4 Biodiversidad

El cambio climático global y la pérdida de la biodiversidad son dos de los problemas ambientales más importantes que enfrenta la humanidad hoy día. La expansión e intensificación de las actividades humanas desde mediados del siglo pasado han cambiado radicalmente el funcionamiento en muchos ecosistemas en diversas regiones del mundo e, incluso, han alterado los patrones de biodiversidad a nivel local y regional. En algunos casos, estos cambios han provocado la extinción de muchas especies. Estimaciones sugieren que la tasa actual de extinción de especies a nivel mundial podría ser entre 10 y 1 000 veces mayor a la registrada con anterioridad a la presencia humana (Pimm *et al*., 1995).

No obstante, los grandes esfuerzos que se han hecho en las últimas dos décadas a nivel internacional para conservar y utilizar sustentablemente la biodiversidad, han sido insuficientes para avanzar hacia el cumplimiento de las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica (SCBD, 2014). De no haber cambios importantes, los pronósticos basados en la proyección de las tendencias actuales de los factores de presión más importantes, sugieren que la pérdida de la riqueza biológica global podría continuar cuando menos hasta el año 2020 (SCDB, 2010).

Los efectos de la pérdida de la biodiversidad no se restringen al aspecto ambiental. Es ampliamente reconocido que el bienestar social y el desarrollo económico de las naciones, y en particular el de los países en desarrollo y el de las comunidades más vulnerables, están fincados en la continuidad de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas y su biodiversidad (MEA, 2005).

Para muchos países, incluido México, la pérdida de biodiversidad cobra mayor relevancia debido a que es considerado como uno de los centros de diversidad biológica más importantes del planeta, de hecho, forma parte del grupo de los 15 países megadiversos que concentran en conjunto entre el 60 y 70% de la biodiversidad global (Mittermeier *et al*., 1997; UNEP 2010). En el caso mexicano, también debe mencionarse su riqueza biocultural, que permitió el desarrollo de uno de los centros de domesticación de especies de plantas más importantes del mundo.

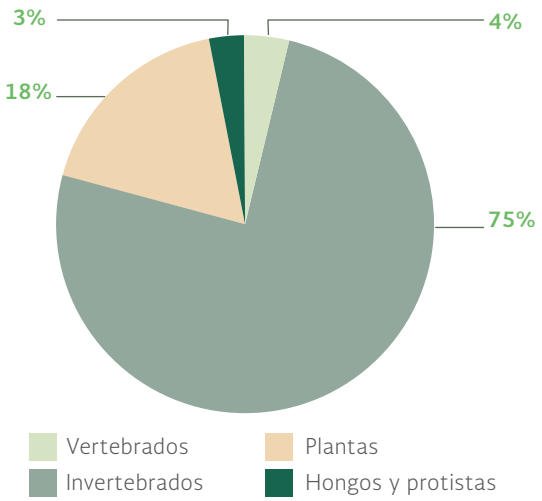
MÉXICO Y SU DIVERSIDAD BIOLÓGICA

La notable diversidad biológica de México se explica por la influencia e interacción de diversos factores, entre los que destacan su historia geológica y su posición geográfica. En cuanto al primer aspecto, el territorio nacional se caracteriza por una variada topografía, con amplias serranías, cadenas volcánicas y mesetas. Sobresalen la Sierra Madre Occidental, que se extiende paralela a la costa del Pacífico, la Sierra Madre Oriental, que corre hacia el sur paralela al Golfo de México hasta el Escudo Mixteco, y el Eje Neovolcánico Transversal, en el que sobresalen los picos volcánicos de mayor altura en el país.

La ubicación geográfica de México y su topografía explican, en parte, su variedad de climas, los cuales van desde los cálidos húmedos hasta los fríos alpinos, pasando por los subhúmedos, los templados y los secos de las zonas áridas. Además, su ubicación lo coloca en una zona de transición entre dos regiones biogeográficas: la Neártica (dominada por asociaciones y especies de clima templado-frío emparentadas con las del Viejo Mundo), que abarca el centro y norte de México, las zonas templadas y frías de las sierras Madre Oriental y Occidental, y las sierras volcánicas del centro del país; y la región Neotropical (con especies de afinidad Afrotropical), que comprende las tierras bajas cálido-húmedas o subhúmedas, así como algunas zonas altas de las sierras de Chiapas y de la Sierra Madre del Sur (Sánchez *et al*., 2007).

Todos estos factores han generado en México las condiciones necesarias para permitir la presencia de la mayoría de los ecosistemas reconocidos en el planeta (Rzedowski, 1978 y 2006). Las comunidades vegetales que pueden encontrase en nuestro territorio van desde las selvas húmedas, subhúmedas y secas, pasando por los bosques templados y mesófilos de montaña, hasta los matorrales xerófilos, pastizales, manglares y otros tipos de humedales. Esta diversidad lo coloca, junto con Brasil y Colombia a nivel latinoamericano, como uno de los países con mayor variedad de ecosistemas terrestres y acuáticos en su territorio (Dinerstein *et al*., 1995). Para más información sobre la vegetación nacional y su dinámica en el país, se sugiere consultar el capítulo sobre Ecosistemas terrestres.

Figura 4.1 *Porcentaje estimado de especies descritas en el mundo, según la IUCN*[1]

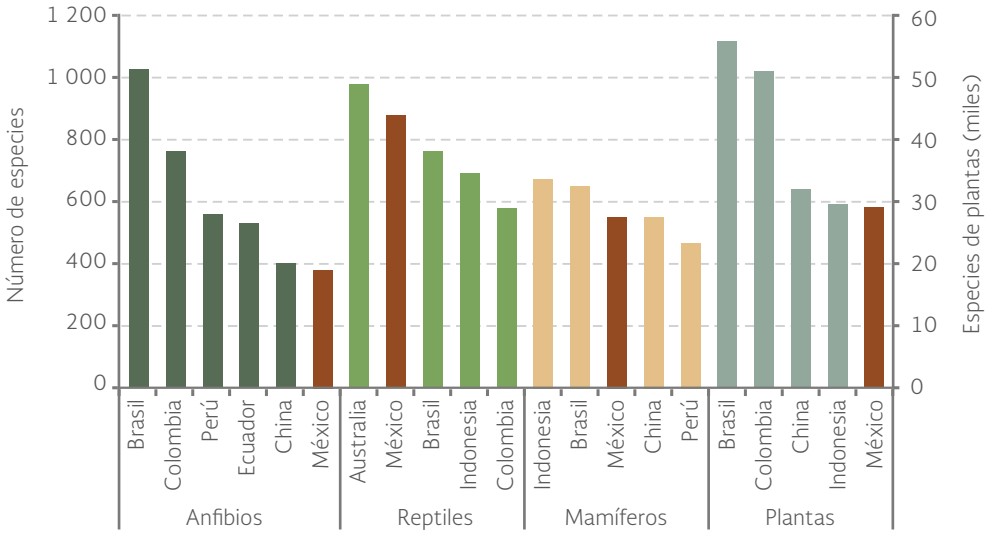


Nota:
[1] Total de especies: 1.73 millones.

Fuente:
IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4.* The IUCN Species Survival Commission. 2015. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics.

México se ubica como el décimo segundo país con mayor extensión de litorales y de superficie marina del mundo (Lara-Lara *et al*., 2008). El estar flanqueado por el Océano Pacífico, el Golfo de California, el Golfo de México y el Caribe, además de contar con un gran número de islas e islotes, lo hace también poseedor de una excepcional riqueza de ecosistemas costeros y marinos, entre los que pueden encontrarse

Figura 4.2 | *Riqueza de especies de los países megadiversos para distintos grupos taxonómicos*



Fuentes:
Para México: Coordinación de información y Servicios Externos. Conabio. México. 2015.
Para el resto de los países:
Plantas: World Resources Institute. USA. 2004.
Anfibios: Amphibiaweb. 2016. Disponible en: http://amphibiaweb.org/index.html.
Reptiles: The reptile database 2015. Disponible en: www.reptile-database.org.
Sociedade Brasileira de Herpetologia. 2015. Disponible en: www.sbherpetologia.org.br/index.php/repteis.
Mamíferos: IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4.* The IUCN Species Survival Commission. 2015. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics.

manglares, vegetación de dunas arenosas, arrecifes, praderas de pastos marinos, comunidades de algas, además de una variedad de topoformas como montes y cañones submarinos, ventilas hidrotermales y abismos oceánicos, entre otros (Conabio, 2014).

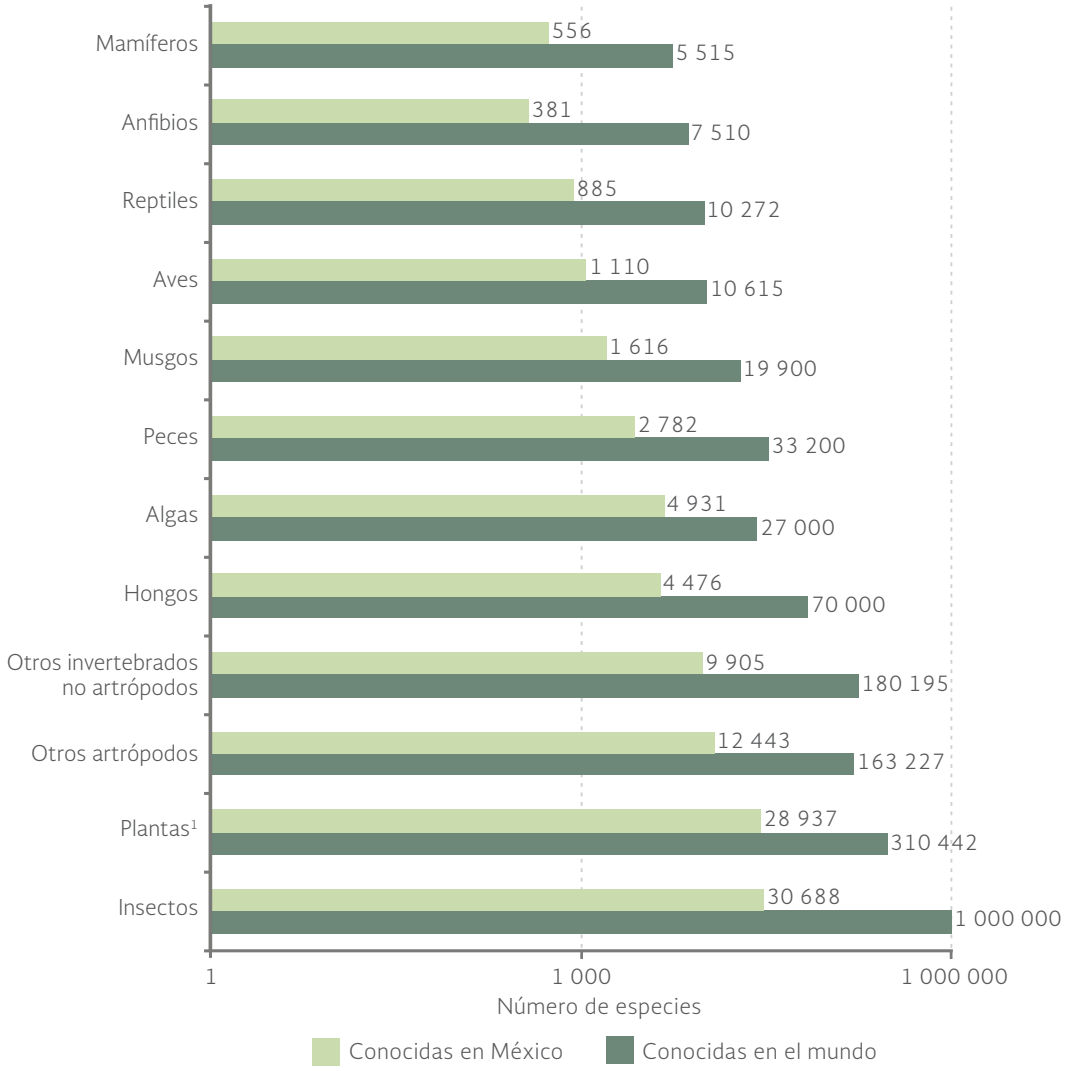
En cuanto a la diversidad de especies, de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), en el mundo se han descrito poco más de 1.73 millones, principalmente invertebrados (Figura 4.1). Sin embargo, esta cifra podría resultar pequeña en virtud de que el conocimiento de la biodiversidad global es aún incompleto. Los cálculos más conservadores estiman que en el planeta podrían habitar más de 100 millones de especies (Mora *et al*., 2011).

Para México, de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio, 2015a), en 2014 se tenían registradas 27 322 especies de plantas vasculares, 4 476 especies de hongos, 5 714 especies de vertebrados y 48 198 especies de invertebrados. Esta diversidad coloca al país entre los primeros lugares del mundo en riqueza para algunos grupos taxonómicos (Figura 4.2).

Se ha calculado que esta riqueza equivale a cerca del 10% de la biodiversidad global (Martínez-Meyer *et al*., 2014; Figura 4.3). Sin embargo aún existen muchas áreas en el territorio que no se han estudiado con detalle, como por ejemplo, algunas zonas tropicales o muchos ecosistemas marinos, particularmente los de mar profundo. Además, ciertos grupos, como los invertebrados, hongos y criptógamas tampoco se han colectado ni estudiado suficientemente (Smith-Ramírez,

2005), por no mencionar el caso de los microorganismos. Aún dentro de los grupos relativamente bien conocidos, como los moluscos y crustáceos, también hay órdenes y familias que no se conocen con profundidad (Martínez-Meyer *et al*., 2014). Por esta razón se calcula que la cifra de especies descritas para el país podría representar entre el 30 y 50% de la biodiversidad que realmente lo habita (Martínez-Meyer *et al*., 2014).

Figura 4.3 | *Diversidad de especies de hongos, de plantas y de animales en el mundo y en México*

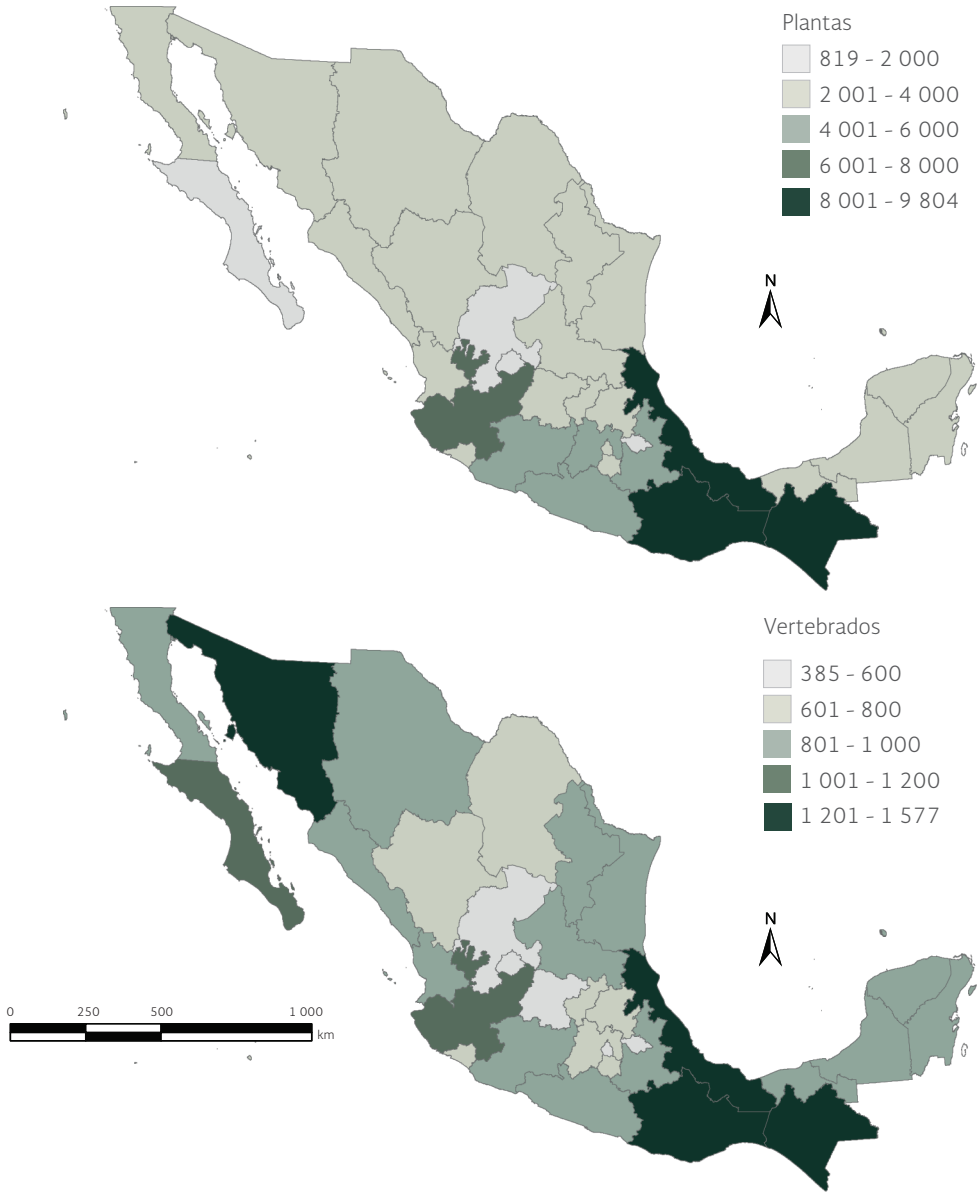


Nota:
[1] Se considera: angiospermas, gimnospermas, pteridofitas y briofitas.

Fuentes:
Coordinación de información y Servicios Externos. Conabio 2015.
Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. *En*: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Conabio. México. 2008.
Fishbase ver. (10/2015). Disponible en: www.fishbase.org/search.php.
IOC World Bird List 2016. Disponible en: www.worldbirdnames.org/.
The reptile database 2015. Disponible en: www.reptile-database.org/.
IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4.* The IUCN Species Survival Commission. 2015. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics.
AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2016. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Disponible en: www.amphibiaweb.org/.

Respecto a la riqueza de plantas vasculares descritas en el país, dominan las angiospermas con 25 992 especies, principalmente de las familias de las compuestas (Asteraceae, 3 529 especies), leguminosas (Fabaceae, 2 204 especies) y de las cactáceas (Cactaceae; 720 especies; Cuadro D3_BIODIV02_11). La mayor riqueza de plantas vasculares se encuentra en los estados del sur, donde se localizan algunos de los ecosistemas con mayor biodiversidad del país, como las selvas altas perennifolias o los bosques mesófilos de montaña, que se entremezclan en complejos relieves topográficos; resaltan los estados de Oaxaca, que posee el 39% de las especies nacionales, (con 9 804 especies), Veracruz (34%, 8 617 especies) y Chiapas (33%, 8 334 especies; Figura 4.4; Tabla 4.1).

Figura 4.4 | *Riqueza de vertebrados y plantas vasculares por entidad federativa*



Fuente:
Conabio (comp.). Catálogos de autoridades taxonómicas de las especies de México. Bases de datos SNIB-Conabio. México. 2014.

Tabla 4.1 | *Riqueza de especies de vertebrados registradas por entidad federativa, 2014*

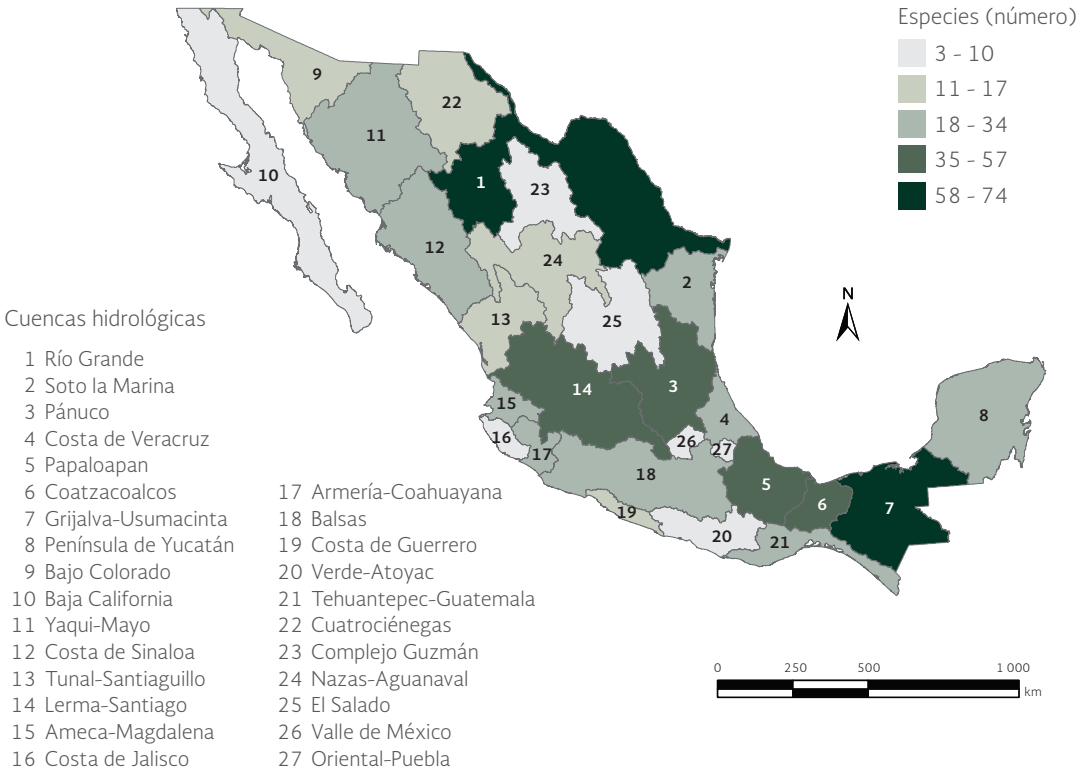
Entidad federativa	*Peces*	*Anfibios*	*Reptiles*	*Aves*	*Mamíferos*
Aguascalientes	7	15	53	263	46
Baja California	79	17	96	459	124
Baja California Sur	306	4	84	415	100
Campeche	113	20	92	452	131
Coahuila	40	21	101	365	112
Colima	20	24	79	472	121
Chiapas	137	101	219	697	214
Chihuahua	56	34	137	437	149
Distrito Federal	9	15	34	316	83
Durango	43	27	97	437	152
Guanajuato	21	12	40	330	68
Guerrero	45	68	161	529	142
Hidalgo	17	32	82	506	119
Jalisco	155	42	128	549	204
México	13	32	65	407	126
Michoacán	52	43	138	510	164
Morelos	20	37	76	367	109
Nayarit	34	28	78	534	137
Nuevo León	43	23	93	523	128
Oaxaca	114	139	257	752	211
Puebla	15	66	128	607	145
Querétaro	14	23	71	443	107
Quintana Roo	74	20	101	473	112
San Luis Potosí	27	34	104	524	155
Sinaloa	100	37	114	487	117
Sonora	242	37	154	533	161
Tabasco	98	24	85	500	113
Tamaulipas	56	40	111	545	152
Tlaxcala	3	18	32	310	54
Veracruz	122	96	195	697	203
Yucatán	115	16	89	366	118
Zacatecas	15	14	64	362	122

Fuente:
Coordinación de información y Servicios Externos. Conabio. México. 2015.

En cuanto a los vertebrados, las 5 714 especies registradas en México equivalen a cerca del 9% del total descrito a nivel mundial (Figura 4.3). En el caso de las aves, en el país se registran poco más del 10% de las especies conocidas globalmente (1 100 especies), concentrándose el mayor número en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas (Conabio, 2015a). Los mamíferos mexicanos (556 especies) también suman alrededor del 10% de las especies conocidas globales, con el mayor número también al sur del país (en Chiapas, 214 especies; Oaxaca, 211; y Veracruz, 203) y en el occidente del país (en Jalisco, con 204 especies).

La riqueza de reptiles, que suma 885 especies, convierte a México en el segundo país más rico a nivel mundial después de Australia. Los estados del sureste como Oaxaca, Chiapas y Veracruz son los más diversos en este grupo, con 257, 219 y 195 especies, respectivamente. Finalmente, en el caso de los peces, comprenden alrededor del 8.4% de las especies registradas a nivel mundial. Predominan las especies de ambientes exclusivamente marinos (57% de las 2 782 especies registradas), seguidos por las especies estuarinas (31%) y las exclusivamente dulceacuícolas (13%). Particularmente ricos en especies marinas, estuarinas y vicarias son los estados que bordean al mar de Cortés: Baja California Sur y Sonora, con 304 y 225 especies, respectivamente. En el caso de los peces continentales, son particularmente ricas en especies las cuencas de los ríos Bravo (74 especies), Grijalva-Usumacinta (72 especies), Lerma-Santiago (57 especies) y río Pánuco (52 especies; Mapa 4.1).

Mapa 4.1 | *Riqueza de especies de peces en cuencas de México*

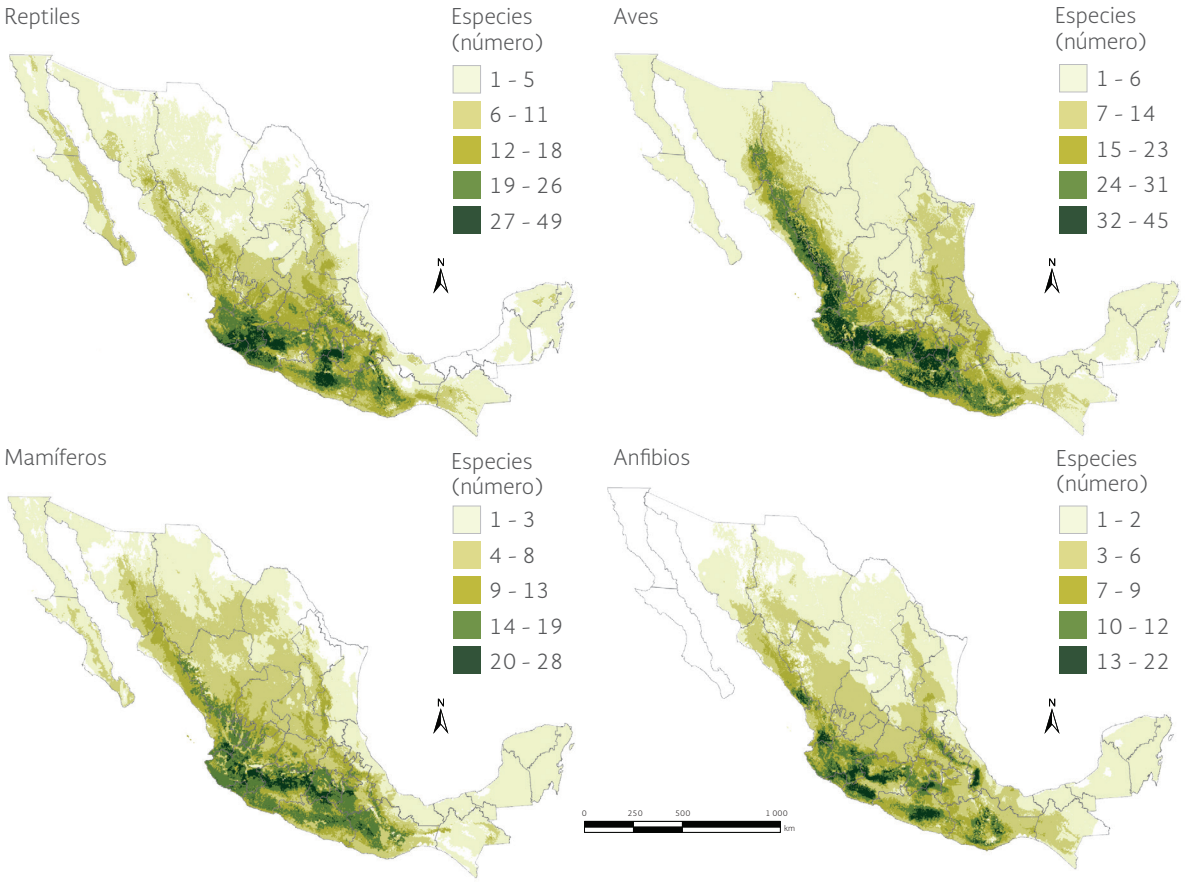


Fuente:
Miller, R.R. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30: 121-153. 1986.

Los invertebrados (entre los que destacan los insectos por su diversidad), aunque menos conspicuos que la mayoría de las especies de vertebrados, tienen importancia fundamental para mantener la estructura y función de los ecosistemas, por ejemplo, a través de su participación en el reciclado de materia orgánica, la movilización de nutrientes del suelo, la polinización y el control de plagas, entre otros. De acuerdo con la Conabio (2015a), en nuestro país existen poco más de 30 mil especies de insectos; sin embargo, de acuerdo con Zhang (2011) México podría albergar hasta el 10% del total de la biodiversidad de insectos a nivel mundial, lo que representaría cerca de 100 mil especies.

Además de la riqueza de especies, el endemismo, que se refiere a las especies que habitan exclusivamente una región geográfica, también es una característica importante de la biodiversidad nacional. En nuestro país, la mayor parte de las zonas de alto endemismo se concentran en las zonas montañosas y los desiertos (Medina-Macías *et al*., 2010; Figura 4.5). Dentro de los grupos de plantas vasculares con un alto número de especies exclusivas al país están los encinos (género *Quercus*) con alrededor de 107 especies endémicas (casi 67% del total de especies mexicanas y alrededor del 21% de las especies a nivel mundial), los pinos (género *Pinus*) con 40 especies endémicas (85% del total de especies reportadas en nuestro país), las cícadas con 41 especies

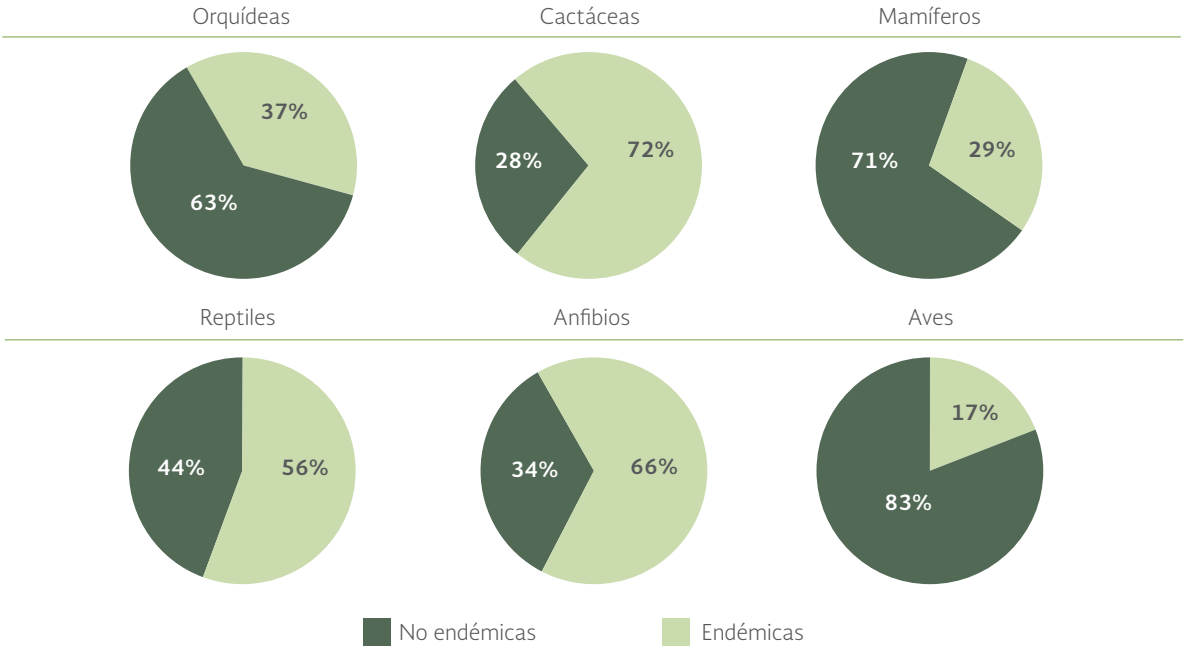
Figura 4.5 | *Patrones de endemismo[1] en México para los principales grupos de vertebrados*



Nota:
[1] Modelados a escala de alta resolución de 1 km^2.

Fuente:
Koleff, P., J. Soberón *et al.* Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. *En:* Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio. México. 2008.

Figura 4.6 | *Endemismo en distintos grupos taxonómicos en México, 2015*



Fuente:
Coordinación de información y servicios externos. Conabio. México. 2015.

endémicas (79% del total) y las orquídeas (585 especies, 37%; Figura 4.6; Conabio 2015a). México es también el centro más importante de diversificación de las cactáceas a nivel mundial: aquí se registran 720 especies de las cuales el 72% son endémicas (518 especies; Jiménez, 2011; Cuadro D3_BIODIV02_13b).

En cuanto a la fauna, los grupos de mayor endemismo en el país son los anfibios y los reptiles. En el caso de los anfibios, de las 381 especies registradas, 252 son endémicas, es decir, el 66% (Parra-Olea *et al*., 2014); de las 885 especies de reptiles, 493 son endémicas (56%; Figura 4.6). Con menores niveles de endemismo están los mamíferos (29% del total, 162 de las 556 especies) y las aves (17%, 194 de las 1 110 especies; Navarro-Sigüenza *et al*., 2014; Cuadro D3_BIODIV02_14b).

El territorio que ahora ocupa México ha estado habitado por grupos humanos por lo menos desde hace 12 o 13 mil años (Del Olmo *et al*., 2011). La prolongada interacción de muchos de ellos con la biodiversidad local provocó la domesticación y semidomesticación de muchos grupos de plantas y de algunos animales. Por ello, también es reconocido como uno de los ocho principales centros vavilovianos[1] de origen, domesticación y diversidad genética de más de 130 especies de plantas cultivables en el mundo (Acevedo *et al*., 2009). Destacan por su importancia el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* spp.), chile (*Capsicum annuum*), calabaza (*Cucurbita* spp.), cacao (*Theobroma* cacao), jitomate (*Solanum lycopersicum*), tomate (*Physalis ixocarpa*), camote (*Ipomoea batatas*), yuca (*Manihot esculenta*), jícama (*Pachyrhizus erosus*), amaranto (*Amaranthus leucocarpus*),

[1] Nicolai Vavilov fue un genetista y botánico ruso que propuso ocho centros de origen de las plantas cultivadas: 1) China, 2) India y la región Indo-Malaya, 3) Asia central, 4) Cercano Oriente, 5) Mediterráneo, 6) Etiopía, 7) Mesoamérica y 8) Sudamérica.

Tabla 4.2 | *Especies mexicanas con estudios sobre diversidad genética*

	Especies
Microorganismos	
Bacterias fijadoras de nitrógeno	1
Rizobios	8
Bacterias patógenas	1
Protozoarios	1
Hongos	
Hongos	2
Plantas	
Pináceas	26
Encinos	9
Epífitas	5
Burseras	2
Cactáceas	15
Agaves	20
Cícadas	7
Chía	1
Frijoles	2
Maíz	1
Chiles	3
Calabacitas	3
Jocote	1
Aguacate	1
Algodón	1
Animales	
Platelmintos	1
Insectos	27
Camarones	3
Tortugas marinas	9
Peces marinos	16
Mamíferos	
Pinnípedos	9
Manatíes	1
Cetáceos	4
Roedores	13
Murciélagos	9
Aves	5

Fuente:
Piñero, E., *et al.* La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. *En*: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio. México. 2008.

huauzontle (*Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*), cacahuate (*Arachis hypogaea*), papaya (*Carica papaya*), guayaba (*Psidium guajava*), algodón (*Gossypium hirsutum*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Hernández-Xolocotzi 1998; Cuadro D3_BIODIV05_03). Además, México ha sido centro de diversificación secundaria de otros cultivos importantes como la papa y el girasol (*Helianthus annuus*), así como de especies maderables de uso forestal de los géneros *Pinus* (Styles, 1993) y *Quercus* (Nixon, 1993).

En el caso del maíz, en América Latina se han descrito cerca de 220 razas, de las cuales, 64 (29%) se han identificado y descrito para México (Conabio, 2012). Todas las especies de chile son originarias del continente americano, cinco de las cuales han dado lugar a más de 40 variedades en el país (Montes-Hernández, 2010; Conabio, 2015b). Respecto al frijol, existen más de 70 variedades y aproximadamente 150 especies en el mundo, de las cuales 50 se encuentran en nuestro país (Conabio, 2013).

En contraste con la gran cantidad de especies vegetales domesticadas en México, existen solo dos especies animales propiamente domesticadas: un ave, el guajolote (*Meleagris gallopavo*) y un mamífero (el perro xoloitzcuintle; Perales y Aguirre, 2008), así como nueve especies de insectos semidomesticadas[2] (hormigas, chapulines y gusanos de maguey, entre otras; Conabio, 2015a).

Aun cuando el conocimiento de la diversidad de especies de México es aún incompleto, es mucho mayor que el que se posee respecto a la diversidad genética de sus especies y poblaciones. Hasta finales de la década pasada, en el país se habían estudiado desde el punto de vista de su riqueza genética alrededor de 200 especies, entre microorganismos, coníferas, encinos, epífitas, cícadas, parasitoides, áfidos, aves y mamíferos marinos (Tabla 4.2). Si este número se compara con la riqueza de especies que se lista para el país

[2] Estas especies son recolectadas para alimento; no obstante, por el hecho de tener una relación estrecha con el hombre, se habla de una domesticación incipiente o semidomesticación.

actualmente, resulta sorprendentemente bajo. No obstante, a pesar del esfuerzo que aún debe realizarse en esta área, los estudios realizados permiten suponer que la riqueza de muchas de las especies silvestres también podría ser significativa (Piñero *et al*., 2008).

AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD

La riqueza biológica de las comunidades y ecosistemas es, al fin y al cabo, el resultado de la compleja interacción de procesos geológicos, climáticos, ecológicos y evolutivos. Los cambios ambientales que sufren los ecosistemas por estos factores han conducido a la continua diversificación de los grupos biológicos y, en contados periodos de la historia del planeta, a la repentina extinción de muchas de sus especies.

Desde su aparición, la humanidad se ha convertido en una fuente constante de presión sobre los ecosistemas y su biodiversidad. Para conseguir sus bienes de subsistencia, desde milenios atrás los grupos humanos han empleado la caza, la pesca, la recolección de frutos y más tardíamente la modificación del hábitat para el desarrollo de la agricultura. La colonización y presencia humana llevó a la extinción de numerosas especies (como en el caso de algunos de los grandes herbívoros como el mamut, el milodón y el megaterio; Barnosky y Lindsey, 2010; Sandom *et al*., 2014; Wojtal y Wilczynski, 2015) y a cambios sustanciales en el funcionamiento de sus ecosistemas, en ambientes particularmente sensibles como las islas. Sin embargo, durante muchos siglos estos cambios y sus afectaciones fueron, hasta cierto grado, locales. Ha sido a partir de los siglos XIX y XX — y sobre todo desde la década de los años cincuenta de este último — que los seres humanos se convirtieron en el factor de cambio más importante para los ecosistemas terrestres y acuáticos del planeta (MEA, 2005). Los efectos del cambio de la humanidad en el paisaje (con sus consecuentes impactos en el clima y en la pérdida de la diversidad biológica que vivimos actualmente) han sido de tal magnitud que muchos científicos han propuesto desde inicios del presente siglo, y con mayor impulso en años recientes, nombrar a la época actual como el Antropoceno (ver Crutzen, 2002).

Una de las diferencias fundamentales de los efectos derivados, tanto de los cambios que suceden de manera natural como de las actividades humanas, radica en la tasa y complejidad a la cual ocurren (Challenger *et al*., 2009). En el caso particular de la biodiversidad, la velocidad a la que los científicos han calculado que el planeta está perdiendo sus especies rebasa ampliamente (entre 10 y 1 000 veces; Pimm *et al*., 1995) las tasas de extinción observadas en el registro geológico en épocas previas a la aparición humana. Es por ello que se reconoce que la biodiversidad podría estar enfrentando en nuestros días la sexta crisis de extinción más grave de su historia (Barnosky *et al*., 2011; Ceballos *et al*., 2015).

Entre las principales causas de pérdida de biodiversidad, ocasionadas por los humanos, están la transformación, degradación y fragmentación de los ecosistemas naturales, en particular por la expansión de la agricultura y la ganadería, la urbanización, la construcción de infraestructura (como carreteras, muelles y presas) y por la apertura de minas y canteras (PNUMA, 2012). A ello debe sumarse la sobreexplotación de las poblaciones silvestres de muchas especies (por

la pesca, la caza y la recolección), la introducción de especies exóticas invasoras y el cambio climático global. En esta sección se describe, de forma general, la problemática derivada de la agricultura, la construcción de carreteras y la introducción de especies exóticas como fuente de amenazas para la biodiversidad de México. En el capítulo sobre Ecosistemas terrestres se pueden consultar mayores detalles respecto a otras presiones que afectan los ecosistemas naturales (y a su biodiversidad) como son el cambio de uso del suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales y los incendios forestales.

AGRICULTURA Y GANADERÍA

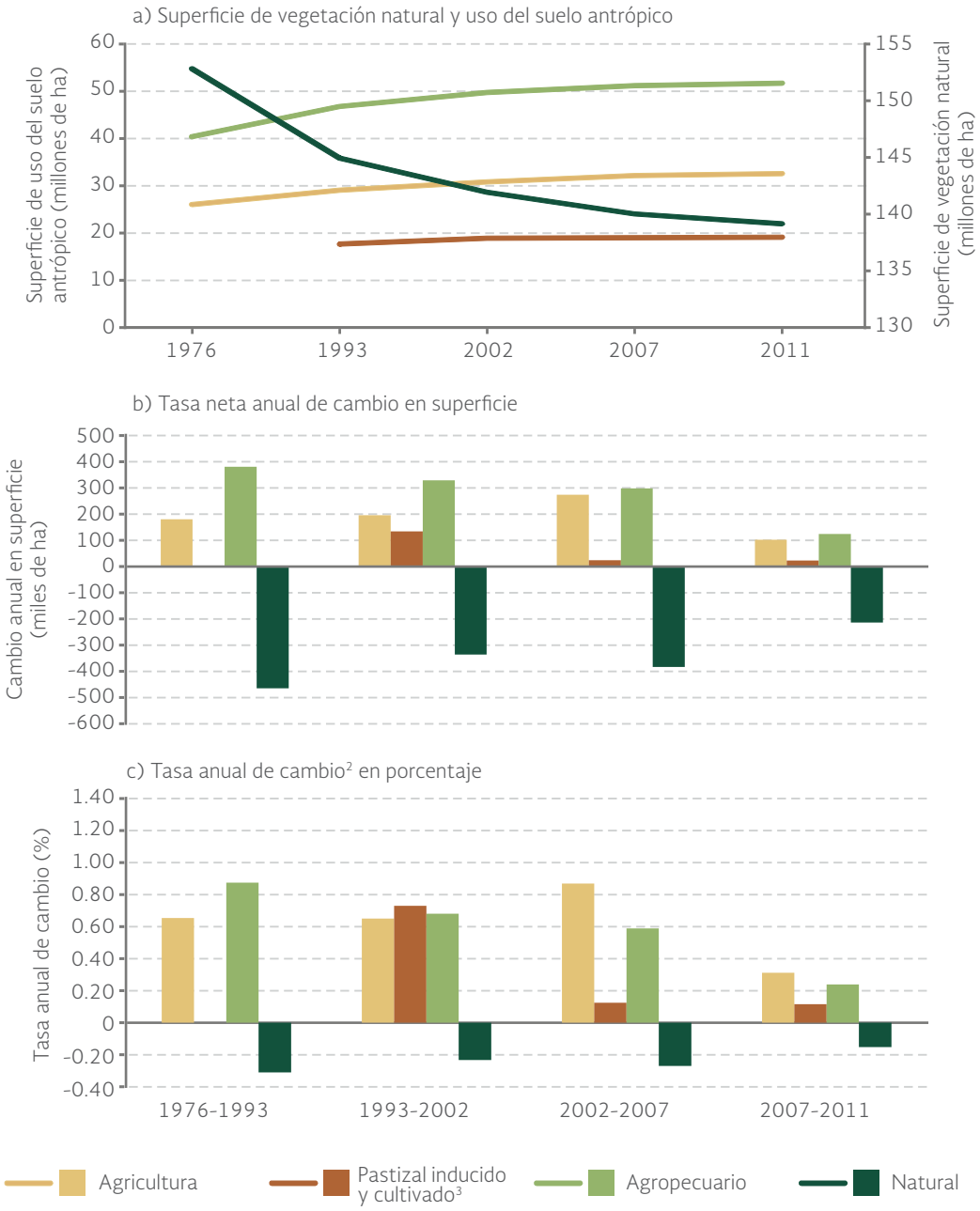
La expansión de las actividades agropecuarias, en los últimos cincuenta años, ha sido el principal motor de la pérdida de la vegetación natural, y por tanto una de las principales amenazas para la biodiversidad, tanto en México como en el mundo. Además de sus efectos por la transformación y pérdida de los ecosistemas, las actividades agropecuarias también afectan directamente a la biodiversidad por medio de la eliminación de especies competitivas o reguladoras (por ejemplo, los depredadores), por el uso de agroquímicos y por la erosión genética de los cultivares tradicionales al ser sustituidos por variedades mejoradas y genéticamente modificadas (INIFAP, 1995; Raya-Pérez *et al*., 2010; FAO, 2015). Indirectamente, la extracción de agua de ríos y lagos y su contaminación por las escorrentías cargadas con sedimentos, nutrimentos, antibióticos y químicos tóxicos, son otros de los efectos negativos de las actividades agropecuarias sobre la biodiversidad.

En México, de acuerdo a las Cartas de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, la expansión histórica de la agricultura hasta los años setenta había alcanzado, a costa de ecosistemas naturales, poco más de 26 millones hectáreas, esto es, el 13.3% de la superficie total del país (Figura 4.7a). Para 2011 avanzó hasta alcanzar cerca de 31 millones de hectáreas, principalmente sobre superficies ocupadas originalmente por selvas (13 millones de ha), matorrales (7.4 millones de ha), bosques templados (6.3 millones de ha) y pastizales (5 millones de ha).

Extensas superficies de ecosistemas naturales, incluidos los pastizales naturales, también han sido transformadas a sitios dedicados a la ganadería. En la década de los setenta, los pastizales inducidos y cultivados cubrían una superficie de más de 14.3 millones de hectáreas (7.3% de la superficie total del país), la cual creció a 19.1 millones de hectáreas en 2011 (9.7% del país; Figura 4.7a). En este último año, la superficie de pastizales cultivados e inducidos se habían extendido sobre superficies ocupadas originalmente por selvas (10.8 millones de ha), bosques templados (3.7 millones de ha), matorrales (3.4 millones de ha) y aún sobre pastizales naturales (602 mil ha).

Si se consideran en conjunto a los terrenos agrícolas y ganaderos, entre la década de los años setenta y 2011, crecieron 11.4 millones de hectáreas, con lo cual, su presencia se amplió del 20.5 al 26.3% del territorio nacional. No obstante, la tasa de expansión anual de la frontera agropecuaria ha disminuido gradualmente: en el periodo 2002-2007 alcanzó 296 mil hectáreas (0.59% anual) y entre 2007 y 2011 fue de 123 mil hectáreas (0.24% anual; Figura 4.7b y c).

Figura 4.7 | *Cambios en la superficie agropecuaria en México, 1976[1], 1993, 2002, 2007 y 2011*



Notas:

[1] Los datos que se asignan para 1976 corresponden a las fotografías aéreas tomadas en su mayoría a lo largo de los años setenta.

[2] Se calculó con la fórmula $r = (((s_2/s_1)^{(1/t)}) \times 100)-100$, donde r es la tasa, s_2 y s_1 son las superficies para los tiempos final e inicial, respectivamente, y t es el tiempo transcurrido entre fechas.

[3] La tasa de cambio de los pastizales para el periodo 1976-1993 no se pudo calcular, debido a la agregación que muestran los pastizales con otros tipos de vegetación en la fuente original.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de:

INEGI. *Carta de vegetación primaria potencial, escala 1: 1000 000.* México. 2001.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie I (1968-1986), escala 1: 250 000.* México. 2003.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie II (Reestructurada) (1993), escala 1: 250 000.* México. 2004.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III (2002), escala 1: 250 000 (Continuo Nacional).* México. 2005.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV (2007), escala 1: 250 000.* México. 2011.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1: 250 000.* México. 2013.

El daño de la ganadería a los ecosistemas naturales va más allá de su transformación para implantar pastizales inducidos o cultivados. En muchas ocasiones, los hatos de ganado pastan dentro de los ecosistemas naturales, promoviendo en muchos casos su degradación, así como la erosión y compactación de los suelos, sobre todo cuando el número de cabezas excede la capacidad de la vegetación para recuperarse. De acuerdo a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación del año 2011, los pastizales inducidos y cultivados cubrían poco más 19 millones de hectáreas (9.7% del país), sin embargo, según los datos de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (Cotecoca, 2004 y 2015), en 2012 la superficie ocupada por la actividad pecuaria era de casi 110 millones de hectáreas (56% de la superficie total de México). Esto podría sugerir que al menos 91 millones de hectáreas de superficie ganadera estarían fuera de los pastizales inducidos o cultivados, es decir, sobre superficies ocupadas por vegetación natural.

El número de cabezas de ganado en 23 entidades del país excede la capacidad de sus superficies pecuarias y de sus ecosistemas naturales para mantenerlas[3]. En particular, la sobrepoblación es mayor en el centro del país y algunas de las entidades de la costa del Golfo de México (Mapa 4.2).

Mapa 4.2 | *Sobrepoblación de cabezas de ganado por entidad federativa, 2014*

Nota:
[1] Los valores positivos indican un exceso de cabezas de ganado con relación a lo que el ambiente puede sostener.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Cotecoca, Sagarpa. México. 2015.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1: 250 000*. México. 2013.

[3] Este cálculo se realizó considerando el número de cabezas de ganado (de la población bovina libre y semiestabulada, así como a la ovina y caprina) que corresponden a cada entidad en función de su superficie de pastizales inducidos y cultivados y de ecosistemas naturales (derivadas de la Carta del Uso de Suelo y Vegetación Serie V del INEGI) y de sus coeficientes de agostadero correspondientes (publicados por la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero). La diferencia con valor positivo entre la población pecuaria actual y la que pueden sostener los pastizales inducidos y cultivados y los ecosistemas naturales de una entidad es lo que en el Mapa 4.2 se ha llamado sobrepoblación; un valor negativo denota, por el contrario, que la población no excede aún la capacidad estatal para mantenerla.

En Tlaxcala, por ejemplo, la sobrepoblación de cabezas de ganado estimada podría alcanzar el 96% de la población existente. En otros estados, como Veracruz e Hidalgo, esta cifra llega al 91%. En contraste, algunos de los estados del norte del país y del sureste son los que mantienen poblaciones pecuarias que no han excedido la capacidad de sus superficies pecuarias y de ecosistemas naturales para mantenerlas.

INFRAESTRUCTURA

Red de caminos y carreteras

El crecimiento de la población, la expansión de las zonas urbanas y de las actividades agropecuarias e industriales, así como el movimiento de personas y mercancías, requieren del crecimiento de una amplia red de infraestructura que incluye caminos y carreteras, puertos, presas para el abasto de agua y la generación de energía eléctrica y de torres y estaciones para su transporte, entre otras obras.

La infraestructura es también, a pesar de sus beneficios, un factor de presión sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos, ocasionando frecuentemente la transformación y fragmentación de los hábitats de muchas de sus especies, lo que conlleva a la pérdida de biodiversidad. Esta sección se enfocará al caso de la infraestructura carretera (que también se trata, sobre todo por sus efectos en la fragmentación de los ecosistemas terrestres, en el capítulo 2), en las presas y la construcción y operación de puertos.

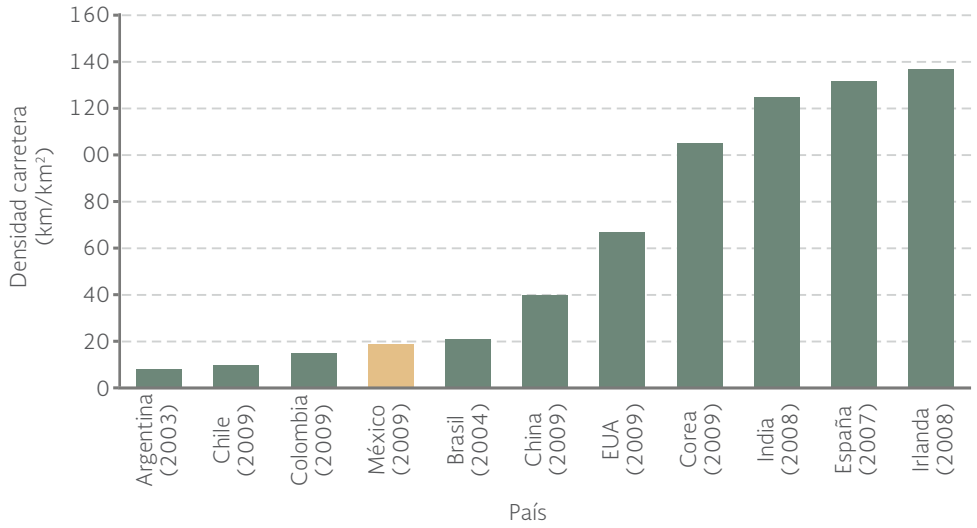
Algunos de los efectos negativos directos de la construcción y operación de caminos y carreteras son, al lado de la pérdida de superficie de ecosistemas, la aparición de barreras no naturales en las áreas de distribución de las poblaciones de las especies (sobre todo en el caso de la fauna) y el incremento de su tasa de mortalidad. La presencia de carreteras produce el aislamiento reproductivo, la mortalidad por atropellamiento en el caso de la fauna y favorece también la dispersión y proliferación de especies exóticas (Puc-Sánchez *et al*., 2013). Es importante señalar que los distintos tipos de caminos y recubrimientos tienen impactos distintos en la biodiversidad. A diferencia de los caminos de terracería, carreteras más amplias con recubrimientos impermeables y barreras de concreto o metálicas entre carriles tienen mayores efectos de aislamiento y causan, por lo general, mayor mortalidad en la fauna (González y Benítez, 2013).

México tiene una densidad de carreteras cercana a los 19 kilómetros por kilómetro cuadrado, cifra comparativamente baja a la que registran otros países de la OCDE como Irlanda (137 km/km^2), España (132 km/km^2) o la de países asiáticos como India (125 km/km^2; Figura 4.8).

El crecimiento de la red de caminos y carreteras, sobre todo en el centro del país, ha sido muy importante en las últimas décadas. Entre inicios de los años noventa y 2013, la extensión nacional de carreteras creció en poco más de 100 mil kilómetros (Figura 4.9).

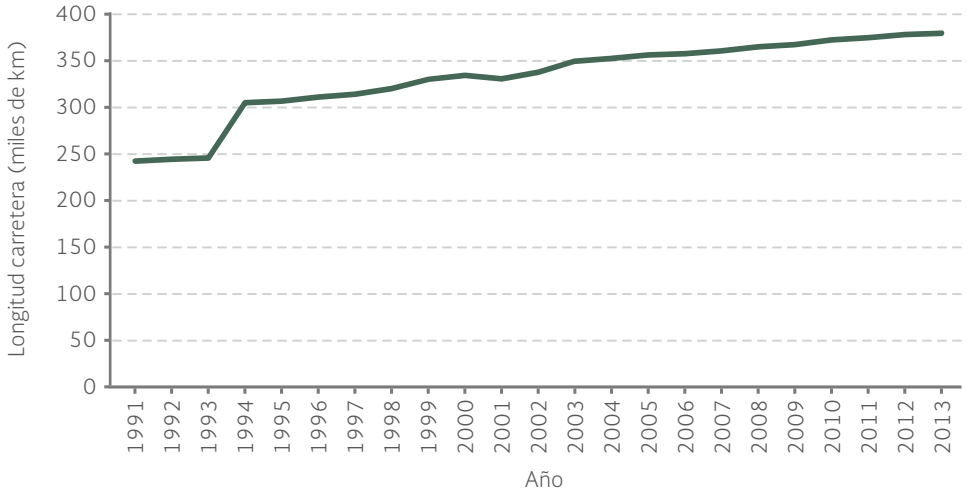
Si se observa el tipo de vegetación sobre el que está construida la red carretera, en 2014 la mayor densidad de caminos se encontraba dentro del bosque mesófilo de montaña, con un valor 0.19

Figura 4.8 | *Densidad carretera en algunos países de la OCDE*



Fuente:
Blanke, J. y T. Chiesa. (Ed). *Travel & Tourism Competitiveness Report 2013*. World Economic Forum, Geneva, Switzerland. 2013.

Figura 4.9 | *Crecimiento de la red de carreteras en México, 1991 - 2013*



Fuentes:
SCT. *Anuario Estadístico 2001*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. 2002.
SCT. *Infraestructura del Sector*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. 2004 y 2006.
SCT. *Anuario Estadístico 2011-2013*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. 2012-2014.

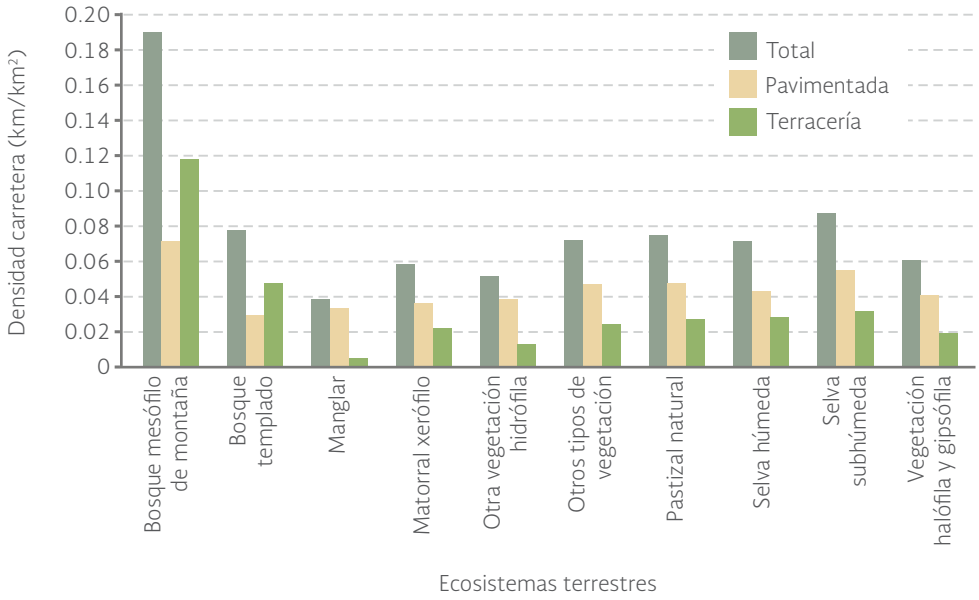
kilómetros por kilómetro cuadrado[4] (Figura 4.10). Le seguían las selvas subhúmedas y húmedas (0.09 y 0.07 km/km^2, respectivamente) y el bosque templado (0.08 km/km^2). En general, la mayor parte de la densidad carretera dentro de ecosistemas naturales corresponde a vías pavimentadas, con excepción del bosque mesófilo de montaña y el bosque templado, en donde predominan las

[4] En el caso de la información sobre vegetación, corresponde al año 2011, obtenida a partir de la Carta del Uso del Suelo y Vegetación Serie V del INEGI.

terracerías. En el caso del bosque mesófilo, poco más del 62% de su red de caminos correspondía a terracería, mientras que para los bosques templados, esta cifra alcanzaba cerca del 61%.

Como se ha mencionado anteriormente, otro de los efectos de la red carretera es el aumento de la mortalidad provocado por el atropellamiento de la fauna. Su efecto más importante e inmediato es la reducción del tamaño de las poblaciones de las especies afectadas. A la fecha, no existen estadísticas precisas ni periódicas respecto a los impactos en las poblaciones naturales de las especies afectadas. Sin embargo, algunos estudios publicados ofrecen una perspectiva general al respecto (Tabla 4.3; ver González y Benítez, 2013). En algunas regiones, el número de especies afectadas puede ser importante. En la selva húmeda de Los Tuxtlas, en Veracruz, se han registrado hasta 73 especies de vertebrados (en su mayoría reptiles y aves) afectados por atropellamiento; en una localidad de selva subhúmeda en Jalisco, esta cifra alcanzó 64 especies (principalmente de aves y mamíferos). Junto al número de especies afectadas deben considerarse también la frecuencia de los eventos y la extensión de los caminos en la que ocurre. En una selva baja caducifolia de Oaxaca, por ejemplo, se encontró que la mortalidad de aves podía alcanzar hasta 0.82 animales por kilómetro de carretera por día (Tabla 4.4); si con esta cifra se calcula cuál sería la mortalidad anual en este grupo, el total ascendería a cerca de 300 aves por año por kilómetro.

Figura 4.10 | *Densidad carretera por tipo de vegetación[1] en México, 2014*



Nota:
[1] La estimación de la densidad de carreteras, por ecosistemas terrestres, considera la vegetación natural (primaria y secundaria).

Fuentes:
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1: 250 000.* México. 2013.
INEGI y SCT. *Conjunto Nacional de Carreteras y vialidades, datos topográficos, escala 1:50 000.* Fecha de metadatos diciembre 2014. México. 2014.
SCT. *Anuario Estadístico 2013.* Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México. 2014.

Tabla 4.3 | *Especies de fauna afectadas por atropellamiento, en algunos tipos de vegetación, por grupo taxonómico en México*

Año	Región	Área de estudio	Grupo/ especies objeto de estudio	Especies por grupo					Total de especies
				Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios	Invertebrados	
1993[1]	Nuevo León	Zona árida	Mamíferos	15					15
1996[2]	Nuevo León	Zona árida	Tortuga texana			1			1
1997[3]	Los Tuxtlas, Veracruz	Vegetación secundaria de selva	Vertebrados	15	19	30	9		73
1999[4]	Reserva de la Biosfera El Pinacate, Sonora	Desiertos	Antílope	1					1
2001[5]	Puerto Ángel, Oaxaca	Carretera costera	Sapos				1		1
2008[6]	Juchitán, Oaxaca	Selva caducifolia	Vertebrados	4	17	7	2		30
2008[7]	Cuenca baja del Usumacinta	Humedales y selva tropical secundaria	Vertebrados	6	6	6			18
2008[8]	Costa sur, Jalisco	Selva caducifolia	Todos los grupos	16	33	12	1	2	64
2010[9]	Michoacán	Área de cultivos	Aves		19				19
2011[10]	Michoacán	Carretera costera	Vertebrados	13	9				22
2011 y 2013[11]	Perote, Veracruz	Matorral xerófilo	Vertebrados	28	19	10	1		58

Fuentes:

[1] Polaco, O. J., y A.F. Guzmán. Mortalidad anual de mamíferos en una carretera al sur de Nuevo León. *En*: R. Medellin y G. Ceballos (Eds). *Avances en el Estudio de Mamíferos de México.* Asociación Mexicana de Mastozoología. México. 1993.

[2] Rendón, A. y O.J. Polaco. Mortalidad en carreteras de la tortuga del desierto *Gopherus berlandieri. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 7 (1): 11-12. 1996.

[3] Morales-Mávil, J.E., J.T. Villa-Cañedo, S. Aguilar-Rodríguez y L. Barragán-Morales. Mortalidad de vertebrados silvestres en una carretera asfaltada de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Ciencia y el Hombre-UV* 27: 7-23. 1997.

[4] Castillo-Sánchez, C. Highways and wildlife conservation in Mexico. *The Sonora pronghorn antelope at the El Pinacate y Gran Desierto de Altar Biosphere Reserve along the Mexico-USA border. En:* Proceedings International Conference on Wildlife Ecology and Transportation, Minnesota, Montana, U.S.A. 1999.

[5] Becerril-Morales, F. Sapos atropellados: mortalidad no natural del sapo marino (*Bufo marinus*; Bufonidae), en Puerto Ángel, Oaxaca. *Ciencias y Mar* 5 (13): 47-52. 2001.

[6] Grosselet, M., B. Villa-Bonilla y G. Ruiz-Michael. Afectaciones a vertebrados por vehículos automotores en 1.2 km de carretera en el Istmo de Tehuantepec. *En:* T.D. Rich, C. Arizmendi, D.W. Demarest y C. Thompson (Eds.). *Tundra to Tropics: connecting birds, habitats and people.* Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference. U.S.A. 2008.

[7] Pozo-Montuy, G., M. Bonilla-Sánchez y F. Pozo-Juárez. *Las carreteras y su impacto sobre la fauna silvestre en una región de la Cuenca Baja del Usumacinta*. *En*: A.J. Sánchez, M.G. Hidalgo-Mihart, S.L. Arriaga-Weiss y W.M. Contreras Sánchez. *Perspectivas en Zoología Mexicana.* Universidad Autónoma de Tabasco, Tabasco. México. 2008.

[8] Lara-Gómez, G. *Mortalidad de fauna Silvestre por Infraestructura Carretera en la Región 08 Costa Sur del Estado de Jalisco, México. En:* A.J. Sánchez, M.G. Hidalgo-Mihart, S.L. Arriaga-Weiss y W.M. Contreras-Sánchez (orgs.) Perspectivas en Zoología Mexicana, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México. 2008.

[9] Álvarez-Ramírez, M.T., H.J. Salgado-Ortiz y M. Vázquez-Muñoz. *Efecto de la aplicación de herbicidas en campos de cultivos en el número de aves atropelladas en las carreteras del occidente michoacano.* En: Memorias del X Congreso para el estudio y conservación de aves en México (CECAM), Xalapa, Veracruz, México. 2010.

[10] Delgado-Trejo, C., N. Hernández y R. Robledo-Herrera. *Mortalidad de vertebrados silvestres en la carretera costera de Michoacán.* INIRENA. www.inirena.umich.mx/&carretera.html. 2011.

[11] González-Gallina, A. *Atropellamiento de fauna en el libramiento carretero de Amozoc-Cantona- Perote (2010-2011).* Tesis de Maestría, Inecol. 2011.
González-Gallina, A., G. Benítez-Badillo, O.R. Rojas-Soto y M.G. Hidalgo-Mihar. The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation* 22 (2): 325-342. 2013.

Tabla 4.4 | *Mortalidad de algunas especies de vertebrados por atropellamiento en México*

Grupo	*Especie*	*Nombre común*	*Tipo de vegetación /Región*	*Longitud monitoreada de la carretera (km)*	*Animales muertos/día*	*Referencia*
Anfibios	*Rhinella marina*	Sapo gigante	Oaxaca	1	2.3-6.4	Becerril-Morales, 2001
Aves	Diversas especies		Selva baja caducifolia, Oaxaca	1.2	0.82	Grosselet *et al.*, 2008
Reptiles	*Gopherus berlandieri*	Tortuga del desierto	Matorral xerófilo/ Nuevo León	194	0.02	Rendon y Polaco, 1996

Fuente:
González Gallina, A. y G. Benítez Badillo. Road Ecology Studies for Mexico: A review. *Oecologia Australis* 17 (1): 175-190.

El crecimiento futuro de las vías de comunicación en el mundo seguirá fragmentado muchos ecosistemas y ejerciendo una mayor presión sobre su biodiversidad. Se calcula que para mediados del presente siglo se habrán construido cerca de 25 millones de kilómetros de nuevas carreteras, de las cuales 90% se realizarán en países en desarrollo, algunos de ellos de los considerados megadiversos, como es el caso de México, Brasil, Colombia y China (Laurance *et al*., 2015). Particularmente en México, de acuerdo al Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018, la red de carreteras federales se ampliará en alrededor 2 772 kilómetros durante este sexenio (SHCP, 2014), lo que equivale a un aumento del 1.9% respecto a la infraestructura pavimentada existente en 2014.

Presas

La construcción de presas ha sido una solución para cubrir la creciente demanda de agua dulce para uso doméstico, industrial y agrícola, así como una alternativa importante para la generación de energía eléctrica. Los impactos de la construcción y puesta en operación de las presas alcanzan a la biodiversidad río abajo y río arriba tanto por los cambios en el volumen y la calidad de los flujos de agua como por la fragmentación del hábitat. Todo ello puede tener un impacto sobre los ciclos de vida de diversas especies y sobre sus relaciones tróficas (Martínez-Yrízar *et al*., 2012).

Se calcula que el 60% de los ríos del mundo se encuentra represado por casi un millón de obras de infraestructura hidráulica (PNUMA, 2010). En el caso particular de México existen aproximadamente 5 100 presas y bordos. Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), el país cuenta con 172 grandes presas que representan el 80% del almacenamiento total del país; en 2013 el volumen de agua almacenado en esas presas fue cercano a los 98 mil hectómetros cúbicos (Conagua, 2014; para más detalles del almacenamiento de agua en presas en el país consultar el capítulo sobre Agua).

En el país algunas de las cuencas con una mayor cantidad de represas también son las que poseen gran relevancia por su biodiversidad y grado de endemismo. Es el caso de las cuencas del Río Bravo,

Río Santiago y Lerma–Chapala (Semarnat, 2015b; De la Vega, 2003; De Anda, 2014); en el caso de esta última, se considera como la segunda cuenca con mayor diversidad de especies de peces en el país (57 especies, de las cuales alrededor del 58% son endémicas, Miller, 1986). También destacan por su número de presas las cuencas de los ríos Pánuco, Balsas, Yaqui y Nazas; entre ellas, la del río Pánuco es la que cuenta con la mayor diversidad de especies de peces, (75 especies), de las cuales 30% son endémicas (Miller, 1986).

Puertos marítimos

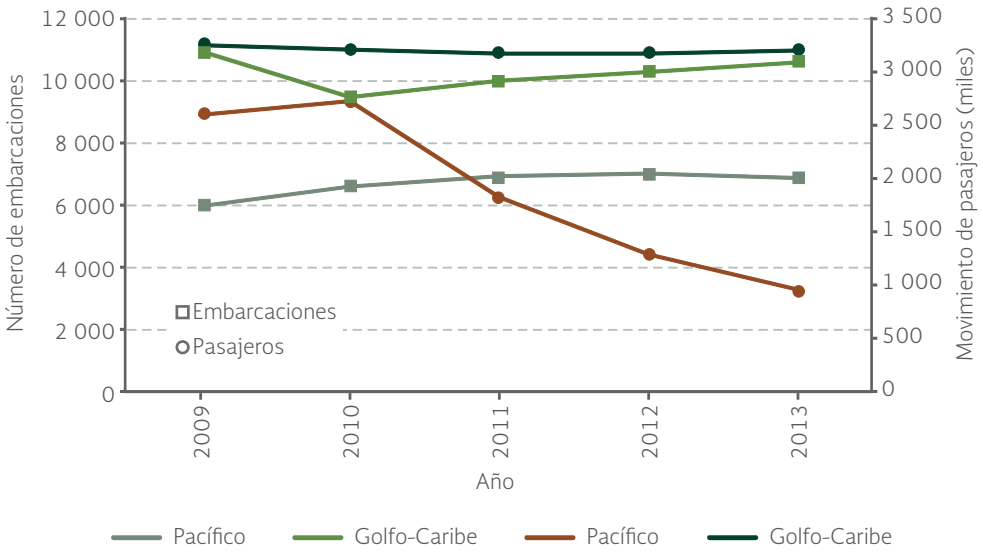
El transporte marítimo de bienes materiales y de turistas se ha convertido en un factor de desarrollo económico y de comercio internacional para varios países y bloques económicos. El transporte marítimo es uno de los medios más usados para el traslado internacional de carga; se estima que el 80% de las mercancías que se comercializan en el mundo se mueven por vía marítima (Bermúdez *et al*., 2009). Por su parte, el transporte de pasajeros en cruceros turísticos se ha convertido en una fuente importante de ingresos para muchas economías locales y nacionales.

A pesar de los beneficios económicos y sociales que traen consigo, la construcción y el uso de los puertos pueden tener importantes efectos para los ecosistemas costeros y marinos. En un inicio, su construcción implica necesariamente el cambio del uso del suelo: la construcción de algunos de los puertos más importantes del país implicó la remoción de superficies importantes de humedales, como en los casos de Lázaro Cárdenas en Michoacán o Tuxpan en Veracruz. A ellas deben sumarse los efectos negativos que produce el dragado periódico de las instalaciones donde anclan las embarcaciones. Por otro lado están los impactos sobre el medio marino que provienen de las embarcaciones, los cuales se derivan de la contaminación del agua (ya sea por la disposición sin tratamiento de los residuos líquidos y sólidos que generan o que pueden derramarse accidentalmente), por la degradación del lecho marino (principalmente por el movimiento del agua que producen las hélices de las embarcaciones y que lo erosionan), por la invasión de especies exóticas (debidas a la descarga del agua de lastre), por los encallamientos de embarcaciones en zonas de arrecifes de coral o por la contaminación acústica, entre otros efectos (González-Lozano *et al*., 2006).

En México existen 117 puertos distribuidos en todas las entidades costeras, adaptados algunos de ellos tanto para la navegación de altura como de cabotaje. Entre 2009 y 2013, la afluencia de buques de carga en los puertos nacionales mostró una tendencia de crecimiento moderada, que alcanzó 3.2% en el periodo señalado; cuando se observa por litoral, el crecimiento fue mayor en el Pacífico, en donde se incrementó 15.2%, principalmente por la actividad comercial en los puertos de Manzanillo y Lázaro Cárdenas (Figura 4.11). En contraste, la visita de cruceros turísticos, reflejada a través del número de pasajeros, se redujo en el país en 23.7% entre 2009 y 2013, sobre todo por efecto de la caída de las visitas en los puertos turísticos del litoral del Pacífico.

En algunos casos, el movimiento de los buques de carga en el país se concentra en puertos cercanos a zonas marinas importantes por su biodiversidad. En el Golfo de México, entre 2009 y 2013, por

Figura 4.11 | *Arribo de embarcaciones y movimiento de pasajeros en los principales puertos en México, 2009 - 2013*

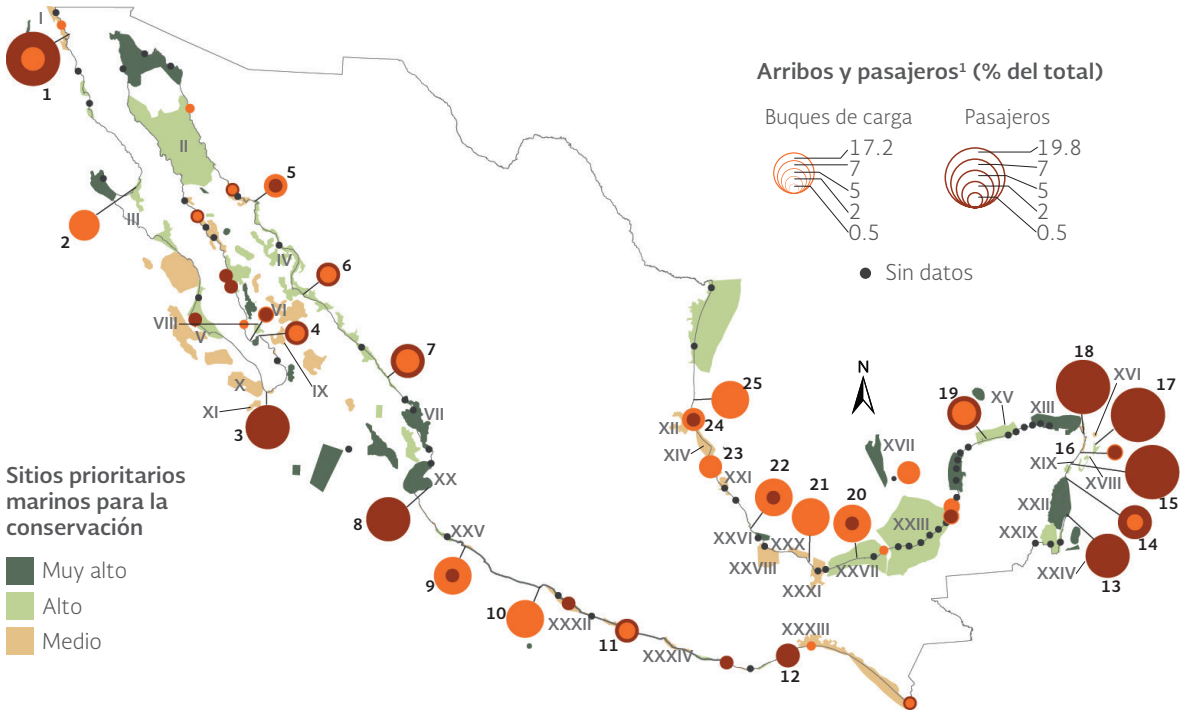


Fuente:
Elaboración propia con datos de :
SCT. *Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 2009 y 2013*. México. 2001 y 2013.

los puertos de Dos Bocas y Coatzacoalcos (ambos en Veracruz) y Altamira (en Tamaulipas), transitó el 44% del total de buques cargueros que atracaron en los puertos nacionales. Algunos de ellos colindan con zonas clasificadas por la Conabio como de prioridad alta y media para la conservación de su biodiversidad marina: en el caso del puerto de Veracruz se encuentra adyacente al Sistema Arrecifal Veracruzano; en Dos Bocas se cuenta con las zonas de los Humedales Costeros y Plataforma de Tabasco y, en el caso de Coatzacoalcos, con la zona de la plataforma continental frente a los Tuxtlas (Mapa 4.3).

En el caso de los barcos de crucero, la mayor presión en el país se concentra en los ecosistemas marinos del este de la península de Yucatán (Mapa 4.3). Tan sólo Puerto Juárez e Isla Mujeres (ambos en Quintana Roo) recibieron entre 2009 y 2013 alrededor del 50% del total de turistas de crucero que visitaron el país (alcanzaron los 15.3 millones de visitantes). Ambos puertos se localizan frente a zonas marinas que se clasifican como de importancia media y alta por su biodiversidad, principalmente por la presencia de humedales costeros en la zona norte de la península de Yucatán y de la zona denominada Cordillera de Cozumel. En el caso del Pacífico, el mayor número de visitantes en dicho periodo se observó en Puerto Vallarta (con cerca del 7% del total de turistas), en una zona clasificada como de muy alta importancia para su conservación (propiamente la de Bahía de Banderas), por ser lugar de la visita estacional de especies de mamíferos marinos como las ballenas gris y jorobada (Mapa 4.3). Destaca también la visita de cruceros en el puerto de Ensenada, en Baja California, en donde el Corredor pesquero Tijuana-Ensenada ha sido clasificado como de importancia media por su biodiversidad.

Mapa 4.3 | *Arribo de buques de carga y movimiento de pasajeros, y su relación con sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad en México, 2009 - 2013*



Puertos principales

1 Ensenada	6 Topolobampo	11 Acapulco	16 Puerto Morelos	21 Coatzacoalcos
2 Guerrero Negro	7 Mazatlán	12 Bahías de Huatulco	17 Isla Mujeres	22 Veracruz
3 Cabo San Lucas	8 Puerto Vallarta	13 Majahual	18 Puerto Juárez	23 Tuxpan
4 La Paz	9 Manzanillo	14 Punta Venado	19 Progreso	24 Tampico
5 Guaymas	10 Lázaro Cárdenas	15 Playa del Carmen	20 Dos Bocas	25 Altamira

Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad

I Corredor Pesquero Tijuana - Ensenada
II Grandes Islas del Golfo de California
III Sistema Lagunar Ojo de Liebre - Guerrero Negro - Manuela
IV Corredor Pesquero Estero Tobari - Bahía Santa María
V Bahías Magdalena - Las Almejas
VI Cuenca Farallón
VII Bahía Santa María-Sistema Lagunar Huizache-El Caimanero
VIII Isla Espíritu Santo y Talud Continental
IX Isla y Fractura Cerralvo
X Banco Golden Gate
XI Banco San Jaime
XII Humedales Costeros del Sur de Tamaulipas
XIII Humedales Costeros y Plataforma de Cabo Catoche
XIV Lagunas Pueblo Viejo - Tamiahua
XV Plataforma Continental de Dzilam
XVI Montes Submarinos del NW del Caribe
XVII Cañon Submarino de Campeche
XVIII Cordillera Cozumel y Arrow Smith
XIX Humedales Costeros y Arrecife de Puerto Morelos
XX Chacala - Bahía de Banderas
XXI Humedales Costeros y Arrecifes de Tuxpan
XXII Humedales Costeros y Arrecife de Sian Ka'an
XXIII Laguna de Términos
XXIV Banco Chinchorro
XXV Corredor Costero Careyes - Barra de Navidad
XXVI Sistema Arrecifal Veracruzano
XXVII Humedales Costeros y Plataforma de Tabasco
XXVIII Sistema Lagunar de Alvarado
XXIX Bahía de Chetumal
XXX Plataforma Continental frente a Los Tuxtlas
XXXI Cuenca Baja y Delta del Río Coatzacoalcos
XXXII Playas Petacalco - Piedra de Tlacoyunque
XXXIII Sistema Lagunar del Golfo de Tehuantepec
XXXIV Sistema Lagunar Chacahua - Pastoría

Nota:
[1] Los intervalos de clase, de arribo de buques y de arribo de pasajeros, fueron ponderados con respecto al total de cada tema. El circulo más grande representa el puerto que recibió más pasajeros o buques con respecto a sus totales.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conabio. *Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad, 1: 1 000 000.* México. 2009.
SCT. *Anuario Estadístico del Sector Comunicaciónes y Transportes 2009 y 2013.* México. 2001 y 2013.

ESPECIES INVASORAS

El traslado de especies de una región a otra es un proceso que ocurre naturalmente; ejemplo de ello son la migración estacional de muchas especies para la reproducción o en búsqueda de alimento, así como el movimiento por fenómenos meteorológicos. Sin embargo, como resultado del incremento en la frecuencia de tránsito de los medios de transporte y en la expansión de sus rutas, las especies han logrado llegar y establecerse en sitios nuevos, con sus consiguientes impactos, lo que ha llevado a considerar a las especies exóticas invasoras como la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo (March y Martínez, 2008; Mendoza y Koleff, 2014). Por citar un ejemplo de su impacto en la biodiversidad global, en el caso de las extinciones de peces se estima que entre el 48 y 62% se deben a exclusivamente a especies invasoras (Pimentel *et al*., 2000, citado en Mendoza y Koleff, 2014).

El movimiento de los organismos, debido a factores humanos, puede ser por vía aérea, terrestre o acuática; es decir, pueden viajar adheridos a los vehículos automotores, en equipajes y embalajes de mercancías en aviones, trenes y barcos de pasajeros o de carga (CCA, 2008). Los ejemplares también pueden introducirse por razones comerciales, como productos animales o vegetales para consumo humano, como mascotas, para uso en la agricultura, jardinería, acuicultura, horticultura o para hacer investigación, entre otros. El movimiento de organismos también se puede favorecer por la alteración de los hábitats silvestres, la construcción de carreteras, el cambio de uso del suelo, el control biológico y por la unión de cuerpos de agua antes aislados o separados, entre otros.

Las especies invasoras afectan a las especies nativas por diferentes mecanismos: competencia por recursos (directa e indirecta), depredación, modificación de hábitat, hibridación y por actuar como reservorio o vectores de patógenos, entre otros (Capdevila-Argüelles *et al*., 2013).

Además de los daños que causan en el funcionamiento de los ecosistemas, las especies invasoras pueden ser origen de importantes daños económicos y sociales, por la pérdida y deterioro de recursos importantes para la subsistencia de comunidades locales o incluso de las economías nacionales. Las especies invasoras pueden reducir, por ejemplo, el rendimiento de las cosechas, incrementar los costos de producción, provocar daños a la infraestructura o pérdida de recursos importantes, social y culturalmente. Pimentel y colaboradores estimaron en 2005 que los impactos por las especies invasoras en todo el mundo podrían ascender al 5% del producto interno bruto mundial (citado en Mendoza y Koleff, 2014).

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), hasta 2015 se reportaban en nuestro país 1 789 especies invasoras nativas y no nativas, de las cuales el 53.7% correspondía a plantas (960 especies), 21.7% a invertebrados (388 especies), 8.8% tanto para peces como para algas (158 especies, en ambos casos; ver el recuadro La invasión del pez diablo) y 3.1% a reptiles (56 especies; Figura 4.12), entre las especies más numerosas. Paralelamente, la Conabio reporta 157 especies no nativas para México que aunque no se encuentran presentes actualmente en el territorio, existe el riesgo latente de que se introduzcan a nuestro país. Ejemplo de ello son: el caracol gigante africano (*Achatina fulica*), la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), o dentro del grupo de plantas, el kudzu (*Pueraria montana*) o el perejil gigante (*Heracleum mantegazzianum*) y otras 79 especies para las cuales no se conoce su estado actual.

Recuadro | La invasión del pez diablo

Los plecos o peces diablo constituyen especies muy adaptables a la variabilidad ambiental, lo que los convierte en especies invasoras muy peligrosas (Mendoza *et al*., 2007). A la fecha han invadido diversas regiones de los Estados Unidos (por ejemplo, Texas, Florida y Hawái), Taiwán, Filipinas, Japón y Singapur (Mendoza *et al*., 2007). En México, sus vías de introducción han sido múltiples y van desde la liberación por parte de coleccionistas y aficionados a los acuarios, hasta su escape de las unidades de producción acuícola y de las instalaciones que utilizan los importadores comerciales. Hasta la fecha se tiene registro del establecimiento de varias especies de loricáridos[1] en nuestro país.

En los sitios donde se establecen, los plecos pueden causar problemas de asolvamiento, resuspensión de sólidos y erosión en reservorios y canales. Son especies muy competitivas que alteran la dinámica de las cadenas tróficas, provocando la disminución en el tamaño de las poblaciones de peces nativos y el desplazamiento de las especies que se alimentan principalmente de algas y detritus (Amador del Ángel, 2014).

En nuestro país, el primer reporte de la presencia en vida libre de este pez se realizó en 1995 en el río Mezcala, en la cuenca del río Balsas (Guzmán y Barragán, 1997). Posteriormente se registró en la presa de Infiernillo, Michoacán, en donde se le ha relacionado con graves consecuencias para la producción pesquera de tilapia (*Oreochromis aureus*; Mendoza *et al*., 2007). Las pérdidas brutas derivadas de la presencia de plecos en dicha presa se calcula que fueron del orden de 13 millones de dólares en 2007 (Stabridis *et al*., 2009).

También se ha reportado su presencia en el estado de Chiapas, en las lagunas de Catazajá y de Medellín, y en Tabasco, en localidades cercanas a Villahermosa, principalmente en la proximidad del río Usumacinta y sus vertientes. En el Mapa a se muestran algunas de las localidades del país donde se ha reportado la presencia de estos peces.

En su hábitat natural los plecos son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces de mayor talla (Mendoza *et al*., 2007). En nuestro país no existen depredadores o competidores naturales que puedan controlar el tamaño y la distribución de sus poblaciones. Se ha sugerido, como una alternativa para el control de estos peces, su uso y aprovechamiento como alimento, tal y como ocurre en algunos países suramericanos (Ayala-Pérez *et al*., 2014). En este sentido, la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (Conapesca) entre otras entidades, así como comunidades locales, promueven la captura del pez diablo para el consumo humano o su utilización comercial en diversos sectores productivos del país.

[1] Son peces ornamentales de origen suramericano, mejor conocidos como plecos o peces diablo, cuyas especies son muy apreciadas por los acuaristas.

Mapa a | *Presencia de peces diablo[1] en algunos ríos de México, 2014*

Nota:
[1] Se refiere principalmente al género *Pterygoplichthys*.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Amador del Ángel L. E., E. del C. Guevara-Carrió, R. Brito-Pérez y E. Endañú-Huerta. *Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género Pterygoplichthys y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche.* Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. México. 2014.
Subdirección Encargada de la Coordinación de Geomática, Conanp, Semarnat. México. 2015.

Referencias:

Amador del Ángel L.E., E. del C. Guevara-Carrió, R. Brito-Pérez y E. Endañú-Huerta. Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclidos no nativos en el sistema fluvio lagunar deltaico Río Palizada, en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen. Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales. 2014.

Ayala-Pérez L.A., A.D. Pineda-Peralta, H. Álvarez-Guillén y L.E. Amador-del Ángel. El pez diablo (*Pterygoplichthys* spp.) en las cabeceras estuarinas de la Laguna de Términos, Campeche. *En*: Low-Pfeng, A.M., P.A. Quijón y E.M. Peters-Recagno (Eds.). *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México.* Semarnat, INECC, UPEI. México. 2014.

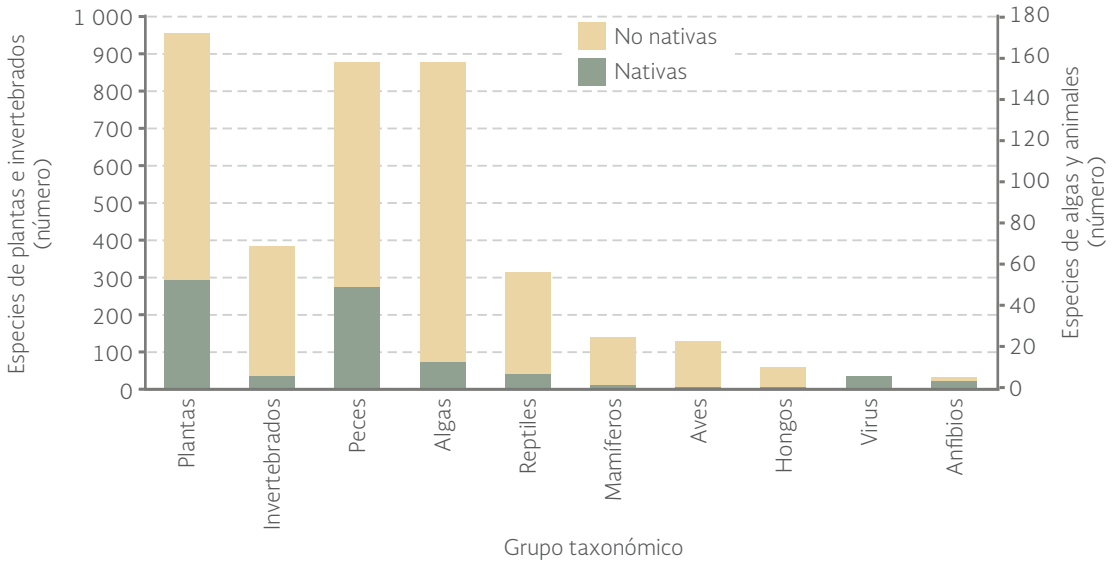
Guzmán A.F. y S.J. Barragán. Presencia de bagres sudamericanos (*Osteichthyes: Loricariidae*) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana* 3: 1-4. 1997.

Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez y V. Aguilar. Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas* 70: 1-5. 2007.

Mendoza, R. y P. Koleff (Coords.). *Especies acuáticas invasoras en México.* Conabio. México. 2014.

Stabridis-Arana, O., A. Guevara-Sanguinés, R.E. Mendoza-Alfara, *et al*. Análisis socioeconómico de los efectos de la familia Loricariidae en México: el caso de la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo). *En*: Comisión de Cooperación Ambiental (Ed.). *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras.* CCA. Montreal. 2009.

Figura 4.12 | *Especies invasoras nativas y no nativas presentes en México[1], 2015*



Nota:
[1] Nativas: se refiere a especies mexicanas traslocadas que se comportan como invasoras.
No nativas: indica que la especie es exótica en México.

Fuente:
Sistema de información sobre especies invasoras en México. Conabio. México. 2016.

ESTADO DE LA BIODIVERSIDAD

Conocer con precisión el estado de la biodiversidad de un país o una región es un asunto complejo. La diversidad de ecosistemas que existen en el medio terrestre o acuático (tanto marino como continental) de una región, la complejidad de sus flujos de materia y energía, su estacionalidad y la complicada interacción que guardan con las actividades productivas, hace muy difícil establecer una medida única objetiva de su estado de conservación. Si a ello se le suma el conocimiento aún incompleto que tenemos sobre la riqueza biológica, la estructura y el funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas, la tarea se torna aún más difícil.

Pese a lo anterior, se emplean de manera cotidiana diversos indicadores que permiten estimar el estado de los ecosistemas y su biodiversidad. La extensión y condición de la cubierta de ecosistemas naturales, el crecimiento o la reducción de los tamaños poblacionales de ciertas especies o el número de especies dentro de los listados de riesgo son algunos de los más importantes.

Para el caso de los ecosistemas terrestres, México aún conserva una proporción importante de la superficie de sus ecosistemas naturales, con alrededor del 71% del territorio. Aun cuando en una parte de esa superficie son evidentes los signos de degradación, todavía se preservan extensas superficies de vegetación primaria que muestran bajos impactos por actividades de origen humano y dentro de las cuales podría pensarse que se preserva una parte considerable de su biodiversidad original. Más detalles respecto a la extensión, condición, factores de presión y sobre las respuestas encaminadas a la protección y recuperación de los ecosistemas terrestres pueden encontrarse dentro de la sección de Conservación y manejo sustentable de los ecosistemas terrestres y sus recursos en el Capítulo 2 de este Informe.

Por otro lado, en el país no se conoce el estado de conservación de la totalidad de las especies que habitan sus ecosistemas naturales. Sin embargo, desde hace algunos años se da seguimiento, en diferentes ecosistemas y regiones del país (incluyendo numerosas áreas naturales protegidas), a las poblaciones de especies de fauna que resultan importantes ya sea por su función en el ecosistema, por su estado de riesgo y/o por ser de importancia económica o cultural. Dichos esfuerzos se encaminan, entre otros aspectos, a conocer el tamaño de sus poblaciones, el cual resulta uno de los indicadores más relevantes para conocer su viabilidad dentro de los ecosistemas naturales.

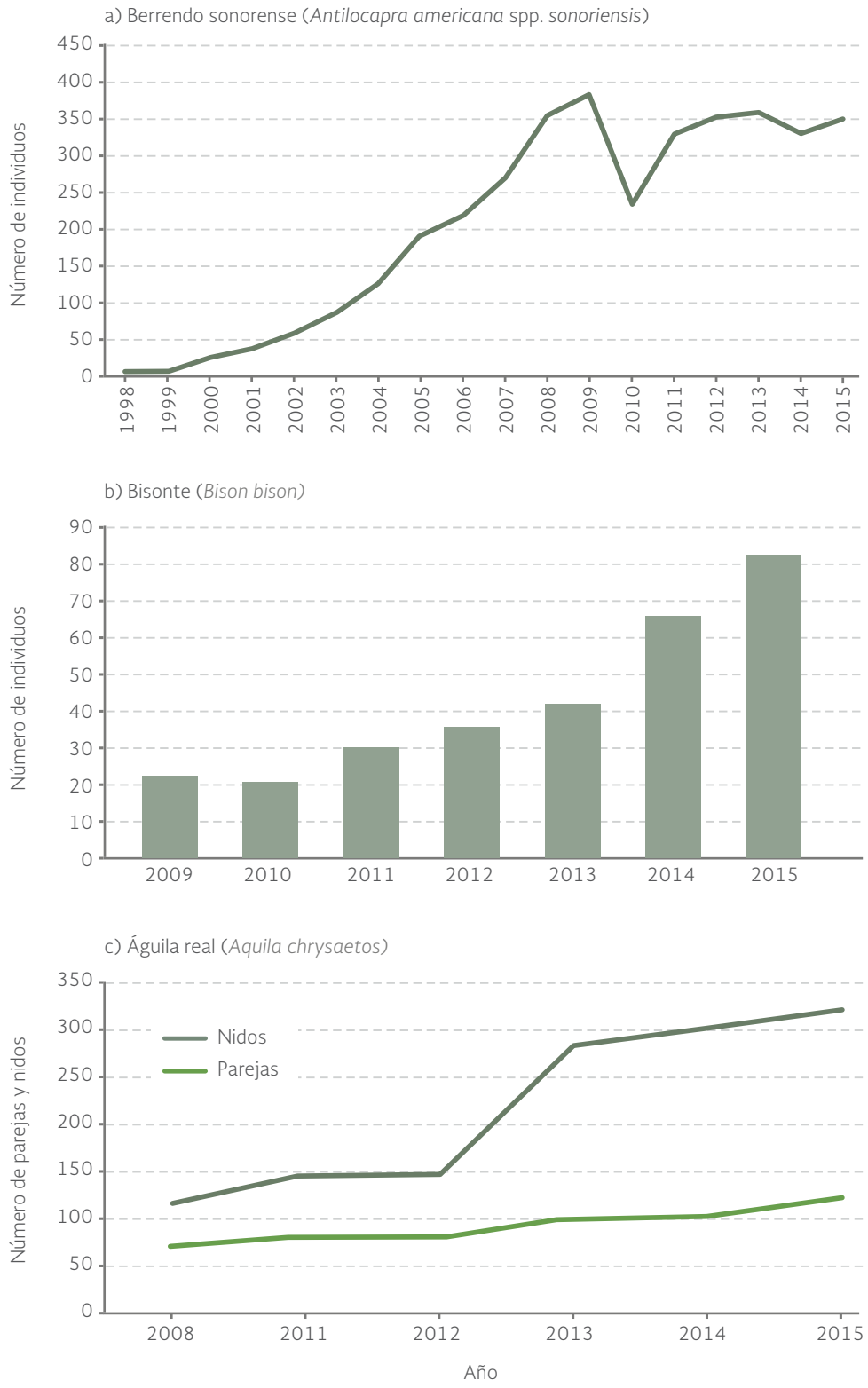
A través del Programa de Conservación de Especies en Riesgo (Procer) se promueve la conservación y protección de diversas especies en riesgo, entre las que se encuentran el berrendo, el bisonte y el águila real. El berrendo (*Antilocapra americana* spp. *peninsularis*) es una especie endémica de Norteamérica y de alto interés cinegético. Sus poblaciones en nuestro país se redujeron principalmente por la destrucción y fragmentación del hábitat y por la cacería furtiva. Como resultado de diversos esfuerzos, los números poblacionales de esta especie muestran una recuperación importante en las últimas décadas: de cinco ejemplares en vida libre que habitaban los matorrales de Baja California en 1998, en 2015 se registraban 350 animales (Figura 4.13a). Actualmente, en el estado de Chihuahua, viven en vida libre berrendos de la subespecie sonorense (*Antilocapra americana* spp. *sonoriensis*) y también se han realizado algunas reintroducciones de esta misma en el estado de Coahuila.

El bisonte (*Bison bison*) es el mamífero terrestre más grande del continente americano y una especie fundamental para mantener la diversidad y el funcionamiento de los pastizales del norte de nuestro país. En México, las poblaciones de esta especie se redujeron significativamente principalmente por el crecimiento de la frontera agropecuaria y la cacería furtiva. Tras la reintroducción de ejemplares en Janos, Chihuahua, a finales de la década pasada, la población de esta especie se ha recuperado notablemente, pasando de 23 a 83 ejemplares entre 2009 y 2015 (Figura 4.13b).

El águila real (*Aquila chrysaetos*), además de ser culturalmente relevante por ser parte del escudo de la nación, es un importante depredador de los ecosistemas de los que forma parte. En México, factores como la pérdida y fragmentación de su hábitat, la intoxicación por plaguicidas, la captura de ejemplares, el saqueo de sus nidos y las colisiones con tendidos eléctricos y otras estructuras, han sido los principales responsables de la reducción del tamaño de sus poblaciones. En 2014, se tenían localizados 317 nidos y 119 parejas (Figura 4.13c). Recientemente se tienen nuevos registros de parejas reproductivas en Guanajuato y Sonora, lo que se traduce en la ampliación de la distribución de la especie en sus sitios de distribución histórica.

Por otra parte, el estado de los ecosistemas marinos es más difícil de precisar que el de los ecosistemas terrestres. La gran extensión, la dificultad de acceso y de monitoreo de los organismos de las especies que los conforman y la falta de conocimiento de su estructura y funcionamiento son algunas de las limitantes más importantes. Sin embargo, existen indicadores que, de manera indirecta, pueden ofrecer una aproximación a su estado. El estado de las pesquerías es uno de ellos; en general, se considera que en la medida que el conjunto de pesquerías de una región se encuentra dentro de límites que no amenazan su extracción en el futuro, los ecosistemas marinos podrían no haber sufrido graves consecuencias por la reducción de su biomasa. En México, en el año 2010, en

Figura 4.13 | *Tamaños poblacionales de algunas especies del Procer*



Fuente:
Semarnat, Conanp. *Programa de Conservación de Especies en Riesgo (Procer) 2011-2015*. 2015.

el litoral del Pacífico el 31.5% de las pesquerías se encontraban en aprovechamiento máximo, 26% en deterioro y 26% mostraba potencial de desarrollo. En el litoral del Golfo de México, 58.8% de las pesquerías se reportaban en aprovechamiento máximo sostenible, 29.4% en deterioro y sólo 8.8% con potencial de desarrollo. Mayores detalles respecto al estado de las pesquerías en el país puede encontrarse dentro del capítulo de Agua.

Del estado de los ecosistemas dulceacuícolas del país tampoco se tiene demasiada información. No obstante, la magnitud y la dinámica de algunos de los factores que los afectan podrían permitir suponer que en muchos de ellos la biodiversidad está bajo fuerte presión. Por ejemplo, los todavía bajos niveles de tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales a lo largo del país (que no rebasan el 49 y el 32%, respectivamente, de las aguas generadas a nivel nacional) deterioran muy probablemente la calidad del agua de los cuerpos a donde se vierten, y con ello degradan el hábitat de muchas de sus especies. Por otro lado, el crecimiento de los volúmenes de extracción de agua superficial para los distintos usos consuntivos, también podría imponer una reducción importante en muchas regiones de los caudales y volúmenes necesarios para la preservación de los ecosistemas naturales.

En los ecosistemas marinos tienen una presencia regular o permanente diversas especies de mamíferos. En las aguas nacionales se han registrado 40 especies de cetáceos que representan el 50% de las existentes a nivel global (Semarnat, 2003). Por su estado de riesgo de extinción, las especies de cetáceos que habitan o visitan los mares nacionales se encuentran en la categoría de protección especial, excepto la vaquita marina (*Phocoena sinus*) y la ballena franca (*Eubalena glacialis*) que están en peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver líneas abajo la sección de Especies en riesgo). Particular seguimiento se ha dado a la ballena gris (*Eschrichtius robustus*), una especie migratoria que se encontraba en peligro de extinción por su caza a fines del siglo XIX y principios del siglo XX. En los sitios de observación de esta especie, que tiene la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) en la Reserva de El Vizcaíno, en Baja California, el promedio de individuos en cada temporada ha sido de 1 500, incluyendo crías y adultos. Uno de los mayores registros que se tiene correspondió a la temporada de avistamiento del periodo 2011-2012, cuando se contabilizaron 3 073 individuos (Figura 4.14). El caso de la vaquita marina, un cetáceo endémico al país, es particularmente preocupante. Sus poblaciones, seriamente afectadas por las actividades pesqueras de la región, no rebasan el centenar de ejemplares según estimaciones recientes. Esta situación pone en serio riesgo la viabilidad de la especie en el futuro. Para mayores detalles al respecto puede consultarse el recuadro Una especie en peligro de extinción: la vaquita marina.

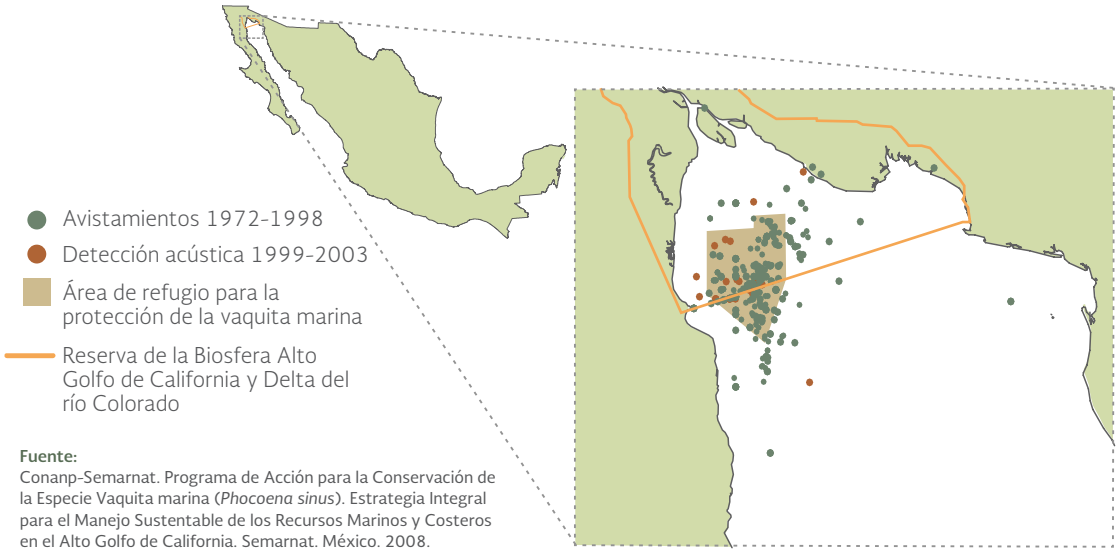
ESPECIES EN RIESGO

A pesar de los avances logrados en la construcción y desarrollo de los inventarios de la biota en muchos países, calcular cifras respecto a la tasa de pérdida de especies de flora y fauna es una tarea compleja que implica estudios a largo plazo, muchas veces sobre organismos de los que se posee poca información (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008). Ante la ausencia de información básica, los listados de especies en riesgo han sido empleados como indicadores del estado de la biodiversidad. Bajo dicha concepción, las especies clasificadas dentro de alguna categoría de riesgo representan la reducción actual o potencial de la biodiversidad de un país o región.

Recuadro | Una especie en peligro de extinción: la vaquita marina

La vaquita marina o cochito (*Phocoena sinus*) es uno de los mamíferos marinos más amenazados del mundo. Tiene una limitada distribución geográfica, de apenas unos cuatro mil kilómetros cuadrados, en la parte alta del Golfo de California (Mapa a). Su limitada distribución geográfica, sus bajas tasas reproductivas (una hembra puede tener entre 2 y 7 crías en toda su vida) y la mortalidad derivada de la pesca, la han colocado en las principales listas en riesgo (Rojas y Jaramillo, 2008; Urban y Guerrero-Ruiz, 2008). Se encuentra incluida dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 clasificada como una especie en peligro de extinción y, en la Lista Roja de la IUCN, aparece como una especie críticamente amenazada.

Mapa a | *Avistamientos de vaquita marina en el Golfo de California, 1972 - 2003*



Fuente:
Conanp-Semarnat. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Vaquita marina (*Phocoena sinus*). Estrategia Integral para el Manejo Sustentable de los Recursos Marinos y Costeros en el Alto Golfo de California. Semarnat. México. 2008.

Una de las causas principales de la caída de las poblaciones de este mamífero es su captura en las redes agalleras y de enmalle de la pesca ribereña y de altura, legal e ilegal. Con el inicio de la pesca de la totoaba en la década de los años cuarenta del siglo pasado, inició un periodo de mortalidad importante para ambas especies, con registros de hasta 10 vaquitas capturadas por día al inicio de los años setenta (Urbán y Guerrero-Ruiz 2008). El cierre de la pesca de la totoaba, dentro de este último periodo, redujo la presión sobre la vaquita, sin embargo, la pesca del camarón y de otras especies (tiburones, por ejemplo) continúan siendo un factor de presión relevante sobre la especie. Recientemente, la pesca ilegal de la totoaba, la cual tiene una alta demanda en el mercado asiático, ha incrementado el riesgo de captura de vaquitas (CIRVA, 2014).

Existen pocas, y son muy variadas, estimaciones del tamaño de la población de la vaquita marina (Tabla a). Ello se debe, en gran medida, a la dificultad de observar a los animales en su medio natural. Sin embargo, las distintas estimaciones muestran una tendencia a la reducción del tamaño poblacional de la especie. Mientras que entre finales de la década

Tabla a | *Estimaciones de los tamaños poblacionales de la vaquita marina (Phocoena sinus)*

Año	*Población estimada*	*Fuente*
1976	200-300	Villa, 1976
1986 y 1989	300-500	Silver, 1990
1993	224 (106-407)	Barlow *et al.*, 1997
1997	567 (177-1073)	Jaramillo *et al.*, 29917
2014	97	CIRVA, 2014
2015	60	CIRVA, 2016

Fuentes:
Barlow, J., Gerrodette, T. y Silber, G. 1997. Fisheries estimates of vaquita abundance. *Mar. Mamm. Sci.* 13: 44-58.
CIRVA. Report of the fifth meeting of the Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA-5). Ensenada, 2014.
CIRVA. Reunión del Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA). Ensenada, mayo de 2016.
Jaramillo, L; L. Rojas y T. Gerrodette. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery. *Marine Mammal Science.* 15: 957-973. 1999.
Silber, G.K. The vaquita, *Phocoena sinus,* working paper. Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz, California. 1990.
Villa R., B. Report on the status of *Phocoena sinus,* Norris and McFarland 1958, in the Gulf of California. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 47 (2): 203-208. 1976.

de los setenta y ochenta la población se calculaba entre 200 y 500 animales, a mediados de 2014 se había reducido a 97, con menos de 25 hembras en etapa reproductiva (CIRVA, 2015). La más reciente estimación, realizada entre septiembre y diciembre de 2015, produjo un estimado de 60 vaquitas (CIRVA, 2016).

Con la intención de asegurar la protección y recuperación de la especie, en 1993 se decretó la creación de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Entre otras acciones importantes, en 1997 se estableció el Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA); en 2005 se conformó el grupo Alto Golfo Sustentable (AGS) y se establecieron el Área de Refugio para la Protección de la Vaquita (DOF 8-IX-2005) y su Programa de Protección (DOF 29-XII-2005).

El Programa de Conservación de Especies Prioritarias (PROCER), lanzado en 2007, también consideró entre las especies beneficiadas a la vaquita marina. El Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE) de la vaquita marina, publicado en 2008, incluye acciones de conservación que promueven, entre otras acciones, la ordenación de las pesquerías a través de la participación de los sectores productivos, académicos y de los tres niveles de gobierno.

Referencias:

CIRVA. *Report of the fifth meeting of the Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA-5)*. Ensenada, 2014.

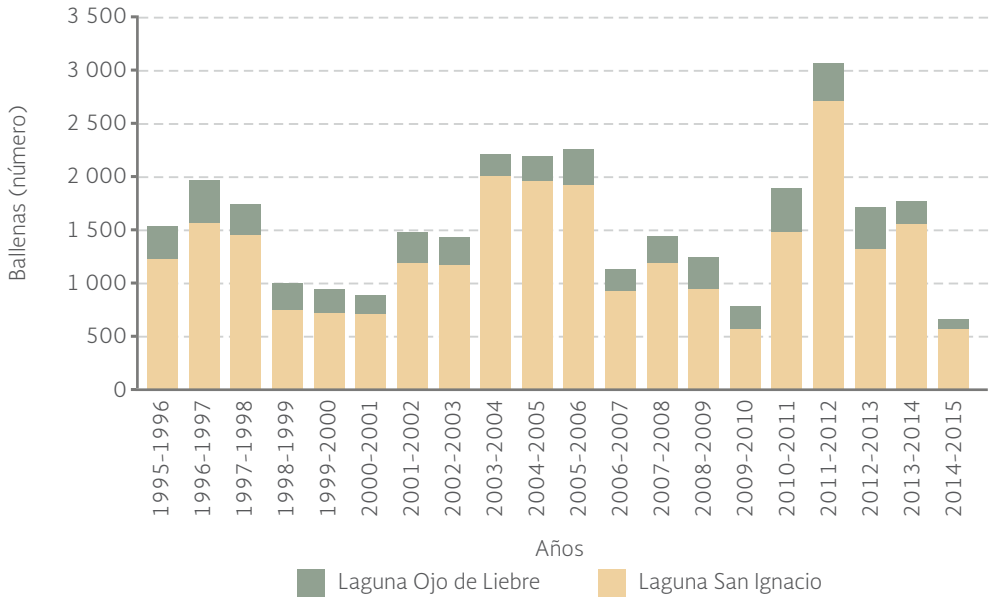
CIRVA. *Reunión del Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita Marina (CIRVA)*. Ensenada, mayo de 2016.

Rojas, L. y A. Jaramillo. Vaquita. *Phocoena sinus. En:* William, P., W. Bernd y J. Thewissen (Eds.) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, 2a. Edición. 2008.

Semarnat. *Programa de Acción para la conservación de la especie: Vaquita (Phocoena sinus). Estrategia integral para el manejo sustentable de los recursos marinos y costeros en el Alto Golfo de California*. Semarnat. México. 2008

Urbán, R.J. y M. Guerrero-Ruiz. 2008. Ficha técnica de *Phocoena sinus*. *En:* Urbán R.J. (Comp.). *Conocimiento biológico de las especies de mamíferos marinos, incluidas en la Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2001*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Bases de datos SNIB-Conabio. Proyecto No. CK009. México.

Figura 4.14 | *Abundancia de ballena gris por laguna de reproducción, 1995 - 2015*



Fuente:
Dirección de Evaluación y Seguimiento. Conanp. Semarnat. México. 2015.

De acuerdo a la IUCN (2015), desde el año 1500 a la actualidad, el número de especies extintas en el mundo por causas humanas asciende a 834, de las cuales, 102 corresponden a plantas y 732 a especies de animales. En México, la NOM-059-SEMARNAT-2010 (que enlista a las especies y subespecies de flora y fauna silvestres que se encuentran en alguna categoría de riesgo) incluye un total de 49 especies probablemente extintas en el medio silvestre, 19 de ellas de aves, 13 de peces, 11 de mamíferos y seis de plantas.

De acuerdo con dicha norma, en el país existen 2 606 especies en alguna categoría de riesgo de extinción. En términos absolutos, los grupos con mayor número de especies en alguna categoría de riesgo son las plantas, que entre angiospermas y gimnospermas suman 949, seguidas por los reptiles (443 especies), aves (392), mamíferos (291), peces (204) y anfibios (194; ver el recuadro La amenaza de la quitridiomicosis). En el caso de algunos grupos, como el de los invertebrados, de los cuales la norma cita 49 especies en riesgo, las cifras podrían ser subestimaciones dada la ausencia de estudios más detallados acerca de la gran mayoría de las especies que lo integran.

Cuando se observa el número de especies en riesgo con respecto al número de especies conocidas en el país, el panorama resulta preocupante para algunos grupos, como los vertebrados. Para los mamíferos, anfibios y reptiles, más de la mitad de las especies conocidas en el país se clasifican en alguna categoría de riesgo (52, 51 y 50% de sus especies, respectivamente). En la Figura 4.15 se observa la distribución de las especies de cada grupo taxonómico de acuerdo a las categorías de riesgo empleadas en la NOM-059- SEMARNAT-2010 (ver también el recuadro La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

Recuadro | La amenaza de la quitridiomicosis

Los anfibios son uno de los grupos de vertebrados que enfrentan mayor riesgo de extinción en la actualidad. Junto a la transformación de sus hábitats, la contaminación del agua, la sobreexplotación de las poblaciones de algunas especies y el cambio climático, la quitridiomicosis se reconoce como otra causa del declive de las poblaciones de muchas de las especies de este grupo en el mundo (Rosemblum *et al.*, 2013). Esta enfermedad es causada por dos especies de hongos del género *Batrachochytrium: B. dendrobatidis* (Bd), que afecta principalmente a los anuros, urodelos y cecilias[1], y B. *salamandrivorans*[2], que al parecer ataca específicamente a los urodelos (Van Rooij *et al.*, 2015).

No todos los anfibios son sensibles a la quitridiomicosis, las especies pueden clasificarse desde resistentes a tolerantes a la presencia de los hongos en su hábitat (Van Rooij *et al.*, 2015). Los organismos afectados mueren principalmente por los efectos de la pérdida de las funciones de la piel debido a las lesiones que resultan de ulceraciones, hiperqueratinización y erosión de la piel (Alroy, 2015).

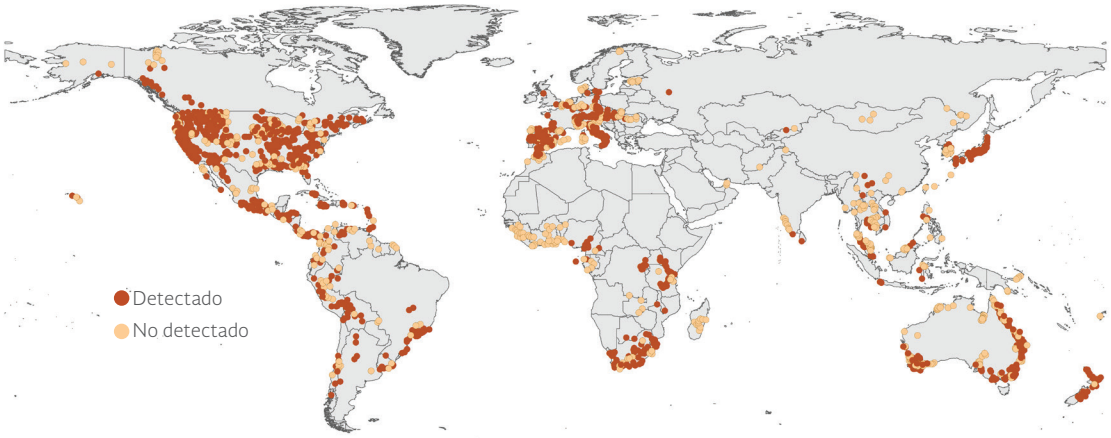
El origen de la enfermedad es aún materia de debate. Se ha sugerido que África, Norteamérica, Asia y la región del Bosque Atlántico brasileño podrían ser la cuna de la enfermedad (ver Van Rooij *et al.*, 2015). Tampoco hay un acuerdo respecto a la manera en la cual se ha propagado por el mundo; la opinión prevaleciente es que ha sido una enfermedad endémica a distintas regiones (en donde se mantuvo con bajos niveles de infección hasta que ocurrieron cambios en las condiciones ambientales) y en otras zonas ha sido de reciente introducción (Van Rooij *et al.*, 2015). Aun cuando se ha sugerido que la enfermedad puede actuar en sinergia con el cambio climático, se considera que son eventos que actúan de manera independiente en distintas regiones en el mundo (Hof *et al.*, 2011).

La quitridiomicosis ha sido reportada en todos los continentes en donde hay poblaciones de anfibios (Whittaker y Vredenburg, 2011; Mapa a). En el caso de Latinoamérica, las afectaciones más importantes han sido observadas en Centro y Suramérica (Whittaker y Vredenburg, 2011). En cuanto a México, los primeros reportes de organismos infectados por Bd datan de 1972 en la salamandra *Thorius pennatulus* en el sur del país (Cheng *et al.*, 2011). Entre los años setenta y ochenta del siglo pasado, se detectaron infecciones en otras especies de salamandras de los géneros *Bolitoglossa, Thorius, Pseudoeurycea* y *Chiropterotriton* (varios autores en Whittaker y Vredenburg, 2011) y, recientemente, se han observado eventos de mortalidad masiva en poblaciones de la rana *Lithobates tarahumare* (Mendoza *et al.*, 2015).

Hasta el año 2013, en el país se han detectado infecciones por Bd en 49 especies de anfibios[3], de las cuales 29 son anuros y las restantes 20 corresponden a urodelos (Tabla a). Esto equivale a alrededor del 13% de las especies conocidas en el país. Del total de especies afectadas, el 61% (30 especies) son endémicas a México y, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, nueve

[1] Los anfibios se agrupan en tres órdenes: anuros, que incluyen a los sapos y ranas; los urodelos, a los que pertenecen las salamandras, ajolotes y tritones; y los gimnofiones o ápodos, carentes de patas y que se conocen vulgarmente como "cecilias".
[2] Las infecciones por este hongo no han sido documentadas en poblaciones silvestres fuera de Asia, Holanda, Bélgica y Alemania (Yap y Koo, 2015).
[3] La fuente original reporta 50 especies, sin embargo, en el listado que ahí se cita, una de las especies está duplicada (*Duellmanohyla schmidtorum*).

Mapa a | *Ocurrencia de la quitridiomicosis en el mundo, 2014*



Fuentes:
D.H. Olson y K.L. Ronnenberg, US Forest Service, PNW Research Station, Corvallis, OR, USA.
M.C. Fisher y D.M. Aanensen, Dept. of Infectious Disease Epidemiology, St. Mary´s Hospital, Imperial College, London.

especies están clasificadas como amenazadas y 19 en la categoría de protección especial. En cuanto a la distribución geográfica de la enfermedad en nuestro país, se observa en 13 de las 32 entidades federativas (Mapa b). Los ecosistemas que habitan los organismos de las especies infectadas van desde matorrales xerófilos hasta los bosques mesófilos de montaña.

Tabla a | *Especies con infección por* Batrachochytrium dendrobatidis *en México hasta 2013*

Nombre científico	*Entidad federativa*	*Distribución*	*Categoría de riesgo[1] según la NOM-059*
	Anuros		
Agalychnis moreletti	Guerrero, Chiapas		
Craugastor saltator	Guerrero		
Dendropsophus ebraccatus	Chiapas		
Duellmanohyla schmidtorum	Chiapas	Endémica	Pr
Exerodonta melanomma	Guerrero	Endémica	Pr
Hyla euphorbiacea	Oaxaca	Endémica	
Hyla eximia	Estado de México	Endémica	
Hyla walkeri	Chiapas		
Hypopachus barberi	Chiapas		
Incilius macrocristatus	Chiapas		
Incilius occidentalis	Puebla	Endémica	
Incilius valliceps	Chiapas		
Lithobates maculatus	Chiapas		
Lithobates magnaocularis	Sonora		
Lithobates megapoda	Estado de México	Endémica	Pr

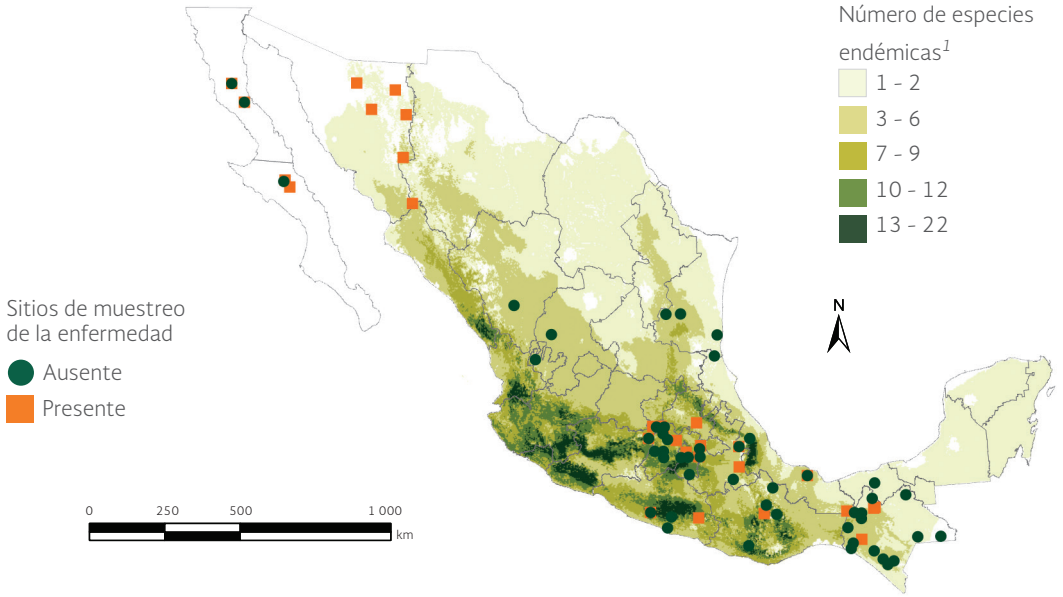
Tabla a | *Especies con infección por* Batrachochytrium dendrobatidis *en México hasta 2013* (conclusión)

Nombre científico	*Entidad federativa*	*Distribución*	*Categoría de riesgo[1] según la NOM-059*
Lithobates montezumae	Distrito Federal	Endémica	Pr
Lithobates neovolcanicus	Estado de México	Endémica	A
Lithobates pustulosus	Sonora	Endémica	Pr
Lithobates spectabilis	Morelos	Endémica	
Lithobates tarahumarae	Sonora		
Plectrohyla ixil	Chiapas		
Plectrohyla lacertosa	Chiapas	Endémica	Pr
Plectrohyla matudai	Chiapas		
Plectrohyla sagorum	Chiapas		
Pseudacris hypochondriaca curta	Baja California	Endémica	
Ptychohyla erythromma	Guerrero	Endémica	Pr
Ptychohyla euthysanota	Chiapas		A
Smilisca baudinii	Chiapas		
Tlalocohyla loquax	Chiapas		
	Caudados		
Ambystoma altamirani	Estado de México	Endémica	A
Ambystoma granulosum	Michoacán, Estado de México	Endémica	Pr
Ambystoma rivulare	Michoacán	Endémica	A
Ambystoma velasci	Puebla	Endémica	Pr
Bolitoglossa lincolni	Chiapas		
Bolitoglossa rufescens	Chiapas, Veracruz		Pr
Bolitoglossa platydactyla	Chiapas	Endémica	Pr
Chiropterotriton dimidiatus	Hidalgo	Endémica	Pr
Chiropterotriton multidentatus	Hidalgo	Endémica	Pr
Dendrotriton megarhinus	Chiapas	Endémica	Pr
Dendrotriton xolocalcae	Chiapas	Endémica	Pr
Pseudoeurycea belli	ND	Endémica	A
Pseudoeurycea cephalica	Veracruz, Estado de México, Hidalgo		A
Pseudoeurycea firscheini	Veracruz	Endémica	Pr
Pseudoeurycea galeanae	Tamaulipas	Endémica	A
Pseudoeurycea leprosa	Estado de México, Puebla	Endémica	A
Pseudoeurycea longicauda	ND	Endémica	Pr
Pseudoeurycea nigromaculata	Veracruz	Endémica	Pr
Pseudoeurycea smithi	Oaxaca	Endémica	A
Thorius pennatulus	Veracruz	Endémica	Pr

Nota:
[1] Categoría de riesgo: Amenazadas (A), Sujetas a protección especial (Pr).

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
DOF. NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación. México. 2010 (30 de diciembre).
Mendoza, C., P. Burrowes y G. Parra. La quitridiomicosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 86 (1): 238-248. 2015.

Mapa b | *Ocurrencia de quitridiomicosis en México, 2013*



Nota:
[1] Los patrones de endemismo fueron modelados a escala de alta resolución de 1 km².

Fuentes:
Koleff, P., J. Soberón *et al.* Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. *En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio. México. 2008.
Mendoza, C., P. Burrowes y G. Parra. La quitridiomicosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 86(1): 238-248. 2015.

Referencias:

Alroy, J. Current extinction rates of reptiles and amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112 (42): 13003-13008. 2015.

Cheng, T.L., S.M. Rovito, D.B. Wake y V.T. Vredenburg. Coincident mass extirpation of neotropical amphibians with the emergence of the infectious fungal pathogen Batrachochytrium dendrobatidis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA.* 2011. doi: 10.1073/pnas.1105538108.

Hof, C., M. Araujo, W. Jetz y R. Carsten. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature* 480 (7387): 516-519. 2011.

Mendoza, C., P. Burrowes y G. Parra. La quitridiomicosis en los anfibios de México: una revisión. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86 (1): 238-248. 2015.

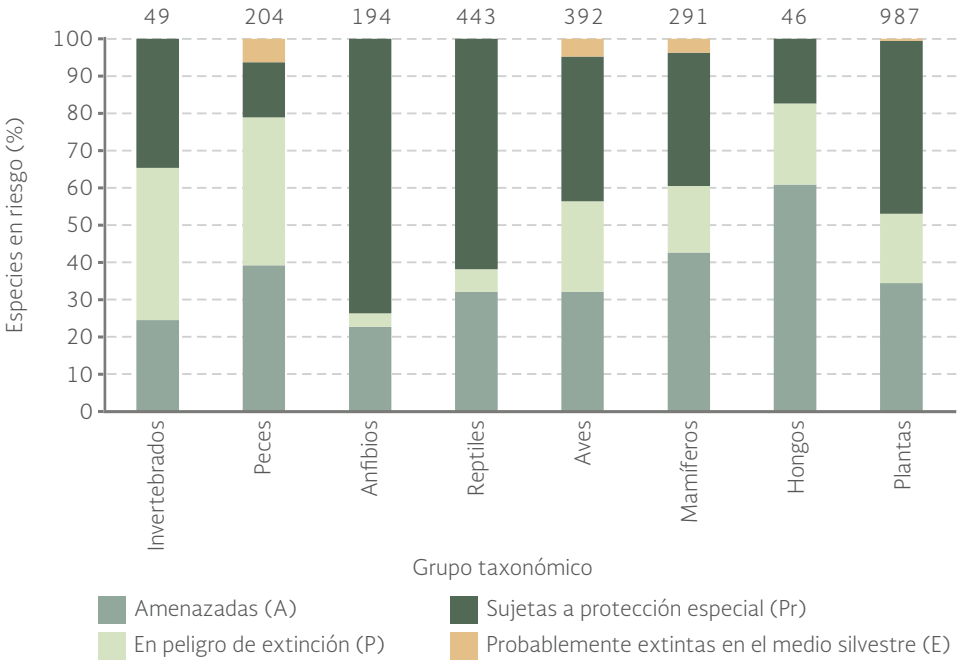
Rosenblum, E., T. James, K. Zemudio, *et al*. Complex history of the amphibian-killing chytrid fungus revealed with genome resequencing data. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 110 (23): 9385-9390. 2013.

Van Rooijk, P., A. Martel, F. Haesebrouck y F. Pasmans. Amphibian chytridiomycosis: a review with focus on fungus-host interactions. *Veterinary Research* 46: 137. Disponible en: https://veterinaryresearch.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13567-015-0266-0. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Whittaker, K. y V. Vredenburg. An Overview of Chytridiomycosis. AmphibiaWeb. Disponible en: www.amphibiaweb.org/chytrid/chytridiomycosis.html. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Yap, T. y M. Koo. *Batrachochytrium salamandrivorans:* Deadly fungal threat to salamanders. AmphibiaWeb. Disponible en: http://amphibiaweb.org/chytrid/Bsal.html. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Figura 4.15 | *Distribución de las especies, según su grado de riesgo[1], en los principales grupos taxonómicos según la NOM-059-SEMARNAT-2010*



Nota:
[1] Los números sobre las barras corresponden al total de especies en riesgo para cada grupo taxonómico dentro de la NOM-059-SEMARNAT- 2010.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
DOF. NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación. México. 2010 (30 de diciembre).

PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Ante la acelerada pérdida y degradación de los ecosistemas, de sus especies, así como de muchos de los servicios ambientales que brindan a la sociedad por el desarrollo y expansión de las actividades humanas, en México y el mundo se han implementado estrategias dirigidas a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad. También son cada vez mayores los esfuerzos para la restauración de muchos ecosistemas degradados y la recuperación de las poblaciones silvestres de numerosas especies en alguna categoría de riesgo de extinción, así como el desarrollo de conocimiento que dé soporte a las estrategias y programas para proteger la biodiversidad.

Recientemente, en cumplimiento con los compromisos internacionales, en especial en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, México ha actualizado su Estrategia Nacional sobre Biodiversidad y su Plan de Acción 2016-2030 (ENBioMex). Dicha estrategia busca, básicamente, establecer las bases para impulsar y orientar los esfuerzos del gobierno y de la sociedad para la conservación, manejo sustentable y restauración de los ecosistemas naturales, todo ello mediante el fortalecimiento y la creación de instrumentos regulatorios, económicos y de mercado que promuevan la valoración de la diversidad biológica y que permitan también el reparto justo y equitativo de los beneficios que de ella pueden obtenerse. Paralelamente, también se ha desarrollado la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal y, a nivel estatal, se ha avanzado en el desarrollo de las Estrategias Estatales de Biodiversidad, que promueven la implementación del CDB en el ámbito local.

Recuadro | La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

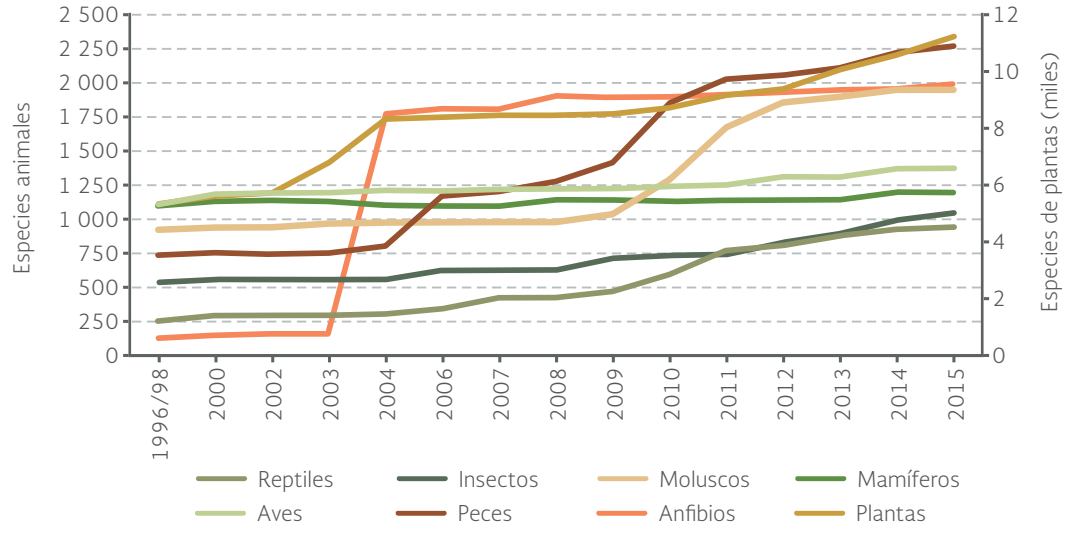
Según la Lista Roja que publica la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), el total de especies en el mundo en alguna categoría de riesgo aumentó en alrededor de 120% en 20 años, pasando de 10 533 especies a mediados de los años noventa a 23 250 en 2015. Por grupo taxonómico, las plantas poseen el mayor número de especies en riesgo (11 233), seguidas por los peces (2 271), los anfibios (1 994), los moluscos (1 950), las aves (1 375) y los mamíferos (1 197).

Uno de los grupos que ha registrado un crecimiento importante en el número de registros de la Lista es el de los anfibios, que de 124 especies en los años noventa pasó a 1 994 (un incremento del 1 508%) en 2015. Les siguieron los reptiles (su número se incrementó en 273%, de 253 se elevó a 944), los peces (209%, de 734 a 2 271), los moluscos (111%; de 920 a 1 950), las plantas (111%; de 5 328 a 11 233) y los insectos (95%; 537 a 1 046; Figura a; IUCN, 2015).

De acuerdo a la categoría de riesgo, si se considera tan sólo a los principales grupos, en 2015 un total de 4 680 especies estaban catalogadas en peligro crítico, 7 000 en peligro y 10 330 como vulnerables (Figura b).

Para México, en 2015 la IUCN reportaba 246 especies en peligro crítico, 401 en peligro y 484 en condición de vulnerabilidad[1]. En el caso de las especies extintas, enlista 25 y seis especies como

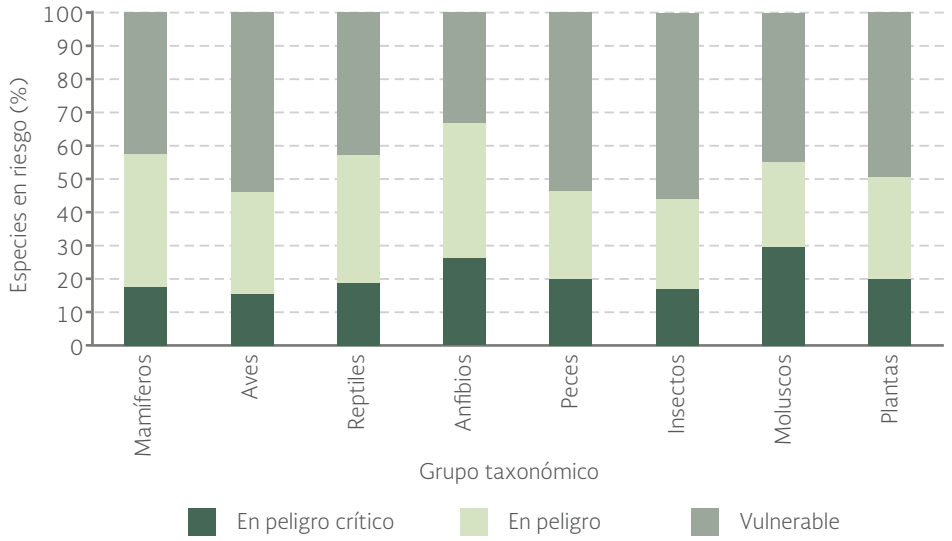
Figura a | *Especies de los principales grupos taxonómicos clasificadas en alguna categoría de riesgo según la IUCN, 1996 - 2015*



Fuente:
IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4.* The IUCN Species Survival Commission. 2015. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics.

[1] Además de las anteriores categorías, la Lista Roja de la IUCN incluye para nuestro país 240 especies dentro de la categoría de "Casi amenazado", 8 especies en la de "Bajo riesgo", 619 especies con "Datos insuficientes" y 4 916 especies bajo la categoría de "Preocupación menor".

Figura b | *Distribución de las especies, según su grado de riesgo, en los principales grupos taxonómicos según la IUCN, 2015*



Fuente:
IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4.* The IUCN Species Survival Commission. 2015. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics.

extintas en el medio silvestre, las cuales corresponden exclusivamente a fauna. Considerando el grupo taxonómico, en el país hay 382 especies de plantas en riesgo, 211 de anfibios, 179 de peces, 101 de mamíferos, 97 de reptiles, 93 de otros invertebrados, 61 de aves y siete de moluscos en alguna categoría de riesgo. Puesto que los criterios empleados para la clasificación de riesgo de las especies por la IUCN y la NOM-059-SEMARNAT-2010 son distintos, las cifras reportadas por ambos listados no son comparables.

La lista Roja de los Ecosistemas

A partir de mayo del 2014, la IUCN asumió oficialmente la elaboración de La Lista Roja de Ecosistemas, con la cual pretende conocer el estado de conservación de los ecosistemas mundiales e identificar sus riesgos. Se pretende que esta Lista sea parte de los indicadores usados para evaluar la salud ecosistémica, con la cual se logre apoyar propuestas en favor de la protección de ecosistemas no degradados como un elemento fundamental del bienestar humano.

Referencias:

DOF. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.* 2010 (30 de diciembre).

IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4.* The IUCN Species Survival Commission. 2015. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics. Fecha de consulta: marzo de 2016.

En términos generales, en nuestro país las principales estrategias de protección de la biodiversidad siguen dos enfoques: el diseño e implementación de programas o proyectos con acciones dirigidas a la protección o recuperación de especies o grupos biológicos particulares; y por otro, hacia la protección, el uso sustentable o la recuperación de los ecosistemas, con la ventaja colateral de influir en la provisión de los servicios ambientales que brindan a la sociedad.

PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE ESPECIES

Los esfuerzos recientes orientados a la conservación de especies en México tienen como antecedente el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000. En él se plantearon, entre otros objetivos, el desarrollo de los Proyectos de Conservación y Recuperación de Especies Prioritarias (PREP), en los cuales se seleccionaron especies de plantas y animales silvestres que, por sus características particulares, se consideraron como prioritarias. Como resultado de dichos esfuerzos, entre 1999 y 2008 se publicaron un total de 16 PREP (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 | *Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias publicados*

Proyecto	*Año de publicación*
Proyecto de Protección, Conservación y Recuperación del Águila Real.	1999
Proyecto de Recuperación del Lobo Mexicano (*Canis lupus baileyi*).	1999
Proyecto para la Conservación y Manejo del Oso Negro (*Ursus americanus*) en México.	1999
Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylia en México.	2000
Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Borrego Cimarrón (*Ovis canadensis*) en México.	2000
Protección, Conservación y Recuperación de la Familia Zamiaceae (*Cycadales*) de México.	2000
Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable del Berrendo (*Antilocapra americana)* en México.	2000
Programa Nacional de Protección, Conservación, Investigación y Manejo de Tortugas Marinas.	2000
Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Pinnípedos en México.	2000
Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Psitácidos en México.	2000
Proyecto de conservación y recuperación de la familia Palmea (*Arecaceae*) de México.	2000
Proyecto de conservación, recuperación y manejo del Manatí (*Trichechus manatus*) en México.	2001
Proyecto de Protección, Conservación y Recuperación del Perrito Llanero (*Cynomys mexicanus*).	2004
Proyecto para la Conservación y Manejo del Jaguar en México.	2006
Estrategia para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Aves Acuáticas y su Hábitat en México.	2008
Estrategia para la Conservación y Manejo de las Aves Playeras y su Hábitat en México.	2008

Fuente:
Dirección General de Vida Silvestre. Semarnat. México. 2012. Disponible en: www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/vida-silvestre/proyectos-de-repoblacion. Fecha de consulta: junio de 2015.

En 2007 dio inicio el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (Procer), orientado a la recuperación de especies en riesgo, a cargo de la Semarnat (a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Conanp) en colaboración con otras secretarías de estado (como la Sedesol y Sagarpa, entre otras). Cada una de las especies consideradas dentro del Procer se atiende por medio de los Programas de Acción para la Conservación de Especies (PACE), los cuales contienen las estrategias, actividades y acciones específicas que permiten la conservación, protección y recuperación de poblaciones de las especies en el corto, mediano y largo plazos. Con estas estrategias de conservación se busca, además, elevar la calidad de vida de los grupos sociales involucrados mediante el fomento de actividades productivas alternativas y de organización comunitaria (Conanp, 2011). Actualmente, el Procer atiende 45 especies en riesgo (Tabla 4.6).

En cuanto a los PACE, uno de los resultados más importantes ha sido la recuperación de las poblaciones silvestres de algunas especies. El lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*) y el cóndor de California (*Gymnogyps californianus*) son dos de los ejemplos más relevantes. El lobo mexicano fue erradicado de su hábitat natural desde mediados del siglo pasado, principalmente por la cacería furtiva. Se reintrodujo en vida libre en 2011, año en el cual se obtuvo la primera camada. En 2015 se observó la segunda camada y la población actualmente suma 19 individuos; un total de ocho áreas naturales protegidas federales participan en la protección de esta especie.

En el caso del cóndor de California, en 1937 se tuvo el registro de la última observación en territorio mexicano. Después de una campaña de reproducción en cautiverio y de la colaboración entre los Estados Unidos y México, en 2002 se reintrodujeron en la sierra de San Pedro Mártir, en Baja California, los primeros ejemplares en vida libre. En 2015, la población en la región ascendía a 36 ejemplares, con tres de las crías nacidas en estado silvestre ya en vuelo.

Con la finalidad de optimizar los esfuerzos futuros de conservación de grupos de especies particulares en el país, en marzo de 2014, la Semarnat publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se da a conocer la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación, que se compone de 372 especies y subespecies de plantas y animales. La identificación de estas especies permitirá promover el desarrollo de proyectos para su conservación y recuperación, así como la de los ecosistemas en los que se encuentran. El listado incluye 123 especies de plantas, 104 de aves, 42 de reptiles, 41 de mamíferos y 18 especies de anfibios, entre los grupos más representativos.

Dentro de los grupos biológicos que han contado con estrategias particulares de conservación en el país están las tortugas marinas. A las playas del país arriban seis de las siete especies conocidas en el mundo. Sus poblaciones a nivel mundial se encuentran amenazadas como resultado, principalmente, de la captura y muerte de hembras anidadoras, de la captura incidental por las actividades pesqueras de juveniles y adultos, del saqueo de nidos y por la fragmentación y pérdida de sitios de alimentación y reproducción. Según la NOM-059-SEMARNAT-2010, las seis especies de tortugas marinas que visitan el territorio nacional se encuentran en peligro de extinción.

Las labores de conservación de estas especies se han articulado por más de 40 años a través del Programa Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas (PNCTM), el cual es coordinado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas como parte del Procer. Se implementa en los 32 Centros para la Conservación de las Tortugas Marinas localizados en 15 estados costeros del país; solo Sonora y Tabasco carecen a la fecha de este tipo de centros.

Tabla 4.6 | *Especies consideradas para la elaboración de PACE*

	Nombre común	*Nombre científico*
1	Águila real	*Aquila chrysaetos*
2	Jaguar	*Panthera onca*
3	Lobo mexicano	*Canis lupus baileyi*
4	Vaquita marina	*Phocoena sinus*
5	Tortuga laúd	*Dermochelys coriacea*
6	Berrendo	*Antilocapra americana*
7	Tapir	*Tapirus bairdii*
8	Cotorra serrana oriental y Cotorra serrana occidental	*Rhynchopsitta terrisi* *Rhynchopsitta pachyrhyncha*
9	Oso negro americano	*Ursus americanus*
10	Perrito llanero de cola negra	*Cynomys ludovicianus*
11	Guacamaya verde	*Ara militaris*
12	Guacamaya roja	*Ara macao*
13	Loro cabeza amarilla Loro nuca amarilla	*Amazona oratrix* *Amazona auropalliata*
14	Zapote prieto	*Diospyros xolocotzii*
15	Ballena azul	*Balaenoptera musculus*
16	Ballena jorobada	*Megaptera novaeangliae*
17	Tortuga caguama	*Caretta caretta*
18	Tortuga carey	*Eretmochelys imbricata*
19	Tortuga lora	*Lepidochelys kempii*
20	Pavón	*Oreophasis derbianus*
21	Rapaces neotropicales: Águila harpía Águila elegante Águila tirana Águila blanquinegra Zopilote rey	 *Harpia harpyja* *Spizaetus ornatus* *Spizaetus tyrannus* *Spizastur melanoleucus* *Sarcoramphus papa*
22	Bisonte	*Bison bison*
23	Cóndor de California	*Gymnogyps californianus*
24	Primates: Mono araña, Mono aullador, saraguato yucateco o negro Mono aullador saraguato de manto	 *Ateles geoffroyi* *Alouatta pigra* *Alouatta palliata*
25	Teporingo o zacatuche	*Romerolagus diazi*
26	Tortuga verde - negra	*Chelonia mydas*
27	Acroporas: Coral cuerno de ciervo Coral cuerno de alce	 *Acropora cervicornis* *Acropora palmata*
28	Tortuga golfina	*Lepidochelys olivacea*
29	Manatí	*Trichechus manatus*

Tabla 4.6 | *Especies consideradas para la elaboración de PACE* (conclusión)

	Nombre común	*Nombre científico*
30	Pecarí de labios blancos	*Tayassu pecari*
31	Tiburón ballena	*Rhincodon typus*
32	Tiburón blanco	*Carcharodon carcharias*
33	Castor	*Castor canadensis*
34	Nutria	*Lontra longicaudis*
35	Quetzal	*Pharomachrus mocinno*
36	Venado bura de Isla Cedros	*Odocoileus hemionus cerrosensis*
37	Gorrión de Worthen	*Spizella wortheni*
38	Rorcual común	*Balaenoptera physalus*
39	Abronias	*Abronia spp.*
40	Halcón aplomado	*Falco femoralis*
41	Gorrión serrano	*Xenospiza baileyi*
42	Ajolotes	*Ambistoma spp.*
43	Lobo fino de Guadalupe	*Arctophoca philippii townsendi*
44	Perrito llanero mexicano	*Cynomys mexicanus*
45	Ocelote	*Leopardus pardalis*

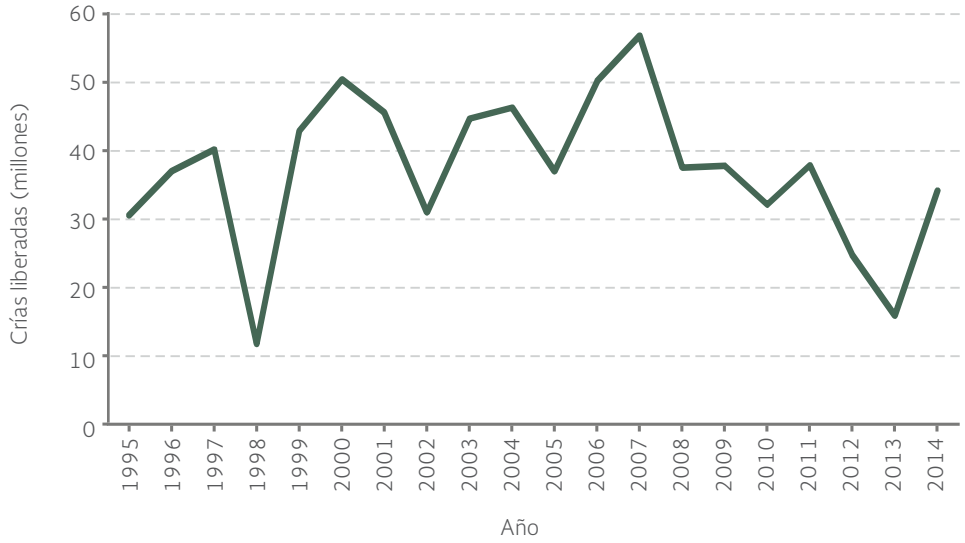
Fuente:
Programa de Conservación de Especies en Riesgo. Conanp. México. 2016.

Las labores que realiza la Conanp en los campamentos se enfocan principalmente a la protección de hembras, nidos, huevos y crías de tortuga marina para su posterior liberación hacia su entorno natural. El número de crías liberadas entre 1995 y 2014, considerando a las seis especies[5] que desovan en las playas mexicanas, fue en promedio de aproximadamente 43.67 millones de crías por año (Figura 4.16).

Otra de las presiones importantes sobre muchas especies de flora y fauna en el mundo, incluido México, es la sobreexplotación de las poblaciones naturales con fines de obtención de productos de subsistencia o comerciales. En décadas recientes, este fenómeno ha crecido como resultado de una mayor demanda, en muchos mercados del mundo (principalmente Estados Unidos, Europa y Asia), de ejemplares o partes de organismos de la vida silvestre que se venden como mascotas o plantas de ornato, o bien para la obtención de carne, medicinas, pieles o como piezas de caza, entre otros. Mucha de esta extracción y comercio se realiza de manera ilegal, violando las leyes nacionales de muchos países de donde se extraen, y de aquellos en donde se venden como producto final.

[5] A nivel internacional, la IUCN cataloga en peligro crítico de extinción a las especies lora (*Lepidochelys kempii*) y carey (*Eretmochelys imbricata*); en peligro a la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y verde (*Chelonia mydas*) y como vulnerable a las tortugas laud (*Dermochelys coriacea*) y golfina (*Lepidochelys olivacea*).

Figura 4.16 | *Crías liberadas de tortugas marinas en México, 1995 - 2014*



Fuente:
Coordinación Técnica del Programa Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas, Conanp, Semarnat. México.2015.

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés), tiene por finalidad vigilar que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Hasta finales de 2015, 181 países se habían adherido a la Convención, entre ellos México que lo hizo en 1991. Las especies amparadas por la CITES suman más de 35 mil especies de plantas y animales enlistadas en tres Apéndices de acuerdo al grado de protección que requieran. En términos generales, el Apéndice I incluye todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio; el Apéndice II incluye a las especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio internacional debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia; y el Apéndice III incluye todas las especies protegidas por algún país que ha solicitado la asistencia de otros países de la Convención para controlar su comercio (CITES, 2016).

Específicamente en el caso de México, poco más de 2 000 especies de los Apéndices I y II de la CITES son nativas del país; de éstas, alrededor de 500 especies son animales y 1 500 plantas (Tabla 4.7). Es importante resaltar que aunque México no tiene registradas especies en el Apéndice III, algunas especies propuestas por otros países para este apéndice se distribuyen en ecosistemas mexicanos.

La CITES funciona a través de un sistema de permisos y certificados para la importación, exportación, re-exportación e introducción de especímenes (o sus partes y derivados) de especies enlistadas en sus Apéndices. En términos generales, los permisos y certificados para el comercio internacional de especímenes de los Apéndices I y II son otorgados por la Autoridad Administrativa únicamente cuando una Autoridad Científica del Estado, que es quien los exporta,

ha determinado que no será en detrimento de la supervivencia de la especie[6].

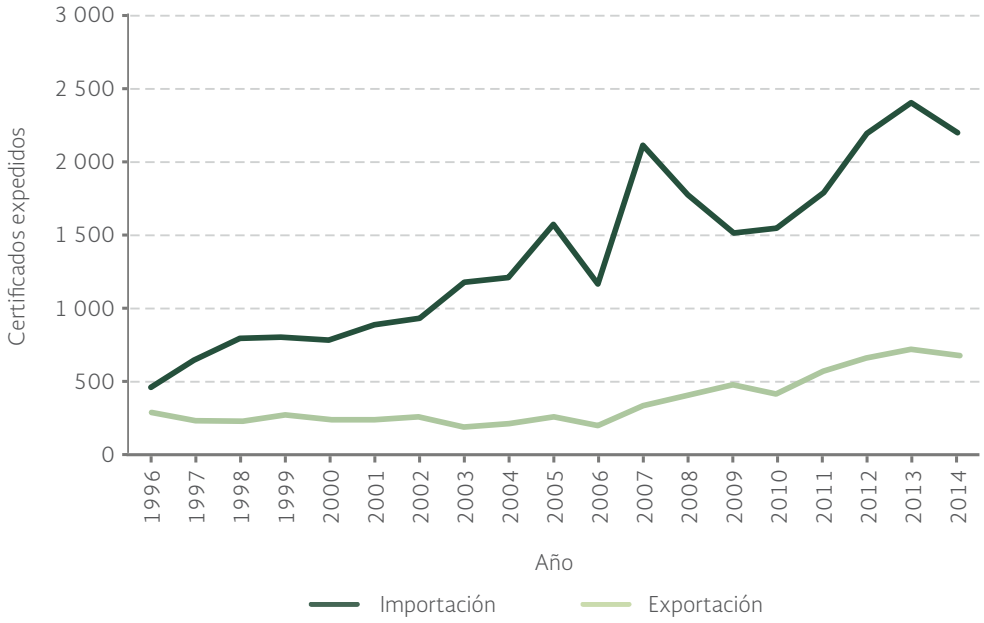
Respecto a los certificados CITES expedidos, de acuerdo con la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS), las exportaciones se mantuvieron relativamente constantes durante el periodo 1996 a 2006 (con un promedio de 243 certificados por año), a partir del cual han crecido hasta alcanzar los 683 certificados en 2014 (Figura 4.17). En el caso de las importaciones, éstas aumentaron, con oscilaciones importantes, desde 1996 hasta alcanzar los 2 204 certificados en 2014 (Cuadro D3_BIODIV03_10).

Tabla 4.7 | *Especies mexicanas incluidas en los apéndices de la CITES*

Grupo	Apéndice		
	I	II	III
Animales	70	416	25
Plantas	68	1427	1
Total	**138**	**1843**	**26**

Fuente:
UNEP-WCMC, 2016. Species + Database. Disponible en: www.speciesplus.net/.

Figura 4.17 | *Certificados CITES expedidos en México, 1996 - 2014*



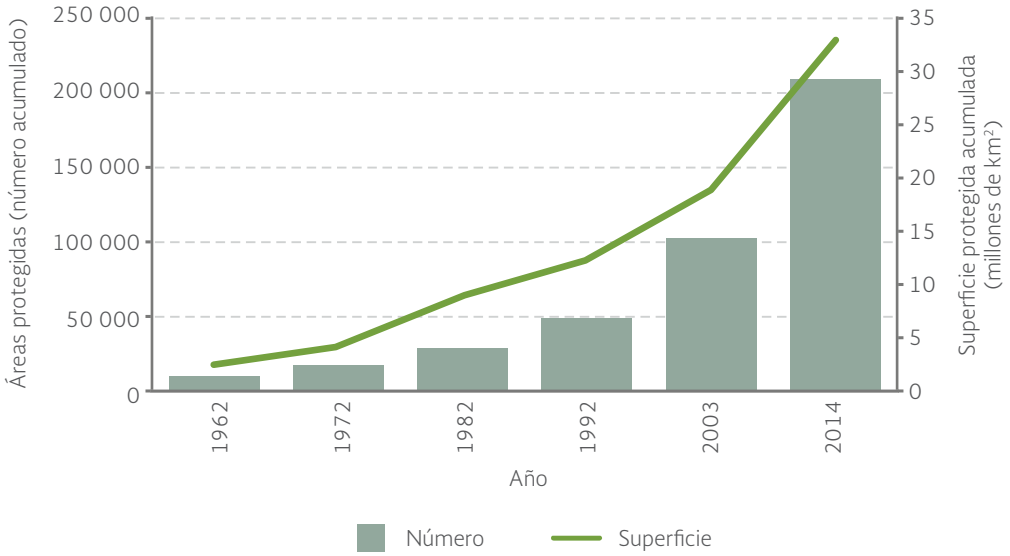
Fuente:
Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, DGVS, Semarnat. México, abril de 2015.

[6] En el caso de México, la autoridad administrativa ante este organismo es la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS), la cual se encarga de la emisión de permisos y certificados, así como de dar seguimiento a estadísticas de comercio y otorgar la certificación de criaderos y viveros. La Conabio es la autoridad científica encargada de brindar asesoría técnica y científica a la autoridad administrativa, emitir los dictámenes de extracción no perjudicial, emitir recomendaciones y elaborar propuestas de enmienda a los Apéndices, entre otras funciones. Finalmente, quien realiza las verificaciones sobre el cumplimiento de la legislación CITES, la inspección en puertos, aeropuertos y fronteras, así como de la identificación de redes de tráfico ilegal y la inspección de centros de comercio, reproducción y aprovechamiento, es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa).

La creación de áreas naturales protegidas (ANP) ha sido, desde el siglo pasado, una de las principales estrategias empleadas globalmente para la conservación de los ecosistemas naturales y sus especies. Se conciben como porciones terrestres o acuáticas representativas de los diversos ecosistemas de un país o de una región en donde el ambiente original, por lo general, no ha sido alterado de manera significativa (Conanp, 2015). Su importancia se reconoce no sólo como medio para la conservación de los ecosistemas y de las especies que los habitan, sino también como elemento fundamental para conseguir la continuidad en la provisión de servicios ambientales importantes para el desarrollo social y económico de las comunidades y de los países.

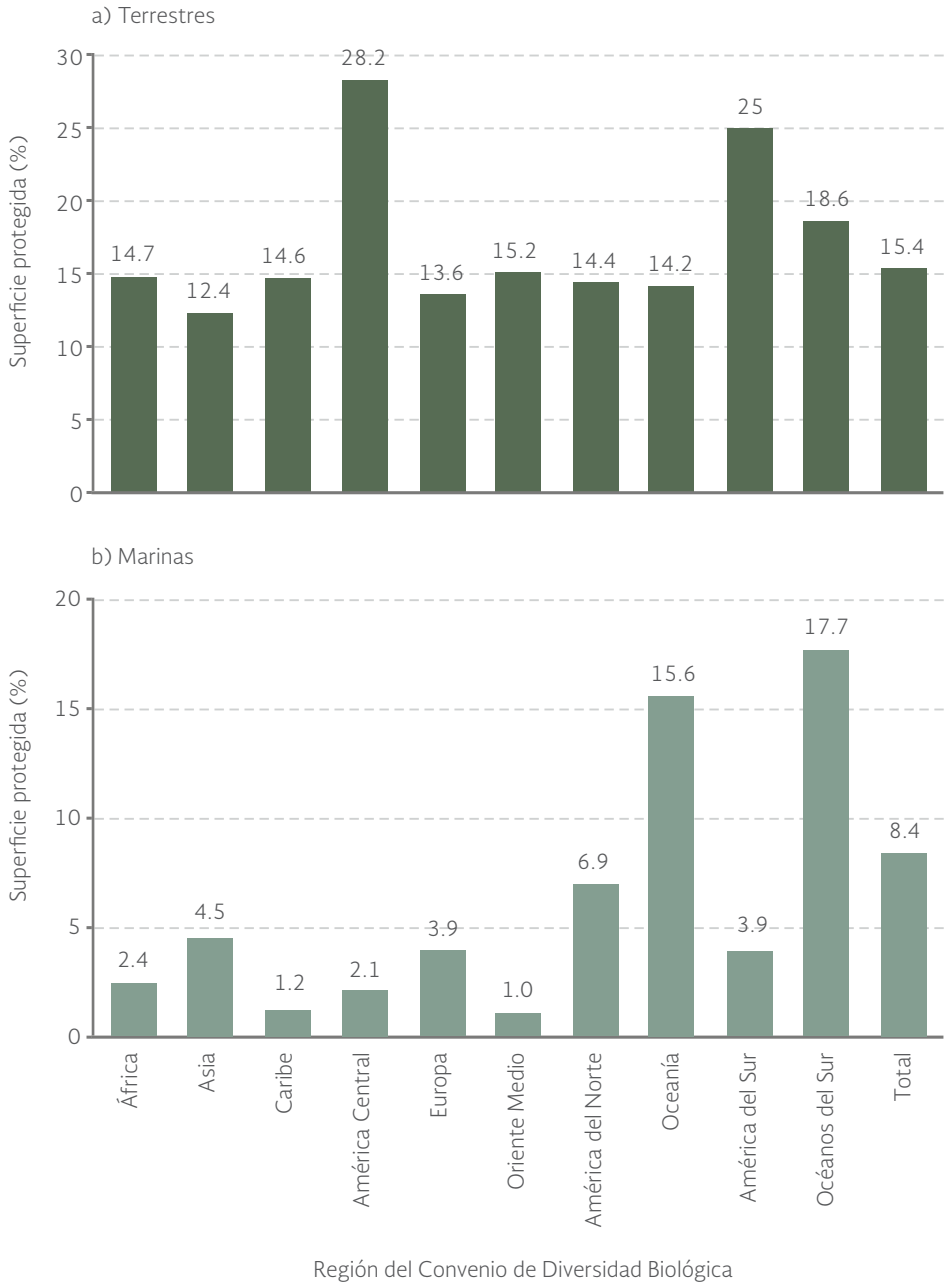
En 2014 se tenían registradas 209 429 áreas protegidas en el mundo, que abarcaban una superficie total de poco más de 32.8 millones de kilómetros cuadrados (20.6 millones de km^2 de ecosistemas terrestres y de aguas continentales y aproximadamente de 12 millones en zonas marinas), lo que representaba alrededor del 15.4% de la superficie terrestre global y cerca del 3.4% de los océanos (Figura 4.18). En la porción terrestre, América Central y América del Sur son las regiones que poseen una mayor superficie relativa cubierta por áreas protegidas, con el 28.2 y 25%, respectivamente (Figura 4.19a). En el ambiente marino, las regiones con las mayores proporciones relativas protegidas son los países de los Océanos del Sur (17.7%), Oceanía (15.6%) y América del Norte (6.9%; Figura 4.19b).

Figura 4.18 | *Áreas protegidas en el mundo, 1962 - 2014*



Fuente:
Deguignet M., D. Juffe-Bignoli, J. Harrison, B. MacSharry, N. Burgess. N. Kingston. *2014 United Nations List of Protected Areas.* UNEP-WCMC: Cambridge, UK. 2014.

Figura 4.19 | *Áreas protegidas en el mundo, según región del Convenio de Diversidad Biológica, 2014*



Fuente:
Deguignet M., D. Juffe-Bignoli, J. Harrison, B. MacSharry, N. Burgess. N. Kingston. *2014 United Nations List of Protected Areas.* UNEP-WCMC: Cambridge, UK. 2014.

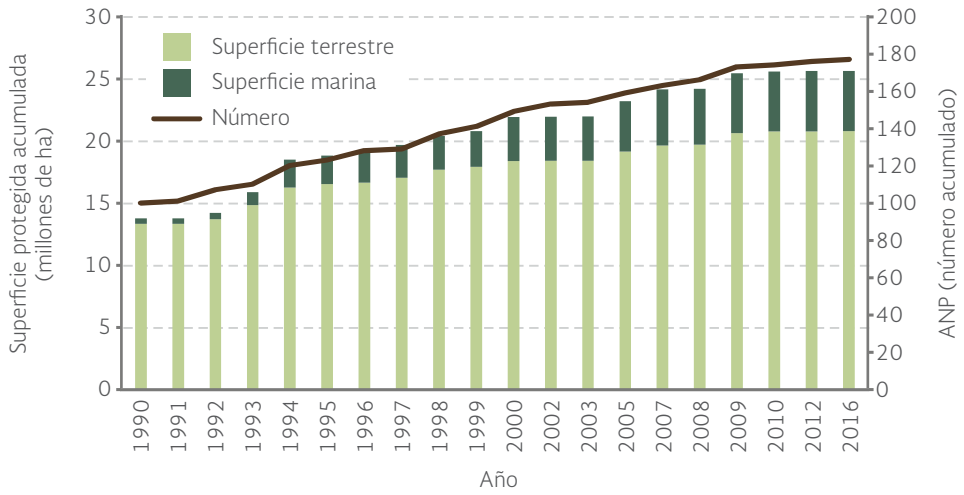
En México, las ANP también han sido uno de los instrumentos más importantes para proteger la biodiversidad nacional. Durante las últimas décadas se han realizado esfuerzos importantes para ampliar la superficie de los principales ecosistemas del país dentro de áreas protegidas. A principios de los años noventa se habían decretado 101 áreas de carácter federal en una superficie total de

alrededor de 13.9 millones de hectáreas, es decir, 7.1% de la superficie nacional. Hasta junio de 2016 esta cifra había crecido a 177 áreas protegidas federales, las cuales cubrían 25.43 millones de hectáreas (20.57 millones en zonas terrestres y 4.86 millones en zonas marinas), lo que equivale a aproximadamente 10.47% de su superficie terrestre y 1.54 % de la superficie marina (Figura 4.20 y Mapa 4.4; **IB 6.1-6**, **6.3-10**, **6.3.1-4**, **6.4.1-7** y **6.4.2-7**).

Con el fin de dar cumplimiento al compromiso adquirido por México y los demás países del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) que establece alcanzar el 17% de la superficie terrestre y el 10% de la marina nacional bajo protección para el año 2020[7], nuestro país deberá ampliar la superficie terrestre protegida actual en 12.6 millones de hectáreas y la marina en 26.6 millones.

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), las ANP federales se clasifican en seis categorías de manejo: áreas de protección de flora y fauna (APFyF), áreas de protección de los recursos naturales (APRN), monumentos naturales (MN), parques nacionales (PN), reservas de la biosfera (RB) y santuarios (S). En 2015, había 66 parques nacionales que contribuían con apenas el 5.5% de la superficie federal protegida (Figura 4.21). Las 41 reservas de la biosfera decretadas, de gran relevancia por la extensión y condición de los ecosistemas que albergan, cubren alrededor del 49.8% de la superficie protegida; por su parte, las 39 áreas de protección de flora y fauna contribuyen con el 26.5% y las áreas de protección de los recursos naturales con el 17.6%.

Figura 4.20 | *Crecimiento histórico de las áreas naturales protegidas federales en México, 1990 - 2016*[1]

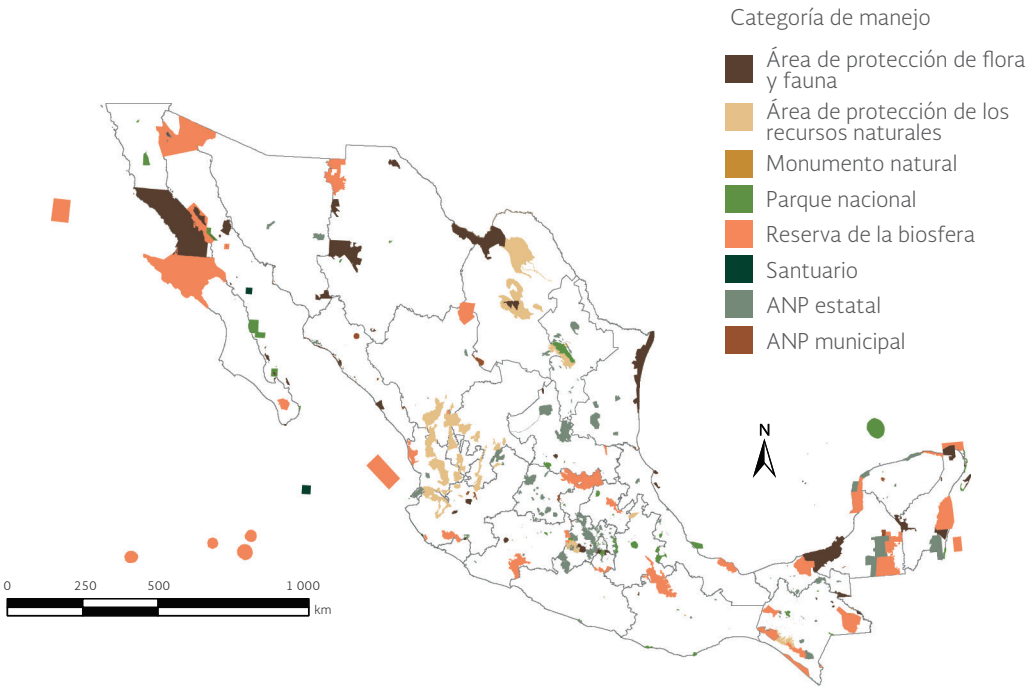


Nota:
[1] Datos preliminares al 30 de junio.

Fuente:
Dirección de Evaluación y Seguimiento. Conanp. Semarnat. México. 2015.
Semarnat. *Cuarto Informe de Labores 2015-2016*. Semarnat. México. 2016.

[7] Este compromiso corresponde a la meta 11 de las Metas de Aichi del Convenio de Diversidad Biológica.

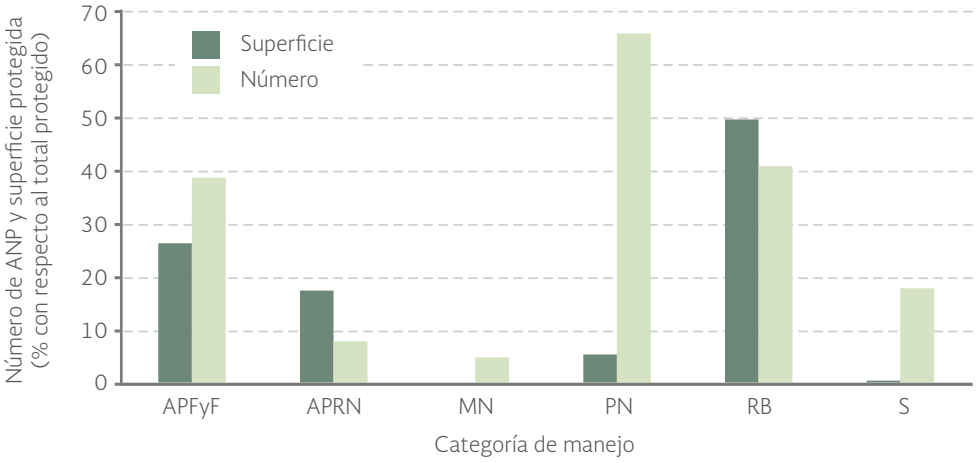
Mapa 4.4 | *Áreas naturales protegidas federales, estatales y municipales de México*[1]



Nota:
[1] Los datos para las ANP federales y estatales corresponden a 2015, en tanto que para las ANP municipales corresponden a 2016.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
ANP federales:
Dirección de Evaluación y Seguimiento, Conanp, Semarnat. México. 2015.
ANP estatales:
Conabio. *Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales y Privadas de México 2015*. Conabio. México. 2015.
ANP municipales:
Dirección de Evaluación y Seguimiento, Subdirección encargada de la coordinación de Geomática, Conanp, Semarnat. México. 2016.

Figura 4.21 | *Áreas naturales protegidas federales, por categoría de manejo en México, 2015*



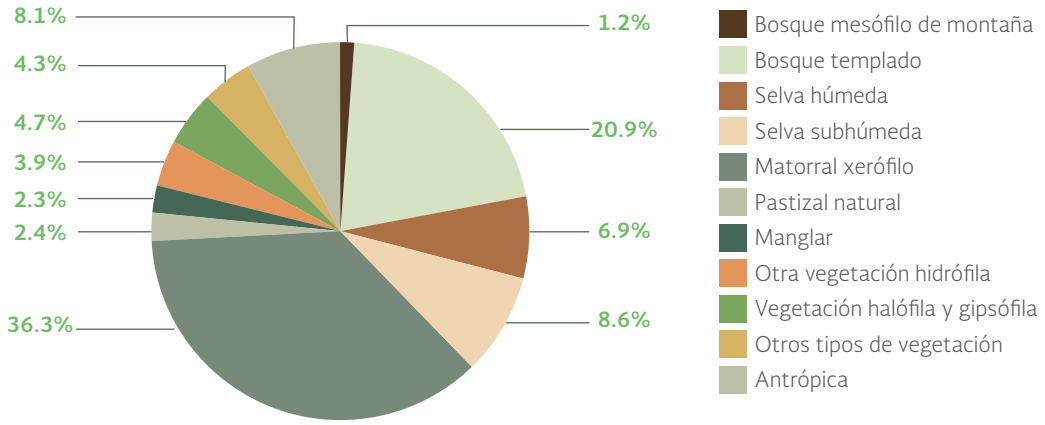
Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Subdirección de Análisis de Información Espacial de la Dirección de Evaluación y Seguimiento, Conanp, Semarnat. México. 2015.

Dentro de las áreas naturales protegidas federales se pueden encontrar casi todos los ecosistemas terrestres existentes en nuestro país. Por la extensión que cubren destacan los matorrales xerófilos, con casi 7.2 millones de hectáreas (36.3% de la superficie protegida), seguidos por los bosques templados con 4.2 millones (20.9%) y las selvas subhúmedas y húmedas con 3.1 millones en conjunto (8.6 y 6.9%, respectivamente; Figura 4.22).

No obstante su estatus como áreas de protección, no toda la cubierta vegetal de las ANP conserva su estado primario. Debido a que en una parte de las ANP los procesos de deterioro, ya sea tanto por factores naturales (incendios o fenómenos meteorológicos, por ejemplo) como por las actividades humanas, han continuado hasta la fecha, en todas ellas una proporción de su cubierta se halla en estado secundario[8]. En el caso de los matorrales xerófilos, alrededor del 98% de la superficie protegida conserva su estado primario[9]; le siguen por su porcentaje los bosques templados (con cerca del 69%), los bosques mesófilos de montaña (68%) y las selvas subhúmedas y húmedas (55 y 52%, respectivamente; Figura 4.23). Para mayores detalles sobre el impacto de las actividades humanas en las ANP del país, ver el recuadro La huella humana en las áreas naturales protegidas.

Respecto a los ecosistemas marinos protegidos, en 2015 se tenían un total de 34 ANP que cubrían cerca de 4.9 millones de hectáreas (aproximadamente 18.9% de la superficie total de las ANP federales). Dentro de algunas de ellas se protegen sistemas arrecifales de gran importancia ecológica,

Figura 4.22 | *Superficie relativa de los principales ecosistemas en las áreas naturales protegidas federales en México, 2015*[1]



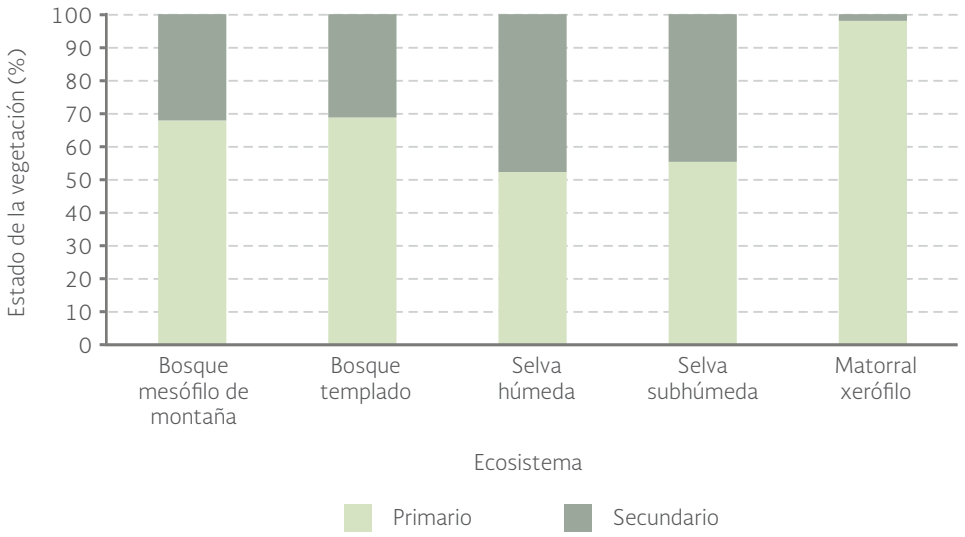
Nota:
[1] Los datos de las ANP corresponden a 2015, mientras que la estimación de la superficie de los principales ecosistemas fueron elaborados con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie V, con datos de 2011.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de :
Conanp. México. 2015.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1:250 000*. México. 2013.

[8] Para mayores detalles respecto a las características de la vegetación primaria y secundaria, consultar el capítulo sobre Ecosistemas terrestres.

[9] Es importante mencionar que debido a la dificultad que representa conocer con certeza el estado de conservación de muchos matorrales del país, esta cifra podría ser una sobrestimación del valor real. El estado primario o secundario de la vegetación que se presenta en el texto corresponde a su estado en 2011, ya que fue estimado a partir de la Carta del Uso del Suelo y Vegetación Serie V del INEGI que corresponde a datos de esa fecha.

Figura 4.23 | *Estado de la vegetación en las áreas naturales protegidas federales en México, 2015*[1]



Nota:
[1] Los datos de las ANP corresponden a 2015, mientras que la estimación de la superficie de los principales ecosistemas fueron elaborados con la Carta de Uso de Suelo y Vegetación, Serie V, con datos de 2011.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de :
Conanp. México. 2015.
INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1:250 000.* México. 2013.

como los de Cabo Pulmo, en la costa de Baja California Sur; el Sistema Arrecifal Veracruzano, en el Golfo de México, y en el Caribe los arrecifes de Cozumel y una porción de la Barrera Arrecifal Mesoamericana (catalogada como la segunda más importante a nivel mundial después de la Gran Barrera de Arrecifes en Australia). Para mayores detalles de la condición actual de este ecosistema en el territorio nacional se sugiere consultar el recuadro El arrecife Mesoamericano. En 2015, 18 ANP federales protegían dentro de sus límites arrecifes de coral (**IB 6.3.1-4**), además de comunidades de pastos marinos, vegetación de dunas costeras, esteros, lagunas costeras y manglares.

Con respecto a las especies que se protegen dentro de las ANP, en 155 áreas se resguarda el hábitat de 983 especies endémicas al país. El grupo taxonómico con mayor número de especies endémicas protegidas es el de las plantas, seguido por el de los reptiles, las aves y los mamíferos. De las 983 especies endémicas en ANP, 187 son consideradas como micro-endémicas, es decir, su distribución geográfica es muy restringida, y se protegen en 84 ANP federales.

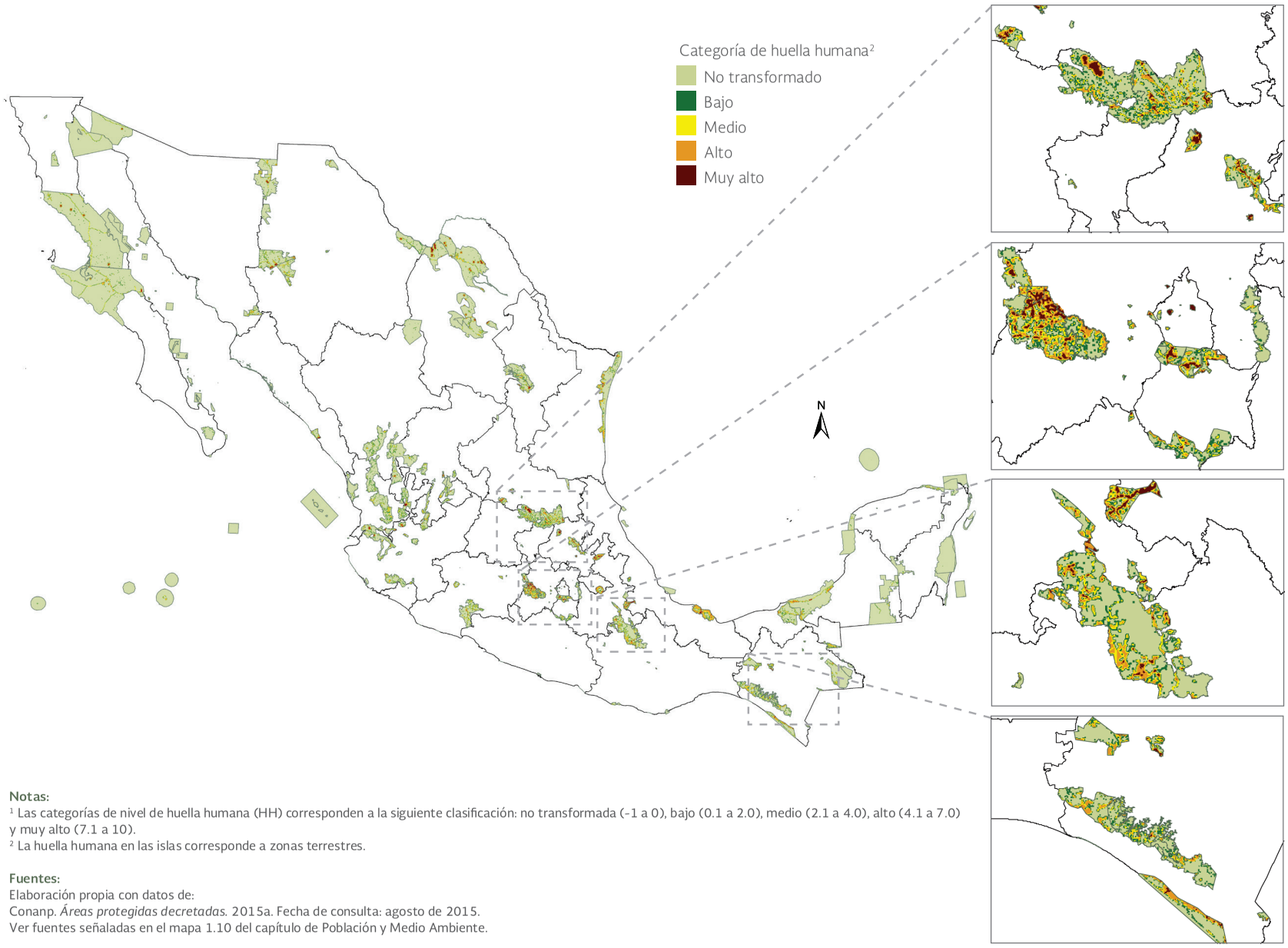
Así también, en algunas de las ANP federales del país se protegen a diversas especies prioritarias (Tabla 4.8). Por ejemplo, aves como el quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno*) y el pavón (*Oreophasis derbianus*) se han identificado en al menos cuatro ANP cada uno. El jaguar (*Panthera onca*), una especie que contaba con una amplia distribución histórica, ahora se encuentra dentro de 43 ANP en el país. En contraste, especies como la vaquita marina (*Phocoena sinus*) y el cóndor de California (*Gymnogips californianus*) sólo mantienen poblaciones dentro de una ANP.

Recuadro | La huella humana en las áreas naturales protegidas federales

Las áreas naturales protegidas son espacios dedicados a la conservación de ecosistemas relevantes por su biodiversidad, por los servicios ambientales que brindan a la sociedad o por la presencia de especies de importancia ecológica, económica y/o cultural. No obstante, muchas de ellas muestran signos de degradación ambiental, ya sea porque ésta ocurrió con anterioridad a su declaratoria como área protegida, o bien porque continúa por la presencia de grupos y actividades humanas. La degradación ambiental de los ecosistemas de las ANP también puede ser el resultado de eventos naturales como los incendios forestales, deslizamientos de tierra o fenómenos meteorológicos extremos como sequías, huracanes, tornados o inundaciones, entre otros; incluso la sinergia de estos eventos con las actividades humanas puede agravar la situación de los ecosistemas en muchas de ellas.

Conocer el estado de conservación de los ecosistemas dentro de las áreas naturales protegidas es relevante para la conservación de su biodiversidad. La Conanp ha realizado, a la fecha, diversos estudios de este tipo en algunas de las ANP federales del país, las cuales pueden consultarse en su portal electrónico. Esta información permite conocer áreas afectadas o vulnerables y con ello diseñar mejores planes y estrategias para la protección, recuperación y posible uso sustentable de sus ecosistemas y especies. Estimar el estado de conservación de un área protegida puede realizarse a través de distintos indicadores; una aproximación reciente es la "huella humana", una medida de la transformación que los seres humanos han hecho de los ambientes físicos y los ecosistemas naturales que albergan (Sanderson *et al.*, 2002). Su intensidad sobre el ambiente es el resultado del tipo de actividad realizada, de la superficie que ocupa y de la acumulación de actividades a través de áreas extensas y a lo largo del tiempo (González-Abraham *et al.*, 2015; Sanderson *et al.*, 2002). Su cálculo considera los impactos por las actividades productivas (por ejemplo, agricultura, ganadería, acuicultura, plantaciones forestales o minería a cielo abierto), por la presencia de zonas urbanas (incluyendo zonas industriales e instalaciones de generación de energía) y de infraestructura (vías de comunicación, presas, aeropuertos, canales, líneas de transmisión eléctrica, sitios de disposición de residuos sólidos y las plantas de tratamiento, entre otras).

Mapa a | *Huella humana[1] (HH) en las áreas naturales protegidas federales, 2015*

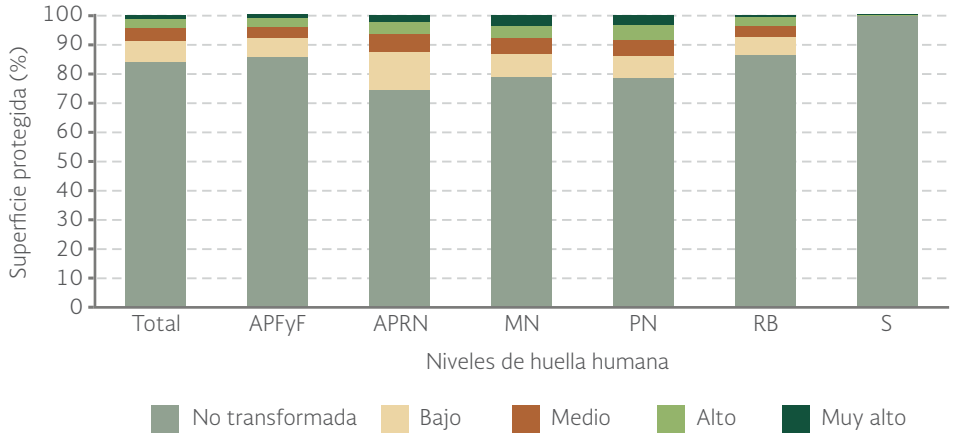


Notas:
[1] Las categorías de nivel de huella humana (HH) corresponden a la siguiente clasificación: no transformada (-1 a 0), bajo (0.1 a 2.0), medio (2.1 a 4.0), alto (4.1 a 7.0) y muy alto (7.1 a 10).
[2] La huella humana en las islas corresponde a zonas terrestres.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conanp. *Áreas protegidas decretadas.* 2015a. Fecha de consulta: agosto de 2015.
Ver fuentes señaladas en el mapa 1.10 del capítulo de Población y Medio Ambiente.

En México, el 84% de la superficie total protegida federal tenía en 2011, un nivel extremadamente bajo de alteración por las actividades humanas[1] (Figura a). Superficies relativamente pequeñas, del 3 y 1% respectivamente, correspondían a áreas con altos y muy altos niveles de alteración. En el Mapa a se muestra la huella humana dentro de las ANP federales del país. Puede observarse que algunas de las áreas que muestran altos porcentajes de su superficie con valores elevados de huella humana son aquellas incluidas en zonas urbanas, como en el caso de El Histórico Coyoacán, el Cerro de la Estrella, El Tepeyac o Fuentes Brotantes de Tlalpan (incluidas dentro de la Ciudad de México), las cuales tienen hasta el 99% de su superficie clasificada en las categorías de alta y muy alta huella humana.

Figura a | *Huella humana en las áreas naturales protegidas federales[1] en México, 2015*



Nota:
[1] Las áreas naturales protegidas se clasifican en: áreas de protección de flora y fauna (APFyF), áreas de protección de recursos naturales (APRN), monumentos naturales (MN), parques nacionales (PN), reservas de la biosfera (RB) y santuarios (S).

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conanp. *Áreas protegidas decretadas. 2015a.* Fecha de consulta: agosto de 2015.
Ver fuentes señaladas en el mapa 1.10 del capítulo de Población y Medio Ambiente.

Referencias:

Bonham-Carter, G.F. *Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS*. Pergamon, Oxford. 1994.

Conanp. *Áreas protegidas decretadas*. 2015a. Disponible en: www.conanp.gob.mx/que_hacemos/. Fecha de consulta: agosto de 2015.

González-Abraham, C., E. Ezcurra, P.P. Garcillán, A. Ortega-Rubio, M. Kolb y J.E. Bezaury Creel. *The human footprint in Mexico: physical geography and historical legacies. PLoS ONE* 10: (3). 2015.

Sanderson, E.W., M. Jaiteh, M.A. Levy, K.H. Redford, A.V. Wannebo y G. Woolmer. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52: 891. 2002.

Theobald, D.M. A general model to quantify ecological integrity for landscape assessments and US application. *Landscape Ecology* 28: 1859 – 1874. 2013.

[1] La Intensidad de la huella humana se determinó a través del cálculo de un índice que asigna valores a las fuentes humanas que han modificado el ambiente natural en un área particular (ver metodología de González-Abraham *et al.*, 2015). Los valores del índice están entre -1 y 10, donde -1 representa un área con nula modificación del ambiente por actividad antrópica y 10 representa áreas donde la acumulación de la transformación humana ha sido máxima.

Recuadro | El arrecife mesoamericano

Los arrecifes coralinos constituyen uno de los ecosistemas más biodiversos del mundo. La variedad de especies que viven en ellos es mayor a la de cualquier otro ecosistema marino de aguas poco profundas, y sólo comparable en el medio terrestre a las selvas tropicales y los bosques de niebla. Los arrecifes de coral sustentan aproximadamente 25% de todas las especies marinas conocidas en la actualidad, a pesar de que ocupan menos del 1% del área oceánica global (Basurto-Lozano, 2006).

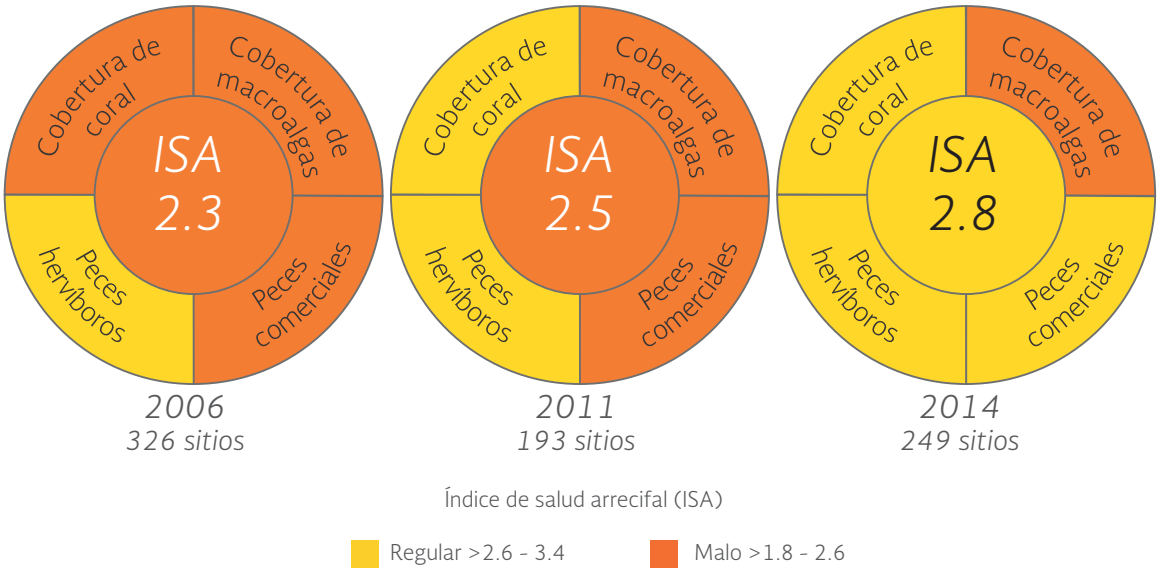
Los arrecifes de coral, en México como en el resto el mundo, están amenazados por diferentes actividades humanas vinculadas al desarrollo costero y marino (como son el desarrollo urbano y turístico) y a las actividades extractivas costeras y marinas (por ejemplo: de petróleo, gas y minerales), las cuales generalmente conllevan al deterioro de la calidad del agua, la sobrepesca, la degradación del lecho marino, la extracción ilegal y la introducción de especies invasoras, entre otros factores de deterioro (Burke y Maidens, 2005). A ellos deben sumarse los efectos del cambio climático, principalmente el aumento de la temperatura y del nivel del mar y la acidificación del océano (Burke *et al.*, 2011).

La segunda barrera de coral más importante en el mundo es el Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), que se extiende por más de mil kilómetros desde Cabo Catoche, al norte de Quintana Roo, en México, hasta las Islas de la Bahía-Cayos Cochinos en la costa norte de Honduras (Ardisson *et al.*, 2011). El SAM destaca por su riqueza de moluscos, mamíferos, algas y más de 500 especies de peces y 65 especies de corales. Algunas de las especies que habitan estos arrecifes se encuentran en peligro de extinción, como es el caso de las tortugas verde (*Chelonia mydas*), carey (*Eretmochelys imbricata*) y caguama (*Caretta caretta*), y el manatí (*Trichechus manatus*); o catalogadas como amenazadas, como el tiburón ballena (*Rhincodon typus*), entre otros. Además de su riqueza biológica, se ha calculado que los servicios ambientales que provee el SAM son importantes para la subsistencia de casi dos millones de personas en la región (Kramer *et al.*, 2015).

En los últimos diez años, la salud del ecosistema coralino del SAM ha mejorado ligeramente. Entre 2006 y 2014, el Índice de Salud Arrecifal[1] (ISA) cambió la condición de su estado de "mala" a "regular" (Figura a). Esto debido a que la cubierta de coral pasó de 10 a 16% y se observó un aumento de los peces herbívoros que reducen la densidad de macroalgas. Los peces de importancia pesquera también han incrementado en biomasa, sobre todo los de las poblaciones ubicadas dentro de Áreas Marinas Protegidas (AMP). Si el ISA se examina por los sitios monitoreados, de los 248 sitios monitoreados en 2015, el 57% tiene una salud en estado crítico y mala, y tan sólo en el 9% de los sitios puede considerarse como buena o muy buena (Figura b).

[1] A nivel regional, a través de la Iniciativa Arrecifes Saludables se han logrado desarrollar criterios medibles de clasificación de la salud de los arrecifes coralinos. El indicador sobre la salud de los arrecifes (RHI, por sus siglas en inglés) se basa en cuatro indicadores del ecosistema: cobertura de coral, cobertura de macroalgas, biomasa de herbívoros clave (peces loro y cirujano) y biomasa de peces comerciales clave (pargos y meros). El RHI tiene una escala de valores que va de 1 (estado crítico) a 5 (arrecife con muy buena salud; Kramer *et al.*, 2015).

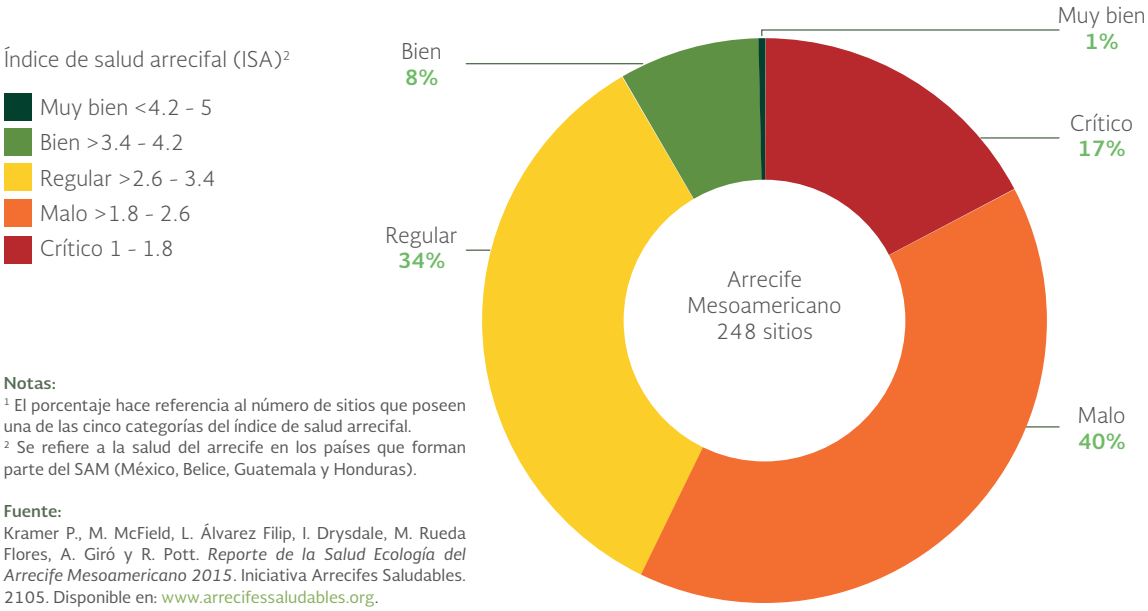
Figura a | *Índice de Salud Arrecifal[1] (ISA) del Sistema Arrecifal Mesoamericano, 2006 - 2014*



Nota:
[1] El índice se muestra en cada uno de los círculos centrales. Los cuatro indicadores con los que se calcula se muestran rodeando al círculo central.

Fuente:
Kramer P., M. McField, L. Álvarez Filip, I. Drysdale, M. Rueda Flores, A. Giró y R. Pott. *Reporte de la Salud Ecología del Arrecife Mesoamericano 2015*. Iniciativa Arrecifes Saludables. 2105. Disponible en: www.arrecifessaludables.org.

Figura b | *Estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano[1], 2015*

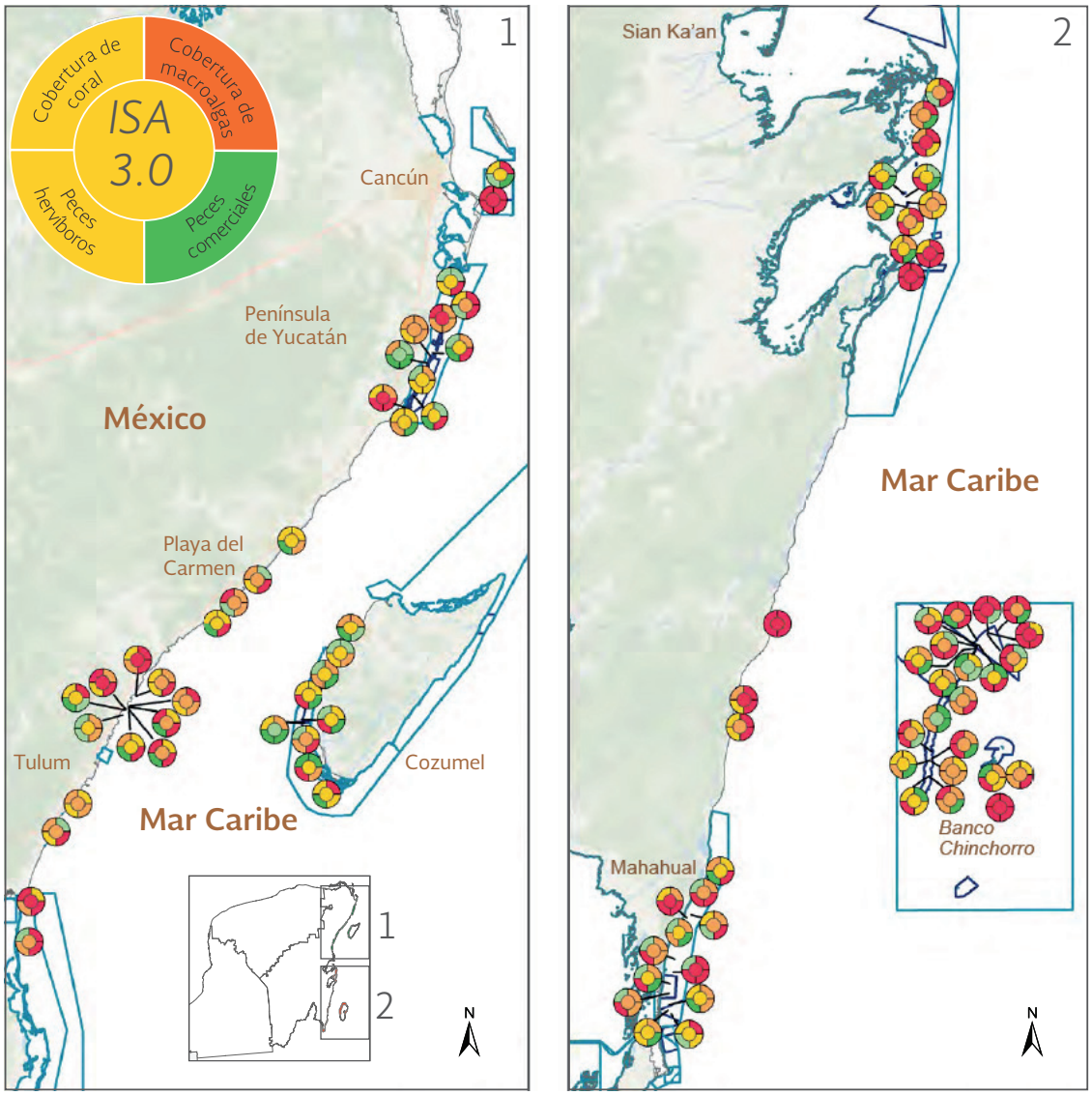


Notas:
[1] El porcentaje hace referencia al número de sitios que poseen una de las cinco categorías del índice de salud arrecifal.
[2] Se refiere a la salud del arrecife en los países que forman parte del SAM (México, Belice, Guatemala y Honduras).

Fuente:
Kramer P., M. McField, L. Álvarez Filip, I. Drysdale, M. Rueda Flores, A. Giró y R. Pott. *Reporte de la Salud Ecología del Arrecife Mesoamericano 2015*. Iniciativa Arrecifes Saludables. 2105. Disponible en: www.arrecifessaludables.org.

La salud del SAM en los 86 sitios que se examinaron en México le dan un valor al índice que puede ser clasificado como de salud "regular" (Figura c); una calificación solo superada por una mejor condición del arrecife en la costa hondureña (ISA de 3.3). La condición del arrecife en nuestro país ha mejorado fundamentalmente por el incremento en la biomasa de los peces herbívoros (principalmente en la zona norte de Quintana Roo) y por el aumento de la cubierta de coral, que pasó del 8 al 14% entre 2006 y 2014.

Figura c | *Estado del Sistema Arrecifal Mesoamericano en México, 2015*



Fuente:
Kramer P., M. McField, L. Álvarez Filip, I. Drysdale, M. Rueda Flores, A. Giró y R. Pott. *Reporte de la Salud Ecología del Arrecife Mesoamericano 2015*. Iniciativa Arrecifes Saludables. 2105. Disponible en: www.arrecifessaludables.org.

Referencias:

Ardisson P.L., M.A. May-Kú, M.T. Herrera-Dorantes y A. Arellano-Guillermo. El Sistema Arrecifal Mesoamericano-México: consideraciones para su designación como Zona Marítima Especialmente Sensible. *Hidrobiológica* 21 (3): 261-280. 2011.

Basurto-Lozano, D. Arrecifes coralinos. *En:* Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa y A. C. Travieso-Bello (Eds.). *Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal.* Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT)-Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, México. 2006. Disponible en: www1.inecol.edu.mx/publicaciones/MANEJO_INTEGRAL.htm.

Burke, L., K. Reytar, M. Spalding y A. Perry. *Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle.* Washington, D.C. World Resource Institute. 2011.

Burke, L. y J. Maidens. *Arrecifes en Peligro en el Caribe*. Washington, D.C. World Resource Institute. 2005.

Kramer P., M. McField, L. Álvarez Filip, I. Drysdale, M. Rueda Flores, A. Giró y R. Pott. *Reporte de la Salud Ecológica del Arrecife Mesoamericano 2015*. Iniciativa Arrecifes Saludables. 2015. Disponible en: www.arrecifessaludables.org.

Tabla 4.8 | *Superficies de hábitat con presencia verificada de especies prioritarias para la conservación en áreas naturales protegidas federales*[1]

Especie prioritaria	*ANP con presencia verificada de la especie*[2]	*Superficie de ANP con presencia verificada (ha)*[3]
Coral cuerno de alce (*Acropora palmata*)	11	1 190 094
Coral cuerno de venado (*Acropora cervicornis*)	10	661 946
Mariposa monarca (*Danaus plexippus*)	18	5 853 312
Tiburón ballena (*Rhincodon typus*)	11	1 858 750
Tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*)	4	1 002 699
Tortuga caguama (*Caretta caretta*)	23	5 093 041
Tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*)	45	4 706 888
Tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*)	26	5 212 982
Tortuga laúd (*Dermochelys coriácea*)	25	1 220 816
Tortuga lora (*Lepidochelys kempii*)	2	572 899
Tortuga verde o negra (*Chelonia mydas*)	30	7 554 790
Flamenco (*Phoenicopterus ruber*)	8	1 121 351
Águila elegante (*Spizaetus ornatus*)	31	5 385 907
Águila harpía (*Harpia harpyja*)	7	419 453
Águila real (*Aquila chrysaetos*)	29	13 895 750
Águila azor negra (*Spizaetus tyrannus*)	25	3 327 216
Águila viuda (*Spizastur melanoleucus*)	19	2 749 316
Cóndor de California (*Gymnogyps californianus*)	1	72 910
Cotorra serrana occidental (*Rhychopsitta pachyrhyncha*)	12	3 931 257

Tabla 4.8 | *Superficies de hábitat con presencia verificada de especies prioritarias para la conservación en áreas naturales protegidas federales* (conclusión)

Especie prioritaria	*ANP con presencia verificada de la especie*[2]	*Superficie de ANP con presencia verificada (ha)*[3]
Cotorra serrana oriental (*Rhychopsitta terrisi*)	4	995 002
Guacamaya roja (*Ara macao*)	8	615 260
Guacamaya verde (*Ara militaris*)	14	2 008 742
Loro cabeza amarilla (*Amazona oratrix*)	21	4 435 999
Loro nuca amarilla (*Amazona auropalliata*)	12	2 665 059
Pavón (*Oreophasis derbianus*)	4	470 411
Quetzal (*Pharomachrus mocinno*)	4	299 291
Gorrión del altiplano (*Spizella wortheni*)	2	1 528 586
Zopilote rey (*Sarcoramphus papa*)	29	3 941 606
Ballena azul (*Balaenoptera musculus*)	14	3 305 381
Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)	16	3 310 897
Berrendo (*Antilocapra americana*)	9	8 552 189
Perro llanero de cola negra (*Cynomys ludovicianus*)	3	812 428
Castor canadiense (*Castor canadensis*)	3	1 798 769
Jaguar (*Panthera onca*)	43	8 171 795
Manatí (*Trichechus manatus*)	8	2 440 620
Mono araña (*Ateles geoffroyi*)	28	3 719 068
Nutria (*Lontra longicaudis*)	22	7 743 795
Oso negro (*Ursus americanus*)	14	3 017 750
Pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*)	10	2 035 131
Perro llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*)	3	2 109 049
Tapir (*Tapirus bairdii*)	21	3 247 511
Teporingo o Zacatuche (*Romerolagus diazi*)	6	161 445
Vaquita marina (*Phocoena sinus*)	1	527 608

Fuente:
Oceguera-Salazar, K.A., L.G. Rodríguez-Sánchez, C. Lomelín-Molina, L. Ruiz-Paniagua, D. Leyja-Ramírez, I. Paniagua-Ruiz, J.I. March-Misfut, E.I. Bustamante-Moreno, J. Brambila-Navarrete, M.P. Gallina-Tessaro, A. Flores-Rodríguez, S.A. García-Martínez, A.R. Valdés-Ríos, J. Vallejo-Castro, A.L. Fernández-Arriaga, Y. López-Sánchez y A. Rulfo-Méndez. *Prontuario Estadístico y Geográfico de las Áreas Naturales Protegidas de México*. Conanp. México. 2016.

Notas:
[1] La superficie total protegida federal asciende a 25 628 239 hectáreas.
[2] Se indica el número de ANP en las que haya registros verificados de la especie, incluyendo los provenientes de los esfuerzos de monitoreo, publicaciones científicas, registros realizados por personal de las ANP y del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB) que maneja la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).
[3] Se asigna la suma total de las superficies de las ANP con presencia verificada para esa especie, asumiendo que potencialmente utilizan todos los hábitats contenidos en el ANP; para las especies estrictamente marinas se considera únicamente las superficies marinas, tal es el caso de especies como ballena azul, jorobada y tiburón blanco.

Dentro de las ANP de México se conservan, también, una amplia gama de especies migratorias, de las cuales, a la fecha se han identificado 309 en 158 áreas naturales. Estas especies incluyen a siete insectos (como es el caso de la mariposa monarca), 21 tiburones, mantas y peces, seis tortugas marinas, 240 aves, 28 murciélagos y siete mamíferos marinos.

Uno de los instrumentos que se utilizan para formalizar las estrategias de conservación y el uso de las áreas naturales protegidas federales es el Programa de Manejo. Estos instrumentos, además de incluir aspectos relativos a las características del sitio (p. ej., de orden ecológico, físico y cultural), incluyen también los objetivos de corto, mediano y largo plazos establecidos para las ANP relacionados con la investigación científica, la educación ambiental y la prevención y control de contingencias, entre otros. En México, hasta enero de 2016, un total de 103 ANP (58.19% del total de ANP del país) contaban con programas de manejo publicados en el Diario Oficial de la Federación (Conanp, 2016a).

Una proporción importante de las ANP mexicanas poseen también relevancia internacional: 41 ANP (una de ellas de carácter estatal) están incluidas dentro del programa El Hombre y la Biosfera (MAB, por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés), cuyo principal objetivo es promover la investigación científica y la comunicación de las experiencias en el campo de la conservación y el uso racional de los recursos naturales. Además de lo anterior, nuestro país cuenta con seis ANP inscritas por el mismo organismo como Patrimonio Mundial: Sian Ka'an (inscrita en 1987), el Santuario de Ballenas de El Vizcaíno (1993), las Islas y Áreas Protegidas del Golfo de California (2005), las Reservas de la Biosfera de la Mariposa Monarca (2008), El Pinacate y Gran Desierto de Altar (2013) y el Archipiélago de Revillagigedo (2016). Finalmente, la Reserva de la Biosfera de Calakmul fue inscrita por la Unesco, en 2014, como el primer Bien Mixto (cultural y natural) mexicano.

Además de las ANP federales, en México también se han establecido áreas protegidas a nivel estatal y municipal. Para 2015, se habían contabilizado un total de 303 ANP de carácter estatal y, hasta abril de 2016, 169 a nivel de municipio, las cuales ocupaban una extensión de aproximadamente 3.3 y 0.20 millones de hectáreas, respectivamente (Mapa 4.4).

Paralelamente a las ANP federales, estatales y municipales también existe otro mecanismo de conservación que permite a la sociedad en general, de manera voluntaria, el establecimiento, administración y manejo de áreas naturales protegidas privadas. Estas áreas denominadas como Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) son certificadas por la Conanp, la cual participa tanto como fedatario de la voluntad de conservación con la que se crean, como respaldo institucional ante gobiernos locales, estatales, o incluso internacionales o ante las ONG, fundaciones o cualquier fuente de asesoría o financiamiento (Conanp, 2016b). Hasta marzo de 2016, se habían certificado un total de 389 ADVC, lo que representa poco menos de 400 mil hectáreas, distribuidas en 21 entidades del país, siendo Oaxaca (150), Guerrero (134) y Tlaxcala (29; Tabla4.9; Cuadro D3_BIODIV08_01) las entidades con mayor número de áreas certificadas.

Tabla 4.9 | *Áreas destinadas voluntariamente a la conservación, 2016*

Tipo de ANP	*Número*	*Superficie (ha)*
Asociaciones	13	20 764
Comunidades	49	149 261
Empresas de participación estatal	2	2 064
Federal	1	2 195
Municipal	1	804
Parcelas	144	2 646
Personas físicas	102	57 013
Sociedades	17	73 173
Tierras de uso común	60	91 549
Total	**389**	**399 474**

Fuente:
Conanp. Programas de manejo. 2016. Disponible en: www.conanp.gob.mx/que_hacemos/listado_areas.php. Fecha de consulta: abril de 2016.

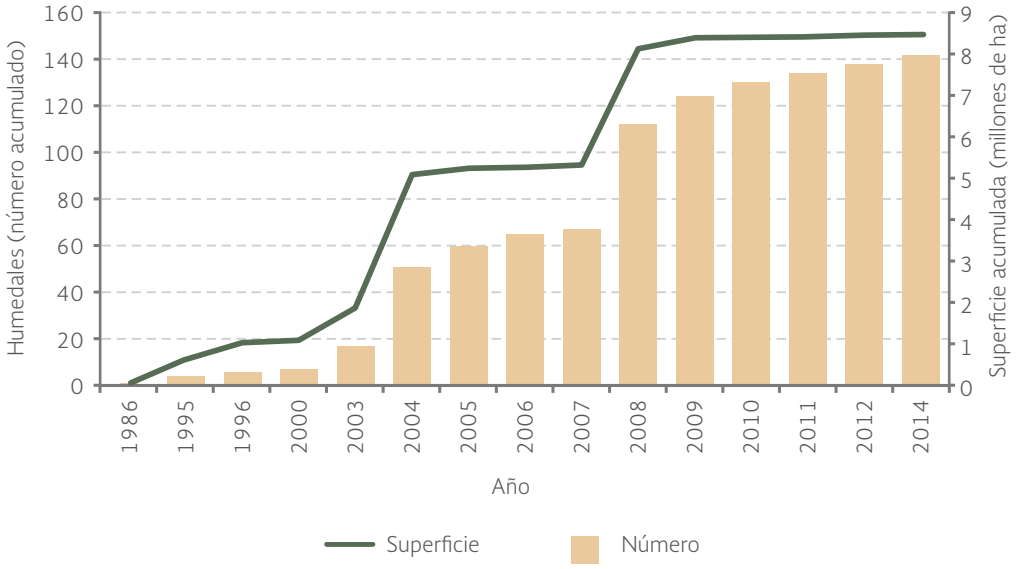
Humedales Ramsar

La Convención Ramsar, firmada en la ciudad iraní de Ramsar en 1971, es un tratado intergubernamental que constituye el marco para la acción nacional y la cooperación internacional en favor de la conservación y uso racional de los humedales[10] de importancia mundial y de sus recursos dentro de los territorios de los países firmantes. México se adhirió a dicha Convención en julio de 1986, y es la Conanp la dependencia federal encargada de llevar a cabo su aplicación en nuestro territorio.

Para abril de 2016, nuestro país contaba con 142 sitios Ramsar que cubrían una superficie de cerca de 8.6 millones de hectáreas de humedales. Sesenta y siete de estos sitios se encuentran incluidos dentro de alguna ANP federal, cuatro dentro de santuarios destinados a la protección de tortugas y 75 sitios fuera de las ANP (Figura 4.24, Mapa 4.5).

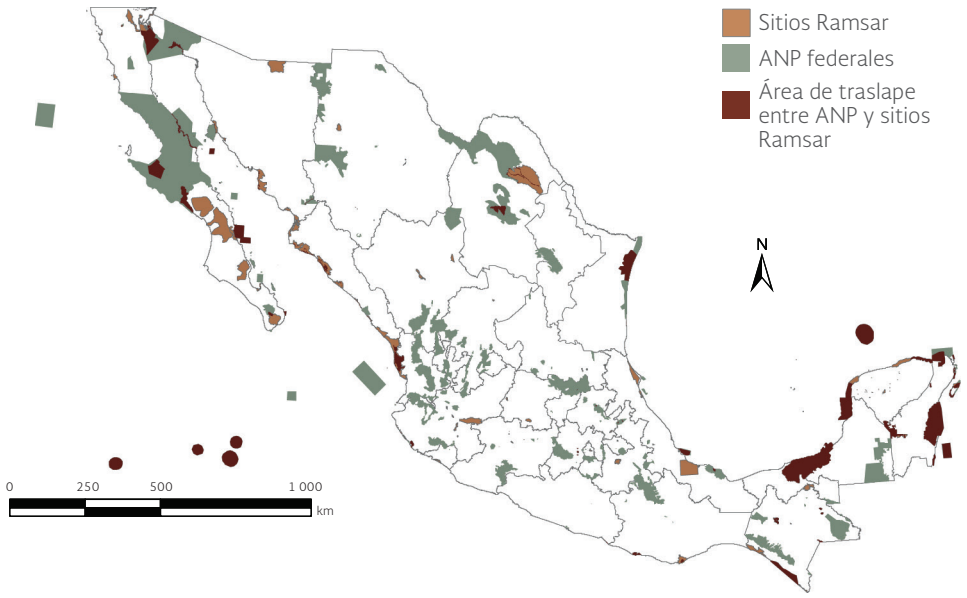
[10] Considera como humedales a una amplia variedad de hábitats, tales como marismas, pantanos y turberas, o las superficies cubiertas de agua de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013).

Figura 4.24 | *Humedales continentales mexicanos en la Convención Ramsar, 1986 - 2014*



Fuente:
Elaboración propia con datos de :
Coordinación para la Atención de Humedales y Zonas Costero Marinas, Conanp, Semarnat. México. 2015.

Mapa 4.5 | *Sitios Ramsar y áreas naturales protegidas federales en México, 2015*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Subdirección Encargada de la Coordinación de Geomática, Conanp, Semarnat. México. 2015.

Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma)

Además del esquema de protección de los ecosistemas dentro de las ANP, en México se han promovido otros esquemas que buscan el uso sustentable de la biodiversidad. En 1997 se estableció el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (SUMA), con el cual se busca promover la conservación de los hábitats naturales y sus servicios ambientales, así como de las poblaciones y ejemplares de especies silvestres, a la par de las actividades productivas convencionales, como la ganadería o la agricultura (Semarnat, 2015a).

Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (Uma) funcionan como centros productores de pies de cría, bancos de germoplasma, educación ambiental, investigación, unidades de producción de ejemplares, partes y derivados y para cubrir las demandas del mercado nacional e internacional, entre otros. De acuerdo con la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) existen dos categorías para el manejo de la vida silvestre: de manejo en vida libre (anteriormente denominado "extensivo"), en el cual los ejemplares se mantienen en libertad, dentro de sus ecosistemas naturales, y de manejo intensivo, en el que los especímenes se mantienen en confinamiento.

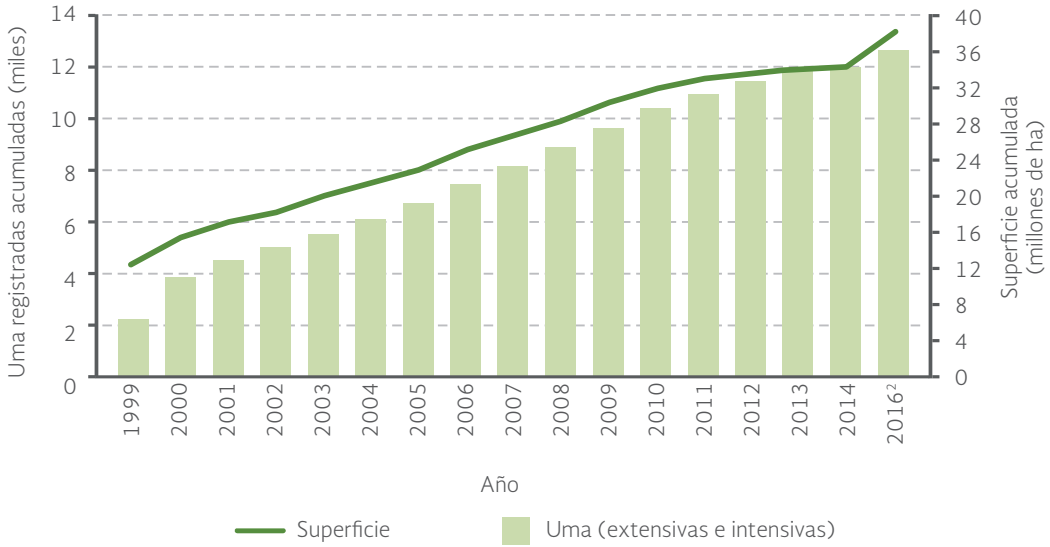
El establecimiento de una Uma puede llevarse a cabo en cualquier tipo de predio, ya sea ejidal, comunal o propiedad privada, esto una vez que la Semarnat autoriza el plan de manejo de la Uma, mismo que funge como el documento técnico operativo que describe y programa las actividades para el manejo de las especies y sus hábitats. El plan de manejo está sujeto a verificación periódica, y deberá garantizar la conservación de los ecosistemas y la viabilidad de las poblaciones de todas las especies existentes en la unidad registrada (Conafor, 2009).

Algunas de las especies de fauna que se aprovechan o se protegen en las Uma son el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tortugas dulceacuícolas (*Trachemys venusta* y *T. elegans*), el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletti*), el tepezcuintle (*Cuniculus paca*), la iguana (*Iguana iguana*) y el conejo silvestre (*Sylvilagus floridanus*). En cuanto a la flora, se pueden mencionar algunos tipos de orquídeas (*Cypripedium irapeanum*, *Coryanthes picturata*, *Vanilla planifolia*, *V. pompona* y *Laelia anceps*) y el cedro rojo (*Cedrela odorata*).

Para junio de 2016, en el país se tenían registradas un total de 12 649 Uma vigentes, cubriendo una superficie acumulada superior a las 38.01 millones de hectáreas[11] (cerca del 19.3% del territorio nacional; Figura 4.25). De las Uma registradas, 9 893 eran de manejo en vida libre y 2 756 de manejo intensivo. El mayor número de Uma se ubica en el norte del país, principalmente en los estados de Nuevo León, Sonora, Tamaulipas, Coahuila y Durango (Mapa 4.6).

[11] Si se consideran los datos históricos de Uma registradas por la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) de la Semarnat, el total de unidades en 2014 fue de 12 445 y la superficie acumulada de 38.74 millones de hectáreas.

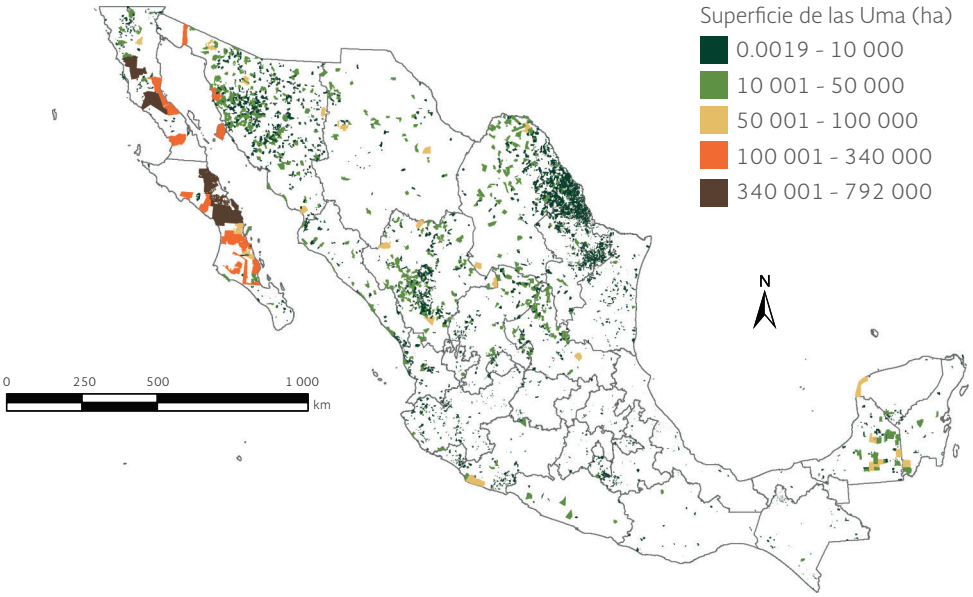
Figura 4.25 | *Superficie y número de Uma vigentes registradas[1] en México, 1999 - 2016*



Nota:
[1] Si se consideran los datos históricos de Umas registradas por la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) de la Semarnat, el total de unidades en 2014 fue de 12 445 y la superficie acumulada de 38.74 millones de hectáreas.
[2] Cifra preliminar al 30 de junio.

Fuente:
Subsecretaría de Gestión y Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre, Semarnat. México. 2015.
Semarnat. *Cuarto Informe de Labores 2015-2016*. Semarnat. México. 2016.

Mapa 4.6 | *Uma en México[1], 2014*



Nota:
[1] El mapa muestra tan sólo las 5 664 Uma que contaron con datos de su posición geográfica precisa.

Fuente:
Subsecretaria de Gestión y Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. Semarnat. México. 2015.

Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS)

Los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIVS) surgen con el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000, y operan de conformidad a lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre. El objetivo principal de estos centros es contribuir a la conservación, protección, recuperación, reintroducción y canalización de ejemplares producto de rescates, entregas voluntarias o aseguramientos por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) o la Procuraduría General de la República (PGR). Entre sus funciones principales están la recepción, acopio, albergue y rehabilitación física, clínica y etológica de fauna silvestre, así como la difusión, capacitación, monitoreo, evaluación y muestreo que contribuyan al desarrollo del conocimiento de la vida silvestre y su hábitat.

Actualmente se cuenta con seis centros ubicados en los estados de Jalisco, Yucatán, Oaxaca, Quintana Roo y el estado de México, este último con dos CIVS. Los principales grupos de especies que llegan a estos centros son mamíferos, aves, reptiles e invertebrados, los cuales pueden ser liberados en su hábitat natural, canalizados a diferentes Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre como pie de cría o para desarrollar programas de reproducción e investigación (Semarnat, 2015b).

En el periodo 1998-2014 se ingresaron a los CIVS un total de 28 412 ejemplares, en su mayoría reptiles (43.2%), aves (31.8%) y mamíferos (12.2%); y en menor proporción arácnidos, artrópodos, anfibios y cactáceas (12.8% en conjunto; Cuadro D3_BIODIV04_10). Del total de ejemplares ingresados se liberaron a distintos ecosistemas naturales el 18.4%, los cuales correspondieron a reptiles (35.9% del total liberado), aves (28.6%), mamíferos (26.8%) y arácnidos (8.2%).

REFERENCIAS

Acevedo Gasman, F., E. Huerta Ocampo, S. Lorenzo Alonso y S. Ortiz García. La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío. *En:* Dirzo, R., R. González e I.J. March. *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* Conabio. México. 2009.

Barnosky, A.D. y E.L. Lindsey. Timing of Quaternary megafaunal extinction in South America in relation to human arrival and climate change. *Quaternary International* 217: 10–29. 2010.

Barnosky, A.D., N. Matzke, S. Tomiya, G.O.U. Wogan, B. Swartz, T.B. Quental, C. Marshall, J.L. McGuire, E.L. Lindsey, K.C. Maguire, B. Mersey y E.A. Ferrer. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471: 51-57. 2011.

Bermúdez, C.C., A. Castillo y A. Williams. *Análisis logístico interno de la sociedad portuaria regional de barranquilla.* Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia. 2009.

Capdevila-Argüelles, L., B. Zilletti y V.A.S. Álvarez. *Causas de la pérdida de biodiversidad: especies Exóticas Invasoras.* Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural. 2ª época, Tomo X. España. 2013.

Ceballos, G., P.R. Ehrlich, A.D. Barnosky, A. García, R.M. Pringle y T.M. Palmer. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances* 1, e1400253. 2015.

Challenger, A., R. Dirzo, J.C. López, E. Mendoza, A. Lira-Noriega e I. Cruz. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *En:* Dirzo, R., R. González e I.J. March. *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* Conabio. México. 2009.

CCA. *Plan operativo para la Conservación de la Biodiversidad.* Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal. 2008

CITES. *¿Qué es la CITES?* Disponible en: https://cites.org/esp/disc/what.php. Fecha de consulta: marzo de 2016.

Conabio. Coordinación de Información y Servicios Externos. Semarnat. México. 2015a.

Conabio. *Chile*. Conabio. 2015b. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/chile.html. Fecha de consulta: noviembre de 2015.

Conabio. *Frijol*. Conabio. 2013. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/frijol.html. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Conabio. *Nuestros mares mexicanos*. Conabio. 2014. Disponible en: www.conabio.gob.mx/web/medios/index.php/noticias-2014/316-nuestros-mares-mexicanos. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Conabio. *Razas de maíz de México*. Conabio. 2012. Disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/razas2012.html. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Conafor. *Manual técnico para beneficiarios: Manejo de vida silvestre*. México. 2009.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México*. Edición 2014. México. 2014.

Conanp. *Áreas protegidas decretadas. 2015*. Disponible en: www.conanp.gob.mx/que_hacemos/. Fecha de consulta: agosto de 2015.

Conanp. Programas de manejo. 2016a. Disponible en: www.conanp.gob.mx/que_hacemos/programa_manejo.php. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Conanp. *Prontuario Estadístico y Geográfico de la Áreas Naturales Protegidas*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 2016b.

Conanp. *Impulsa la Conanp un movimiento para la conservación de los ecosistemas*. Comunicado de prensa Núm. 196/11. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 2011.

Cotecoca, Sagarpa. *Monografías de Coeficientes de Agostadero*. México. Abril 2015.

Cotecoca. *Monografías de Coeficientes de Agostadero, años 1972-1981*. México. 2004.

Crutzen, P.J. Geology of mankind. *Nature* 415: 23. 2002.

De Anda, J. Proceso de fragmentación del río Grande de Santiago (México) y sus implicaciones sociales y ambientales. *Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible:* 21. 2014. Disponible en: www.eumed.net/rev/delos/21/rio-grande.html. Fecha de consulta: mayo de 2016.

De la Vega-Salazar, M.Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas de México. *Ciencias* 78: 20-30. 2003.

Del Olmo Calzada, M. y A. del C. Montes Villalpando. *El Museo de Tepexpan y el estudio de la Prehistoria en México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Toluca, estado de México. México. 2011.

Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder y G. Ledec. *Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The WB/The WWF. Washington, D. C. 1995.

DOF. *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. México. 2010 (30 de diciembre).

FAO. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación, La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural*. Roma. 2015.

González, A. y G.B. Badillo. Road Ecology Studies for Mexico. *Oecologia Australia* 17 (1): 175-190. 2013.

González-Lozano, M.C., L.C. Méndez-Rodríguez, D.G. López-Veneroni y A. Vázquez Botello. Evaluación de la contaminación en sedimentos del área portuaria y zona costera de Salina Cruz, Oaxaca, México. *Interciencia* 31 (9): 647-656. 2006.

Hernández-Xolocotzi, E. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. 1998. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Comps.). *Diversidad Biológica de México: Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V (2011), escala 1: 250 000*. México. 2013.

INIFAP. *Informe Nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos fitogenéticos (Leipzing, 1996)*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarios (INIFAP), México. 1995.

IUCN. *The IUCN Red list of threatened species 2015.4. The IUCN Species Survival Commission. 2015*. Disponible en: www.iucnredlist.org/about/summary-statistics. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Jiménez, S.C.L. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria* 12 (1). 2011. Disponible en: www.revista.unam.mx/vol.12/num1/art04/art04.pdf. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Lara-Lara, J.R., V. Arenas Fuentes, C. Bazán Guzmán, V. Díaz Castañeda, E. Escobar Briones, M. de la C. García Abad, G. Gaxiola Castro, G. Robles Jarero, R. Sosa Ávalos, L.A. Soto González, M. Tapia García y J.E. Valdez-Holguín. Los ecosistemas marinos. *En:* Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Conabio. México. 2008.

Laurance, W.F., A. Peletier-Jellema, B. Geenen, H. Koster, P. Verweij, P. Van Dijck, T.E. Lovejoy, J. Schleicher y M. Van Kuijk. Reducing the global environmental impacts of rapid infrastructure expansion. *Current Biology* 25 (7): R259-R262. 2015.

Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. *Estado del conocimiento de la biota. En:* oberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Conabio. México. 2008.

March, I.J. y M. Martínez (Eds.). *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México.* IMTA-The Nature Conservancy-Conabio-Aridamérica-GECI. México. 2008.

MEA. *Ecosystems and human well-being: Our human planet. Summary for Decision Makers.* Millennium Ecosystem Assessment. Island Press. Washington D.C. 2005.

Martínez-Meyer, E., J. Sosa-Escalante y F. Álvarez. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad,* suplemento 85: S1-S9. 2014.

Martínez-Yrízar, A., A. Búrquez y T. Calmus. Disyuntivas: impactos ambientales asociados a la construcción de presas. *Región y sociedad* 24 (spe3): 289-307. 2012. Disponible en: www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-92520120006000010&lng=es&nrm=iso. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Medina-Macías, M.N., M.A. González-Bernal y A.G. Navarro-Sigüenza. Distribución altitudinal de las aves en una zona prioritaria en Sinaloa y Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 487-503. 2010.

Mendoza, R. y P. Koleff. *Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo.* En: Mendoza, R. y P. Koleff (Coords.). *Especies acuáticas invasoras en México.* Conabio. México. 2014.

Miller, R.R. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30: 121-153. 1986.

Mittermeier, R.A., P. Robles-Gil y C. Goesttsch-Mittermeier. *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo.* Cemex-Agrupación Sierra Madre. México. 1997.

Montes-Hernández, S. *Informe final del proyecto "Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género Capsicum que crecen y se cultivan en México.* Conabio. México. 2010.

Mora, C., D.P. Tittensor, S. Adl, A.G.B. Simpson y B. Worm. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology* 9 (8): e1001127. doi:10.1371/journal.pbio.1001127. 2011.

Navarro-Sigüenza, A.G., M.F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A.T. Peterson, H. Berlanga-García y L.A. Sánchez-González. Biodiversidad de las Aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad,* Supl. 85: S476-S495. 2014.

Nixon, K.C. *The genus Quercus in Mexico.* En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.), *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution.* 1993.

Parra-Olea, G., O.A. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad,* Supl. 85: S460-S466. 2014.

Pimm, S., G.J. Russell, J. Gittleman, y T.M. Brooks. The future of biodiversity. *Science* 269: 347–350. 1995.

Piñero, D., J. Caballero-Mellado, D. Cabrera-Toledo, C.E. Canteros, A. Casas, A. Castañeda Sortibrán, A. Castillo, R. Cerritos, O. Chassin-Noria, *et al.* La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. *En:* oberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital Natural de México, Volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Conabio. México. 2008.

PNUMA. *El enverdecimiento del derecho de aguas: la gestión de los recursos hídricos para los seres humanos y el medioambiente.* Nairobi. 2010.

PNUMA. *Perspectivas del medio ambiente mundial (GEO5).* Colombia. 2012.

Puc-Sánchez, J.I., C. Delgado-Trejo, E. Mendoza-Ramírez y I. Suazo-Ortuño. Las carreteras como una fuente de mortalidad de fauna silvestre de México. *Biodiversitas* 111: 12-16. 2013.

Raya-Pérez, J.C., C.L. Aguirre-Mancilla, K. Gil-Vega y J. Simpson. La domesticación de plantas en México: comparación de la forma cultivada y silvestre entre *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae). *Polibotánica* 30: 239-256. 2010.

Rzedowski, J. *Vegetación de México.* 1ra. edición digital. Conabio. México. 2006.

Sandom, Ch., S. Faurby, B. Sandel y J.C. Svenning. Global late Quaternary megafauna extinctions linked to humans, not climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281: 1787, 20133254. 2014.

Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds.). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México.* INE, Semarnat. México. 2007.

SCBD. *Global biodiversity outlook 3*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal. 2010.

SCBD. *Global biodiversity outlook 4*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal. 2014.

SHCP. Programas del Plan Nacional de Desarrollo, Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018. Disponible en: www.gob.mx/presidencia/acciones-y-programas/programa-nacional-de-infraestructura-2014-2018. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Semarnat. *El medio ambiente en México 2002. Resumen.* Semarnat. México. 2003.

Semarnat. Sistema de unidades de manejo. 2015a. Disponible en: www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/vida-silvestre/sistema-de-unidades-de-manejo. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Semarnat. *Atlas del Agua en México 2015. Semarnat.* México. 2015b.

Smith-Ramírez, C., J.J. Armesto y C. Valdovinos (Eds.). *Historia, Biodiversidad y Ecología de los Bosques Costeros de Chile.* Editorial Universitaria, Santiago. 2005.

UNEP. *Latin America and the Caribbean: Environment Outlook*. United Nations. Nairobi. 2010.

Wojtal, P. y J. Wilczynski. Hunters of the giants: Woolly mammoth hunting during the Gravettian in Central Europe. *Quaternary International* 379: 71-81. 2015. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.040. Fecha de consulta: mayo de 2016.

Zhang, Z.Q. (Ed.). Animal biodiversity: An outline of higher –level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 3148: 1-237. 2011.