en el

mejor conocimiento disponible y en la ejecución de proyectos en las diferentes dependencias gubernamentales, organizaciones civiles, sociales y privadas que ayuden a la conservación, el manejo y la restauración de ecosistemas y, en consecuencia, al mantenimiento de los servicios ambientales.

**47** *La cooperación internacional ha traído beneficios al país que han tenido reciprocidad, ya que México también ha realizado aportes considerables; no obstante, la implementación de los compromisos internacionales adecuados al contexto nacional y regional, con acciones en los ámbitos y escalas pertinentes, sigue enfrentando importantes retos.*

La cooperación internacional ha producido beneficios en el desarrollo del marco normativo, así como en políticas y programas para la conservación y el manejo sustentable de la biodiversidad, además de promover la realización de estudios y evaluaciones científicas que han impulsado el desarrollo de capacidades humanas y de elementos indispensables para la gestión del capital natural, como los mecanismos de participación ciudadana y la rendición de cuentas, entre otros aspectos.

Por ejemplo, en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), el establecimiento de un mecanismo de facilitación nacional está representado en México por la CONABIO, cuyo papel debe ser proporcionar servicios de información eficaces para facilitar la aplicación de las estrategias y planes de acción nacionales en materia de diversidad biológica. Dicha información está organizada en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) que ha brindado desde la creación de la CONABIO servicios de información a todo el público y contribuye a diversas redes de información; por ejemplo, conforma el nodo del Mecanismo Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF), creado a partir de un foro de megaciencia (OCDE 1999). También, su portal, Biodiversidad Mexicana ([www.biodiversidad.gob.mx](http://www.biodiversidad.gob.mx)), da acceso a tal información y fue reconocido en 2016 con el Premio Oro en la reciente Conferencia de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad (CoP 13) del CBD. El portal se ha diseñado para que el público general también pueda conocer aspectos de los diferentes niveles de la diversidad biológica, en distintas escalas, y con enfoques diferentes para promover la conservación, el uso sustentable y el aprecio por la naturaleza. Al respecto destacan las páginas para niños, que son utilizadas en los programas de educación primaria y secundaria del país, y las redes de ciencia ciudadana aVerAves y NaturaLista, así como redes de fotógrafos de la naturaleza, y el acceso a publicaciones impresas, audiovisuales y digitales.

Asimismo, el cumplimiento de los acuerdo alcanzados en la Convención Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) ha llevado al desarrollo de capacidades para poder emitir permisos y certificados de exportación, reexportación, importación, así como introducción de organismos vivos o muertos, o sus partes y derivados, procedentes de zonas marinas fuera de la jurisdicción federal, con base en información científica sólida, por medio del dictamen

que comunica la autoridad científica a las autoridades administrativas y de aplicación de la ley (vol. IV, cap. 7). Esto ha llevado a promover el desarrollo de programas de investigación, como en el caso del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*), cuyos resultados llevaron a la propuesta de México y su posterior aceptación de transferirlo del apéndice I al II, con cuota cero para ejemplares silvestres con fines comerciales. Con ello, es posible aprovechar las capacidades con las que se cuenta para su conservación y aprovechamiento sustentable en numerosas Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de vida libre en las que se reproduce, con herramientas para su monitoreo (Sánchez Herrera *et al.* 2011) y con esquemas que buscan su aprovechamiento sustentable con “trazabilidad”, para determinar su procedencia y su comercio legal (Semarnat 2016b).

A pesar de los avances en diversos ámbitos, aún es necesario incrementar las capacidades institucionales para garantizar el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por México.

**48** *Es imperativo encauzar e incrementar el financiamiento dedicado a la conservación de la biodiversidad y desarrollar alternativas para reorientar la economía, así como promover la transparencia y sistematización de información por parte de quienes reciben fondos y manejan inversiones para el manejo sustentable del capital natural.*

Los recursos financieros son un elemento crítico en los esfuerzos que se realizan en México para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad. En el país se han desarrollado numerosas estrategias de recaudación de apoyos y fondos para el financiamiento de la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, como el pago por servicios ambientales, las deducciones fiscales para empresas privadas por sus aportaciones a causas ambientales y la aportación de fuentes nacionales y extranjeras por medio de diferentes organizaciones relacionadas con el medio ambiente. Asimismo, existen otros mecanismos que pueden ser implementados y cuyo éxito se ha comprobado en otros países, como las llamadas “campañas de membresía para la conservación” o la canalización del financiamiento mediante fondos ambientales o la inversión en fideicomisos destinados al apoyo de la conservación.

No obstante, la sistematización de información sobre uso, temática y destino de recursos financieros dedicados a la conservación ha sido escasa y, por tanto, ha sido difícil evaluar su efecto. Los datos disponibles indican que la principal fuente de financiamiento de las organizaciones dedicadas a la conservación es el sector público, pero se desconoce el impacto que estos recursos tienen sobre las estrategias de conservación y de uso sustentable.

Un análisis reciente en el marco de la iniciativa BioFin (PNUD 2017) muestra la tendencia del gasto ejercido por el gobierno federal mexicano en programas y acciones relacionadas con la biodiversidad, e indica que hubo un crecimiento inicial en el gasto, que se incrementó de 421.3 millones de dólares en 2006 a un máximo de 1 455.4 millones de dólares en 2013, para disminuir en los años siguientes; en 2015 el gasto fue de 1 031 millones de dólares. Como es de esperarse, la Semarnat

es la dependencia que sufraga el mayor gasto (cuadro 9). Este nivel de gasto significó pasar de 0.04% del PIB en 2006, a 0.12% en 2013, y 0.1% en 2015. Sin embargo, aún es necesario evaluar si se han logrado los resultados esperados y si han contribuido a la conservación y recuperación del capital natural o evitar su deterioro. Un primer paso lo representa la sistematización de la información sobre el uso, temática y destino de recursos financieros destinados a ello.

En el caso de la CONABIO, los montos que recibe del gobierno federal por medio de la Semarnat provienen del Ramo 16 (PNUD 2017). La CONABIO tuvo un presupuesto del gobierno federal de 168 millones de pesos en 2015, que a partir de 2016 tuvo una reducción de aproximadamente 22% (CONABIO 2016c).

Aún hace falta contabilizar el gasto estatal relacionado con la biodiversidad, ya que en las entidades puede ser en proporción igual o mayor que el federal. Por ejemplo, la Asamblea Legislativa del Distrito Federal, mediante el Decreto de Presupuesto de Egresos del Distrito Federal para el Ejercicio Presupuestal 2013, autorizó la cantidad de cerca de 103 millones de pesos para la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal. Ese mismo año, la Cámara de Diputados, en el anexo 30 del Decreto de Presupuesto de Egresos, aprobó recursos por la cantidad de aproximadamente 13 millones de pesos para el Programa para la Procuración y Cumplimiento de la Normatividad Ambiental y Urbana en el Distrito Federal en su segunda etapa, los cuales fueron ejercidos vía la Semarnat, en el marco del Programa de Fortalecimiento Ambiental de las Entidades Federativas (*Gaceta Oficial Distrito Federal* 2014).

**Cuadro 9** Gasto anual ejercido en biodiversidad por ramos, 2006-2015 (cifras en millones de pesos corrientes) (PNUD 2017)

Ramo	Dependencia	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
05	SRE	46.4	108.1	116.4	0	103.8	5.1	50.3	47.6	2.2	9.4
06	SHCP			11.8	17.0	176.5	307.6	234.6	238.3	85.9	29.0
07	Sedena	22.2	487.9	101.7	122.8	135.0	118.5	147.6	266.5	285.9	195.5
08	Sagarpa	649.8	717.8	151.6	85.4	2971.4	3512.4	2500.5	3451.4	5248.6	3955.6
09	SCT	0	0	0	56.7	87.0	117.5	56.0	103.6	115.6	948.7
10	Economía	0	0	0	0	0	5.0	0	0	11.7	0
11	SEP	0	0	0	0.3	0.2	0	32.8	0	0	0
13	Semar	17.9	245.8	0	84.9	105.2	80.5	140.4	295.8	224.7	139.2
15	Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	0	0	0	0	226.4	418.1	198.9	73.9	188.4	240.8
16	Semarnat	3723.8	6780.9	8924.8	9477.1	9458.6	11432.7	11590.5	14039.5	12865.6	11381.3
21	Turismo	3.3	3.1	2.6	202.9	15.8	88.0	31.6	0	35.2	25.4
23	Provisiones salariales y económicas	0	0	0	21.0	0.0	35.7	0	26.1	24.8	51.9
38	Conacyt	180.3	197.6	209.1	227.2	237.6	242.6	292.7	418.7	449.6	326.2
40	INEGI	0	0	0	0	0	0	0	0	198.4	330.0
<b>Total<sup>1</sup></b>		<b>4643.63</b>	<b>8541.17</b>	<b>9517.93</b>	<b>10295.4</b>	<b>13517.4</b>	<b>16365.85</b>	<b>15276.94</b>	<b>18961.4</b>	<b>19737.5</b>	<b>18313.3</b>

<sup>1</sup> El total es el registrado en el estudio y no coincide por el redondeo de cifras.

Por otra parte, las organizaciones de la sociedad civil canalizan una parte importante de los recursos dedicados a la conservación; no obstante, la cantidad es modesta si se compara con los recursos de subsidio que promueven la expansión de la ganadería extensiva u otras actividades productivas no sustentables. Por ello, se requiere una reforma fiscal para facilitar que los subsidios se orienten hacia la conservación y buen manejo de la biodiversidad, y contribuir al desarrollo sostenible. Por otra parte, destacan otros esquemas de colaboración pública-privada, como el Fondo para Áreas Naturales Protegidas (FANP), formado hace 20 años entre el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). El FANP ejerce recursos económicos para actividades estratégicas de conservación en campo en algunas ANP. Al principio, con un patrimonio de 16.48 millones de dólares de un solo donante y un flujo anual de 1.16 millones de dólares, el FANP apoyó a 10 ANP. Actualmente, el FANP apoya con un patrimonio de 75 millones de dólares y 14 donantes a 35 ANP de diversas categorías de manejo (reservas de la biosfera, parques nacionales y áreas de protección de flora y fauna). Desde su creación, el FANP ha financiado más de 500 iniciativas, entre ellas proyectos de ecoturismo y actividades de monitoreo de especies. Se han apoyado iniciativas dirigidas a más de 30 especies amenazadas y prioritarias para la conservación de la biodiversidad, como la mariposa monarca, el águila real y la ballena gris. Se estima que el financiamiento del FANP evitó la pérdida de 23% de bosques en la última década (FMCN 2017).

El financiamiento destinado a la conservación debe ser un elemento estratégico para desarrollar alternativas que permitan reorientar la economía. Sin duda, la dimensión de sustentabilidad se debe incorporar en las decisiones macroeconómicas y presupuestales para internalizar los impactos negativos que tienen las actividades productivas sobre los ecosistemas, desde la perspectiva de los servicios ambientales, la recuperación de los recursos naturales y la sustitución de los no renovables, en especial los derivados de combustibles fósiles.

**49** *Las oportunidades de desarrollo requieren innovación científica y tecnológica y estudios transdisciplinarios, sobre todo ante el cambio global y las necesidades de una población humana en incremento y con mayor demanda de recursos.*

México tiene una larga tradición y un importante número de instituciones y personas dedicadas al conocimiento sobre nuestro capital natural. Desde la perspectiva histórica, hay pruebas del profundo conocimiento sobre la diversidad biológica que tuvieron grupos nativos antes del arribo de los europeos a América; no obstante, este conocimiento y la utilidad de las diferentes especies presentes en nuestro territorio fueron incorporados sólo de manera parcial en la nueva sociedad colonial. Por otro lado, el impulso a las exploraciones en el Nuevo Mundo, y el trabajo de notables naturalistas en diversas épocas de los siglos XVI, XVII y XVIII, contribuyeron de manera importante al conocimiento de la diversidad biológica del país. En épocas más recientes, a pesar de las dificultades sociales y eco-

nómicas, se impulsó la creación y el desarrollo de centros de investigación y otras instituciones dedicadas a la ciencia, al tiempo que investigadores mexicanos y extranjeros plantearon nuevos enfoques y promovieron la formación de grupos de investigación.

En los últimos 25 años, a partir de la creación de la CONABIO, se han desarrollado herramientas, capacidades e innovaciones para compilar, integrar, analizar y difundir la información, en distintos formatos útiles para la toma de decisiones, el diseño de políticas públicas, la gestión de la biodiversidad y la difusión del conocimiento sobre nuestra riqueza biológica, por lo que no solo hay que mantener esas capacidades, sino incrementarlas. En esa dirección, el SNIB desarrollado por la CONABIO ha ido creciendo y ampliando sus contenidos para brindar acceso a datos e información sobre diversos componentes de la diversidad de genes, especies y ecosistemas, así como información socioambiental. Esto ha sido posible a lo largo de un cuarto de siglo gracias a la colaboración de numerosas instituciones y varias generaciones de especialistas que se han dedicado a generar conocimiento y promover la conservación de la diversidad biológica del país. En la última década, las redes de ciencia ciudadana han contribuido significativamente con información actualizada (vol. IV, cap. 5). Lo anterior, junto con el surgimiento de nuevos campos de la ecología y el trabajo interdisciplinario, han llevado a contar con capacidades para la evaluación del estado actual de la biodiversidad y aumentar el entendimiento de la problemática de su conservación. No obstante, se requiere todavía incrementar la infraestructura para obtener datos e información sobre diversos aspectos de nuestros recursos naturales y el medio en que se desarrollan (tanto *in situ* como con tecnologías de percepción remota, como imágenes satelitales de alta resolución y sistemas de redes de boyas marinas con conexión satelital), para ponerlos a disposición de diversos usuarios con el fin de aumentar nuestras capacidades de generar conocimiento para la conservación y el manejo sustentable.

**50** *Los retos para lograr un balance entre el desarrollo económico y la conservación del capital natural deben encontrar nuevas rutas para las actividades productivas sustentables y no degradar más nuestro entorno. Los habitantes tenemos que asumirnos como actores decisivos en la toma de decisiones para cambiar las estrategias económicas hacia esquemas rentables y sustentables.*

La conservación de especies y de sus hábitats requiere armonizar diversos instrumentos para la gestión del capital natural y su apropiación por grupos sociales, así como incrementar las capacidades institucionales y humanas de quienes están encargados del manejo de los recursos naturales. En ese sentido, las ANP deben contar con programas y planes de manejo efectivos y de largo plazo, con base en el mejor conocimiento científico disponible, que consideren a las comunidades que habitan en ellas, así como las condiciones particulares de cada área. Dichos planes deben guiar las acciones prioritarias para mantener y recuperar su biodiversidad y los servicios ambientales que brindan, ante factores de amenaza como

la degradación de hábitats y el cambio de uso de suelo, la sobreexplotación de especies, las invasiones biológicas, la contaminación y el cambio climático. Hay avances considerables al respecto, pero aún es necesario promover esquemas de manejo sustentables en zonas aledañas y dotar a las ANP con personal suficiente e incrementar las capacidades financieras para su gestión, que debe incluir mecanismos de seguimiento y evaluación.

Las áreas protegidas de jurisdicción estatal o municipal y las privadas contribuyen de manera importante a incrementar la superficie protegida en las ANP y tienen el potencial de promover un enfoque de sustentabilidad con una amplia participación local; en este sentido destacan las áreas destinadas voluntariamente a la conservación, en muchas ocasiones impulsadas por comunidades rurales e indígenas. Además, en algunas regiones del país forman parte de un paisaje de conservación más amplio donde se han realizado ordenamientos comunitarios y se promueven actividades productivas sustentables, por ejemplo, el ecoturismo basado en la observación de aves y la gastronomía local. Por ello es relevante buscar mecanismos para estimular nuevas áreas de este tipo y asegurar la protección de las ya existentes.

De igual forma, es necesario fomentar la conservación, la restauración y el uso sustentable fuera de las áreas protegidas para mantener la conectividad ecológica, la biodiversidad y sus procesos funcionales. Existen instrumentos promovidos por el sector ambiental e iniciativas sociales que ayudan a compaginar políticas de distintos sectores. Destacan experiencias como el Corredor Biológico Mesoamericano-México, el manejo forestal sustentable, el pago por servicios ambientales y el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, que han contribuido a la conservación *in situ* y al bienestar social en diferente medida y en distintas regiones. No obstante, es imprescindible tener programas permanentes de evaluación de los resultados de la gestión de todos los instrumentos que contribuyen a la conservación.

Para fortalecer las capacidades de propietarios, usufructuarios y encargados del manejo y la conservación de los recursos naturales en los sectores público y privado es imperativo mejorar la comunicación entre la ciencia, la gestión pública y la sociedad, así como incrementar la inversión para generar conocimiento estratégico sobre el capital natural del país, en particular, la generación y actualización de conocimiento encaminado a desarrollar estrategias para minimizar el impacto de las actividades productivas como la pesca y la producción agropecuaria —sustento de una población en constante crecimiento—, que tiene efectos profundos y difíciles de revertir sobre los ecosistemas. Entre las opciones se encuentran el uso diversificado de la biodiversidad, la estimación de tasas de aprovechamiento sustentable, la agroecología, agroforestería y una planeación con visión de paisaje que armonice el área remanente de los ecosistemas conservados con vegetación en diferentes etapas de regeneración y con sistemas de producción diversificados, así como los asentamientos humanos con una adecuada planificación (Sarukhán *et al.* 2015).

Un ejemplo de la importancia de realizar estudios interdisciplinarios sobre la valoración de la biodiversidad es uno recientemente concluido y coordinado por

la CONABIO sobre la valoración de los servicios ecosistémicos y la agrobiodiversidad por medio de sistemas de producción de maíz de pequeña y gran escala, estudio realizado para el TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), que destaca la necesidad de apoyar la valoración y conservación de los recursos genéticos de cultivos agrícolas (Acevedo-Gasman *et al.* 2017). El estudio da cuenta de la necesidad de desarrollar nuevos indicadores que vayan más allá de medir el rendimiento y enfocarse en la sostenibilidad de los sistemas de producción de maíz. Entre sus resultados destaca que aunque el maíz es un cultivo muy importante que comprende numerosos esfuerzos de investigación y desarrollo, todavía se necesitan muchos datos para explicar otros factores que hoy están ausentes en una valoración formal; estos son: bienestar humano, resiliencia, servicios ecosistémicos y evolutivos, eficiencia en el uso de recursos, contenido nutricional por hectárea, impactos en la salud, disposición de calorías, nutrientes locales y producción local total. Es fundamental valorar a los pequeños agricultores que aportan alrededor de 30% de la oferta de grano de maíz en el ámbito nacional. En ese sentido, hay una clara indicación para fomentar nuevos instrumentos jurídicos y financieros por medio del desarrollo de políticas públicas guiadas por los datos generados por nuevos indicadores que midan la sostenibilidad. La preocupación política, la comprensión y la voluntad son necesarias para el tránsito hacia prácticas que son más sostenibles.

Finalmente, es imperativo aprender lecciones sobre decisiones de la gestión pública que han ocasionado graves daños ambientales por no haber considerado los conocimientos generados. Los numerosos casos exitosos basados en el mejor conocimiento se deben multiplicar para brindar opciones de manejo sostenible de los recursos naturales ante los retos del cambio global.

# Referencias

- Acevedo-Gasman, F. *et al.* 2017. *Ecosystems and agro-biodiversity across small and large-scale maize production systems, feeder study to the "TEEB for Agriculture and Food"*. Informe Técnico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Aguirre-Muñoz, A., J.E. Bezaury-Creel, H. de la Cueva, I.J. March-Mifsut, E. Peters-Recagno, S. Rojas-González de Castilla y K. Santos-del Prado Gasca (comps.). 2010. *Islas de México, un recurso estratégico*. Instituto Nacional de Ecología–The Nature Conservancy–Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C.–Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México.
- Arenas, F.V., y B.M.L. Jiménez. 2004. La pesca en el Golfo de México. Hacia mayores biomásas en explotación, en E. Ezcurra, I. Pisanty y M. Caso (eds.), *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, México, pp. 757-771.
- Arreguín-Sánchez, E., y E. Arcos-Huitrón. 2011. La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica* **21** : 431-462.
- Arteaga, M.C., A. Moreno-Letelier, A. Mastretta-Yanes, A. Vázquez-Lobo, A. Breña-Ochoa, *et al.* 2016. Genomic variation in recently collected maize landraces from Mexico. *Genomics Data* **7** : 38-45.
- Ashworth, L., M. Quesada, A. Casas, R. Aguilar y K. Oyama. 2009. Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation* **142** : 1050-1057.
- Atlas Nacional de Riesgos. 2017a. Base de datos de declaraciones de 2000 a 2016. En <[www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html](http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html)> (consultada en julio de 2017).
- Atlas Nacional de Riesgos. 2017b. Búsqueda de Ciclones. En <[www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html](http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html)> (consultado en julio de 2017).
- Blackwell, M. 2011. The Fungi: 1, 2, 3... 5.1 million species? *American Journal of Botany* **98** : 426-438.
- Bollo Manent, M., J.R. Hernández Santana y A.P. Méndez Linares. 2014. The state of the environment in Mexico. *Cent. Eur. J. Geosci.* **6** : 219-228.
- Caballero Deloya, M. 2010. La verdadera cosecha maderable en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* **1** : 5-16.
- Caldu-Primo, J.L., A. Mastretta-Yanes, A. Wegier, y D. Piñero. 2017. Finding a needle in a haystack: Distinguishing Mexican maize landraces using a small number of SNPs. *Frontiers in Genetics* **8** : 441-451.
- CANEI [Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras]. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas–Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Disponible en <[www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia\\_Invasoras\\_Mex.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/Estrategia_Invasoras_Mex.pdf)>.
- CANTIM [Comité Asesor Nacional del Territorio Insular Mexicano]. 2012. *Estrategia Nacional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Territorio Insular Mexicano*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales–Instituto Nacional de Ecología–Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas–Secretaría de Gobernación, Secretaría de Marina-Armada de México–Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C., México y Ensenada.
- CAT-CONABIO. 2017. *Catálogos de autoridades taxonómicas*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

- Biodiversidad, en <[www.biodiversidad.gob.mx/especies/CAT.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/CAT.html)> (consultada en agosto de 2017).
- Cavazos, T., J.A. Salinas, B. Martínez, G. Colorado, P. De Grau, *et al.* 2013. Actualización de escenarios de cambio climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional. Informe Final del proyecto al INECC. Disponible en <<https://www.gob.mx/inecc/documentos/actualizacion-de-escenarios-de-cambio-climatico-para-mexico-como-parte-de-los-productos-de-la-quinta-comunicacion-nacional>>.
- Ceballos, G. (ed.). 2014. *Mammals of Mexico*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Ceiba. 2012. *Fortalecer el desarrollo sustentable: una prioridad nacional*. Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y Ambiente, México.
- CICC [Comisión Intersecretarial de Cambio Climático]. 2009. *Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012*. Poder Ejecutivo Federal, México. Disponible en <[www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/programas/Documents/PECC\\_DOE.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/programas/Documents/PECC_DOE.pdf)>
- CICC. 2014. *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC)*. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, Semarnat, México. Disponible en <[www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/transparencia/programa\\_especial\\_de\\_cambio\\_climatico\\_2014-2018.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/transparencia/programa_especial_de_cambio_climatico_2014-2018.pdf)>.
- CICC-INECC. 2012. *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático–Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Semarnat, México.
- CONABIO. 1996. *Regiones prioritarias de México*. México en <[www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html)> (consultada en marzo de 2009).
- CONABIO. 1998. *La diversidad biológica de México: Estudio de país, 1998*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2006. *Capital natural y bienestar social*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2012. *Proyecto de evaluación de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) (1997-2008). Resultados de la Fase I: gestión y administración*. Proyectos HV003, HV004, HV007, HV012 y HV019. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2015. *Mapa de áreas naturales protegidas estatales, municipales, ejidales y privadas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2016a. *Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en <[www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/ENBIOMEX\\_baja.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/ENBIOMEX_baja.pdf)>.
- CONABIO. 2016b. *Manglares de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. 2016c. *Presupuesto anual de la Conabio*. Reporte interno.
- CONABIO. 2017a. *Sistema de Monitoreo de los Manglares de México*, en <[www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/smmm.html](http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/smmm.html)>.
- CONABIO. 2017b. *Peces Marinos Comerciales*, en <<http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/peces/>>.
- CONABIO y Conanp. 2010. *Vacios y omisiones en conservación de la biodiversidad acuática epicontinental de México: cuerpos de agua, ríos y humedales*. Escala: 1:1000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas, México.
- CONABIO, Conanp, PNUD y GEF. 2014. *Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional sobre especies invasoras*. Documento del proyecto 00089333. Disponible en <[www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/gef/pdf/10-produc-es.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/gef/pdf/10-produc-es.pdf)>.
- Conafor. 2016. *Resumen Ejecutivo. Estrategia de Integración para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad, Sector Forestal (2016-2022)*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Conago. 2012. *Declaratoria de la XLIII Reunión Ordinaria de la Conferencia Nacional de Gobernadores*. Disponible en <[www.conago.org.mx/reuniones/2012-07-13.aspx](http://www.conago.org.mx/reuniones/2012-07-13.aspx)>.
- Conagua. 2011. *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Conagua. 2016. *Estadísticas del Agua en México, edición 2016*. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Conanp. 2017. *Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Mayo 2017*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Conapesca. 2003. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2003*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca, México.
- Conapesca. 2011. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca, México.
- Conapesca. 2013. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2013 de la Comisión Nacional de Pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca, México.
- Conapesca e Inapesca. 2016. *Resumen Ejecutivo. Estrategia de Integración para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad, Sector Pesquero y Acuícola (2016-2022)*.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.
- Conapo. 2002. *Índice de marginación por localidad 2000*. Base de datos, Consejo Nacional de Población. Disponible en <[http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice\\_de\\_marginacion\\_a\\_nivel\\_localidad\\_2000](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_marginacion_a_nivel_localidad_2000)>.
- Conapo. 2012. *Índice de marginación por localidad 2010*. Base de datos, Consejo Nacional de Población. Disponible en <[www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice\\_de\\_Marginacion\\_por\\_Localidad\\_2010](http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010)>.
- Contreras-Balderas, S., y M.L. Lozano-Vilano. 1994. Water, endangered fishes, and development perspectives in arid lands of Mexico. *Conservation Biology* **8** : 379-387.
- Daily, G.C. (ed.). 1997. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, D.C.
- Dasgupta, P. 2009. Discounting climate change. *Journal of Risk and Uncertainty* **37** : 141-169.
- Dávila, P., M.C. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J.L. Villaseñor, A. Casas *et al.* 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation* **11** : 421-442.
- Dressler, R.L. 1953. The pre-Columbian cultivated plants of Mexico. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University* **16** : 115-172.
- Dulvy, N.K., Y. Sadovy y J.D. Reynolds. 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries* **4** : 25-64.
- Ehrlich, P.R. 2008. Key issues for attention from ecological economists. *Environment and Development Economics* **13** : 1-20.
- Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85** : 450-459.
- FAO. 2002. *The state of world fisheries and aquaculture*. Food and Agriculture Organization, Fisheries Department, Roma.
- FAO. 2016a. *Pollinators vital to our food supply under threat, Assessment details options for safeguarding pollinators*, en <[www.fao.org/news/story/es/item/384726/icode/](http://www.fao.org/news/story/es/item/384726/icode/)> (consultado en agosto de 2017).
- FAO. 2016b. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*. Food and Agriculture Organization, Roma.
- FMCN. 2017. FMCN cumple 20 años, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C., en <<https://fmcn.org/2014/01/fmcn-xx-aniversario/>> (consultada en agosto de 2017).
- Gaceta Oficial Distrito Federal. 2014. Órgano de Difusión del Gobierno del Distrito Federal. núm. 1872. 5 de junio de 2014. Disponible en <[www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/w095888.pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/w095888.pdf)> (consultada en septiembre de 2017).
- García, M., J.M. Chávez, E. Fuentes, I. García, E. González y A. Martínez. 1990. La leña como fuente de energía. *Elementos BUAP* **15** : 73-78.
- Gef [Global Environmental Facility]. 2017. *Securing the Future of Global Agriculture in the Face of Climate Change by Conserving the Genetic Diversity of the Traditional Agroecosystems of Mexico*, Project 9380, en <[www.thegef.org/project/securing-future-global-agriculture-face-climate-change-conserving-genetic-diversity](http://www.thegef.org/project/securing-future-global-agriculture-face-climate-change-conserving-genetic-diversity)>. (Consultado en julio 2017).
- Germplasm Resources Information Network. 2006. GRIN, en <[www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/queries.pl](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/queries.pl)> (consultada en marzo de 2006).
- Ghilardi, A., G. Guerrero, y O. Masera. 2007. Spatial analysis of residential fuelwood supply and demand patterns in Mexico using the wisdom approach. *Biomass and Bioenergy* **31** : 475-491.
- González-Jiménez, D., M. Franquesa, I. Bueno, E. Lazos, E. Noellemeyer, T. Mwampamba, M. Maass, y P. Balvanera. 2014. *Guía para el diseño y ejecución de cursos interdisciplinarios. Aprendizajes derivados del curso de sistemas socio-ecológicos para la toma de decisiones*. CIECO e IIS-UNAM-IAI-UNLPAM, México. Disponible en <[www.iai.int/wp-content/uploads/2015/04/guia04-CRN3097.pdf](http://www.iai.int/wp-content/uploads/2015/04/guia04-CRN3097.pdf)>.
- Halffter, G. 1984. Biosphere reserves: The conservation of nature for man, en *Conservation, Science, and Society*, vol. II. UNESCO-UNEP, París, p. 45.
- Halffter, G. 1987. Biogeography of the montane entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology* **32** : 95-114.
- Halffter, G. 1988. El concepto de reserva de la biosfera, en P. Reyes-Castillo (ed.), *El futuro del hombre en la naturaleza: ensayos sobre reservas de la biosfera*. Instituto de Ecología, México, pp. 79-111.
- Halffter, G. 2003. Biogeografía de la entomofauna de montaña de México y América Central, en J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.), *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. UNAM, México, pp. 87-97.
- Hernández Xolocotzi, E. 1985. *Biología agrícola: los conocimientos biológicos y su aplicación a la agricultura*. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología-CECSA, México.
- Hinchliff, C.E., S.A. Smith, J.F. Allman, J.G. Burleigh, R. Chaudhary, *et al.* 2015. Synthesis of phylogeny and taxonomy into a comprehensive tree of life. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112** : 12764-12769.
- INEGI. 1980. *Carta de uso del suelo y vegetación*, Serie I, escala 1 : 1 000 000. INEGI, México.
- INEGI. 1983. *Agenda estadística de los Estados Unidos Mexicanos*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. 2001. *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación*, serie II (continuo nacional), escala 1 : 250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI. 2005. *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso*

- de suelo y vegetación, serie III (continuo nacional), escala 1:250 000. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI. 2009. *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación*, serie IV (continuo nacional), escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes.
- INEGI. 2011. Viviendas particulares habitadas y su distribución porcentual según combustible para cocinar por cada entidad federativa y disponibilidad de cocina, en *Censo de Población y Vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb283&s=est&c=32909>>.
- INEGI. 2013. *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación*, serie V (continuo nacional), escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes.
- INEGI. 2015. *Catálogo del Territorio Insular Mexicano*. Subgrupo del Catálogo de Islas Nacionales del Grupo Técnico para la Delimitación de las Zonas Marítimas Mexicanas. INEGI–Segob–Semar–Semarnat–SRE–SCT–INECC–Conanp–UNAM. Aguascalientes.
- INEGI. 2017a. *Agropecuario. Volumen de producción de fertilizantes, insecticidas y plaguicidas por tipo de producto, 2015 a 2016*. Disponible en <[www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb91&s=est&c=21546](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb91&s=est&c=21546)>.
- INEGI. 2017b. PIB y Cuentas Nacionales de México Económicas y Ecológicas, en <[www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/)> (consultado en julio de 2017).
- INEGI, CONABIO e INE. 2008. *Ecorregiones terrestres de México*, escala 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía–Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Instituto Nacional de Ecología, México.
- IPCC. 2007. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II, en M.L. Parry, O.E. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson (eds.), *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. 2014. Cambio climático 2014. *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. R.K. Pachauri, L.A. Meyer, et al. (eds.), Ginebra, Suiza. Disponible en <[www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)>.
- Jansson, A.M., M. Hammer, C. Folke y R. Constanza. 1994. *Investing in natural capital: The ecological economics approach to sustainability*. Island Press, Washington, D.C.
- Kosoy, N., P.G. Brown, K. Bosselmann, A. Duraipapp, B. Mackey, J. Martinez-Alier, D. Rogers, y R. Thomson. 2012. Pillars for a flourishing Earth: planetary boundaries, economic growth delusion and green economy. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4: 74-79.
- Lira-Noriega, A., V. Aguilar, J. Alarcón, M. Kolb, T. Urquiza-Haas et al. 2015. Conservation planning for freshwater ecosystems in Mexico. *Biological Conservation* 191: 357-366.
- MA [Millennium Ecosystem Assessment]. 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Maes, J., y S. Jacobs. 2015. Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation Letters* 10: 121-124.
- Martínez, M. 1979. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Martínez-Meyer, E., J.E. Sosa-Escalante y F. Álvarez. 2014. El estudio de la biodiversidad en México ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1-9.
- Mastretta-Yanes, A., A. Moreno-Letelier, D. Piñero, T.H. Jorgensen y B.C. Emerson. 2015. Biodiversity in the Mexican highlands and the interaction of geology, geography and climate within the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Biogeography* 42: 1586-1600.
- Mendoza, R., y P. Koleff (coords.). 2014. *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl, A.G. Simpson y B. Worm. 2011. How many species are there on Earth and in the ocean?. *PLoS biology* 9: e1001127.
- Myers, R.A., y B. Worm. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423: 280-283.
- OCDE [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos]. 1999. OECD Megascience Forum Working Group On Biological Informatics. Disponible en <[www.oecd.org/science/sci-tech/2105199.pdf](http://www.oecd.org/science/sci-tech/2105199.pdf)>.
- OCDE [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos]. 2012. *Getting it right. Una agenda estratégica para las reformas en México*. OECD Publishing.
- ONU. 2016. *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2016*. Naciones Unidas, Nueva York. Disponible en <[https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/The%20Sustainable%20Development%20Goals%20Report%202016\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/The%20Sustainable%20Development%20Goals%20Report%202016_Spanish.pdf)>.
- Pikitch, E.K., C. Santora, E.A. Babcock, A. Bakun, R. Bonfil et al. 2004. Ecosystem-based fishery management. *Science* 305: 346-347.
- PNUD. 2017. *Análisis de Gasto Público Federal a favor de la Biodiversidad en México*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, México. Disponible en <[www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment\\_and\\_energy/biofin-mexico.html](http://www.mx.undp.org/content/mexico/es/home/operations/projects/environment_and_energy/biofin-mexico.html)>.

- Profepa 2007-2016. Informes de actividades. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Profepa. 2016. *Recursos Naturales, 25 aniversario la Ley al servicio de la naturaleza*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Prugh, T., R. Costanza, J.H. Cumberland, H.E. Daly, R. Goodland *et al.* 1999. *Natural capital and human economic survival*. Ecological Economics Series, CRC Press, Boca Ratón.
- RAN. 2016. Perimetrales de los núcleos agrarios certificados. Disponibles en <<http://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php>>.
- Reynolds, J.D., N.K. Dulvy y C.M. Roberts. 2002. Exploitation and other threats to fish conservation, en P. Hart y J.D. Reynolds (eds.), *Handbook of fish biology and fisheries*, vol. 2, *Fisheries*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 319-341.
- Romero Navarro, J.A., M. Wilcox, J. Burgueño, C. Romay, K. Swarts *et al.* 2017. A study of allelic diversity underlying flowering-time adaptation in maize landraces. *Nature Genetics* **49**: 476-480.
- Sagarpa. 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*, 2 de diciembre de 2010.
- Sagarpa. 2012. Acuerdo por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*, 24 de agosto de 2012.
- Sagarpa. 2016. *Resumen Ejecutivo. Estrategia de Integración para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad, Sector Agrícola (2016-2022)*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.
- SAGDR. 1994. *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1994*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, México.
- Sala, E., O. Aburto-Oropeza, M. Reza, G. Paredes y L.G. López-Lemus. 2004. Fishing down coastal food webs in the Gulf of California. *Fisheries* **29**: 19-25.
- Sánchez-Cordero, V., F. Botello, J.J. Flores-Martínez, R.A. Gómez-Rodríguez, L. Guevara, *et al.* 2014. Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 496-504.
- Sánchez Herrera, O., G. López Segurajáuregui, A. García Naranjo Ortiz de la Huerta y H. Benítez Díaz (comps.). 2011. *Programa de monitoreo del Cocodrilo de Pantano (Crocodylus moreletii)*. México-Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat, México.
- SARH. 1993. *Compendio Estadístico de la Producción Forestal 1993*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.
- Sarukhán, J., J. Carabias, P. Koleff y T. Urquiza-Haas. 2012. *Capital natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*. CONABIO, México.
- Sarukhán, J., T. Urquiza-Haas, P. Koleff, J. Carabias, R. Dirzo, *et al.* 2015. Strategic actions to value, conserve, and restore the natural capital of megadiversity countries: The case of Mexico. *BioScience* **65**: 164-173.
- SBF [Secretaría de Biodiversidade e Florestas]. 2016. *Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade*. Ministério do Meio Ambiente, Brasil.
- Sectur. 2016. *Resumen Ejecutivo. Estrategia de Integración para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad, Sector Turístico (2016-2022)*. Secretaría de Turismo, México.
- Sedesol. 2012. *Programa Sectorial de Desarrollo Social 2013-2018*. Gobierno de la República, México. Disponible en <[sedesol.gob.mx](http://sedesol.gob.mx)>.
- Semarnap. 1995-1998. *Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal 1995-1998*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Semarnat. 1999-2015. Anuarios Estadísticos de la Producción Forestal 1999-2015. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Semarnat. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental–Especies nativas de México de flora y fauna silvestre–Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010, México.
- Semarnat. 2012a. *Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40*, Semarnat, México. Disponible en <[www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012\\_est\\_nal\\_cc.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_est_nal_cc.pdf)>.
- Semarnat. 2012b. Ley General de Cambio Climático. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de junio de 2012.
- Semarnat. 2014. Acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación. *Diario Oficial de la Federación*, 5 de marzo de 2014.
- Semarnat. 2016a. Acuerdo por el que se determina la lista de las especies exóticas invasoras para México. *Diario Oficial de la Federación*, 7 de diciembre de 2016.
- Semarnat. 2016b. Aprovechamiento sustentable del cocodrilo de pantano, en <<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/aprovechamiento-sustentable-de-cocodrilo-de-pantano>> (consultada en julio de 2017).
- Semarnat. 2016c. *Estrategia Federal de Ordenamiento Ecológico 2013-2018*. Disponible en <<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/ordenamiento-ecologico>> (consultado en julio de 2017).
- Semarnat y Conafor. 2014. *Programa Nacional Forestal 2014-2018*, en *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. Gobierno de la República, México.
- Semarnat, Conafor, GEF y PNUD. 2016. ¿Sabías que en México se produce madera certificada? Proyecto

- Biodiversidad en Bosques de Producción y mercados Certificados. Semarnat–Conafor–GEF–PNUD. Disponible en <[www.gob.mx/conafor/documentos/biodiversidad-en-bosques-de-produccion-y-mercados-certificados-27692](http://www.gob.mx/conafor/documentos/biodiversidad-en-bosques-de-produccion-y-mercados-certificados-27692)>.
- Sener. 2016. *Balance Nacional de Energía 2015*. Dirección General de Planeación e Información Energéticas, Subsecretaría de Planeación y Transición Energética. México.
- Siacon. 2017. Sistema de información agropecuaria de consulta, en <[www.siap.sagarpa.gob/sistemas/sicaon/](http://www.siap.sagarpa.gob/sistemas/sicaon/)> (consultado en junio 2017).
- SIAP-Sagarapa. 2016. *Atlas Agroalimentario 2016*. Servicio de información Agroalimenntaria y Pesquería, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, México.
- SIEI-CONABIO. 2017. Sistema de información de especies invasoras-Sistema nacional de información sobre biodiversidad (SNIB), en <[www.biodiversidad.com.mx/especies/invasoras/especies.html](http://www.biodiversidad.com.mx/especies/invasoras/especies.html)> (consultada en julio de 2017).
- SIOVM-CONABIO. 2017. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Tobón, W., T. Urquiza-Haas, P. Koleff, M. Schröter, R. Ortega-Álvarez, J. Campo, R. Lindig Cisneros, J. Sarukhán y Bonn, A. 2017. Restoration planning to guide Aichi targets in a megadiverse country. *Conservation Biology*. **31**: 1086-1097.
- UICN. 2013. Alliance for Zero Extinction (AZE), en <[www.zeroextinction.org](http://www.zeroextinction.org)> (consultada en agosto de 2017).
- UNEP [PNUMA]. 2002. *Capacity building for sustainable development: An overview of UNEP environmental capacity development initiatives*. United Nations Environment Programme, Nueva York.
- UNU-IHDP y UNEP [UNU-PIDH y PNUMA]. 2012. *Inclusive Wealth Report 2012. Measuring Progress Toward Sustainability*. Cambridge University Press, Cambridge. Disponible en <[www.ihdp.unu.edu/article/iwr](http://www.ihdp.unu.edu/article/iwr)>.
- Urquiza-Haas, T., W. Tobón, M. Kolb, M.L. Cuevas y P. Koleff 2012. Anexo 2. Zonas de Atención Prioritaria, en CONABIO. 2012. *Desarrollo Territorial Sustentable: Programa especial de gestión en zonas de alta biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 35-39.
- Villaseñor, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902.
- Wegier, A., A. Piñeyro-Nelson, J. Alarcón, A. Gálvez-Mariscal, E.R. Álvarez-Buylla y D. Piñero. 2011. Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its centre of origin. *Molecular Ecology* **20**: 4182-4194.



**CONABIO**  
COMISIÓN NACIONAL PARA EL  
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

ISBN 978-607-8570-02-7  
  
9 786078 570027