

Capítulo 4. Biodiversidad

Capítulo 4. Biodiversidad



México, un país megadiverso

La situación geográfica de México, su variedad de climas, topografía e historia geológica han producido una de las riquezas biológicas más impresionantes del mundo. Se calcula que alrededor del 10 por ciento de la diversidad global de especies se concentra en el territorio mexicano, lo que lo convierte junto con Colombia, Brasil, Indonesia, Perú, China, Congo e India en uno de los llamados países “megadiversos”. En cuanto al número de especies, México es el quinto lugar en plantas, cuarto en anfibios, segundo en mamíferos y primero en reptiles (WCMC, 1994; Groombridge y Jenkins, 2002) (Figura 4.1).

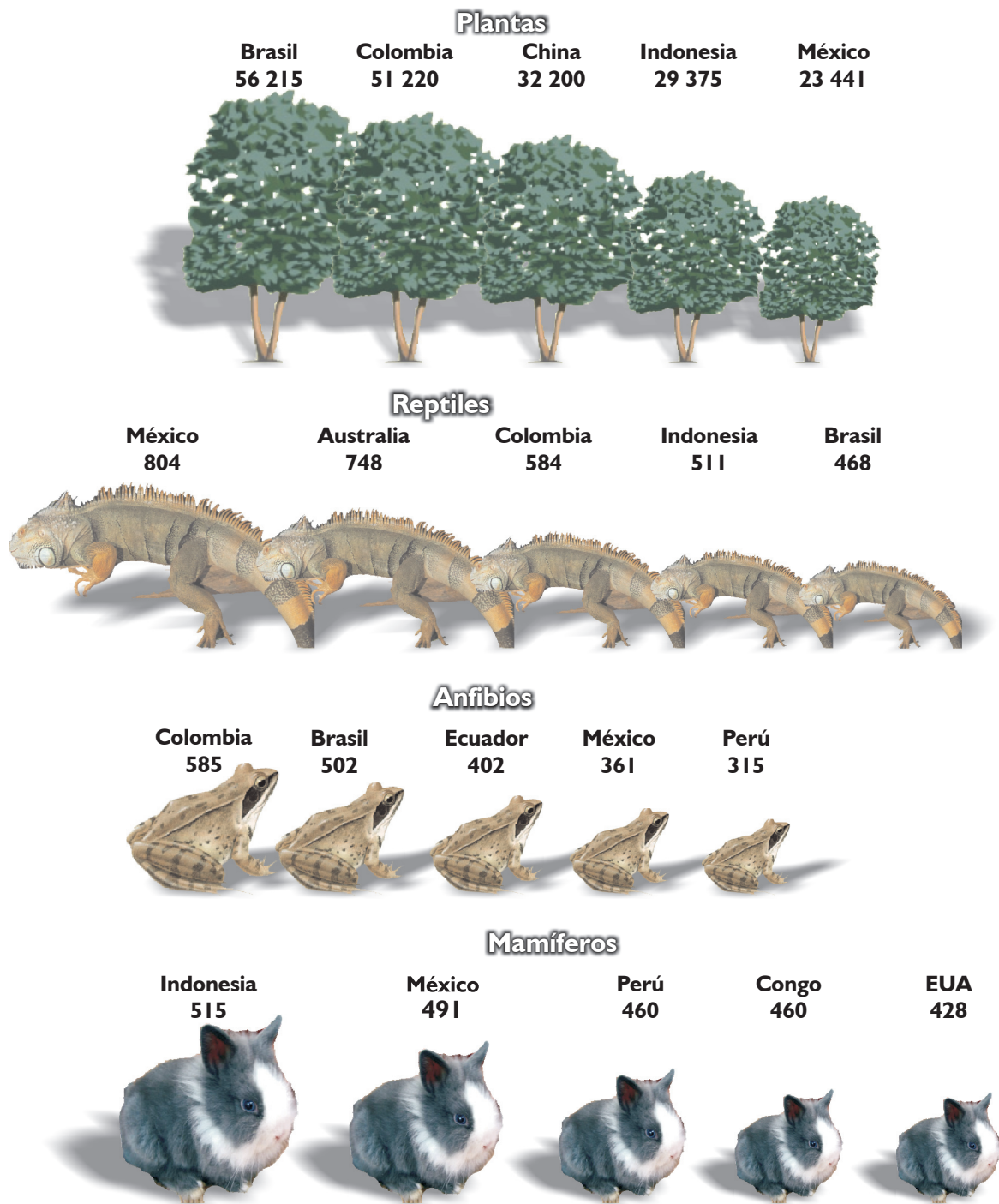
El número total de especies descritas en el país se acerca a las 65 mil, cifra muy por debajo de las más de 200 mil especies que, en una aproximación conservadora, se estima habitan en el país (Tabla 4.1). La fauna la integran aproximadamente 171 mil especies de invertebrados, en su mayoría artrópodos (cerca de 86 mil especies) e insectos (78 mil especies), además de cerca de 5 mil especies de vertebrados, mayormente peces (2 mil 122 especies) y aves (mil 250 especies).

La flora mexicana, por su parte, consta de poco más de 23 mil especies, en su mayoría angiospermas (poco más de 22 mil especies), con un nivel de endemismo superior al 40 por ciento. Destacan por sus niveles de endemismo la familia de las cactáceas (con 850 especies, 84% de ellas endémicas) y la de las orquídeas (920 especies, 48% endémicas), así como el género *Pinus* (con 48 especies, 43% endémicas).

El inventario completo de la riqueza biológica de México y su nivel de endemismo es una tarea aún incompleta. Esto se debe a que existen todavía numerosos grupos biológicos que no han sido completamente estudiados o colectados (p. e., los hongos, los invertebrados terrestres y acuáticos y otros organismos microscópicos), así como zonas geográficas en las que la colecta y el estudio de la flora y la fauna no han sido considerables. En este sentido, es muy probable que las cifras para muchos grupos taxonómicos aumenten en la medida en la que se profundice en el estudio de la diversidad y la geografía del país.

El esfuerzo más importante para conocer y sistematizar la información biológica de México está a cargo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), a través del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). El SNIB integra la información taxonómica, ecológica, geográfica y bibliográfica de las especies de México en un sistema que permite el análisis de la biodiversidad en sus tres niveles (genético, de especies y de ecosistemas) y en diversas escalas espaciales (local, nacional y regional). Actualmente, el sistema cuenta con información de alrededor de 6.1 millones de registros curatoriales. De acuerdo con la información contenida en el SNIB (sin incluir los peces), los biomas con más especies son las selvas perennifolias y subperennifolias, los bosques de coníferas y encinos y los matorrales xerófilos (Figura 4.2), aunque si se considera la extensión de cada bioma (Tabla 4.2), los bosques mesófilos de montaña son los que tienen mayor número de especies por unidad de área.

Figura 4.1 Riqueza de especies de los países megadiversos para distintos grupos taxonomicos¹



Nota: ¹ Considérese que los datos para México (2005) son más recientes que los de los restantes países, por lo que las posiciones relativas actuales podrían ser distintas.

Fuentes:

México: Conabio. México. 2005.

Resto de los países: Groombridge, B. y M. D. Jenkins World Atlas of Biodiversity. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

Tabla 4.1 Riqueza de especies para distintos grupos taxonómicos en México

Grupo taxonómico	Especies en México
Invertebrados	
Artrópodos	≈ 85 740
Crustáceos	≈ 4 600
Insectos	≈ 77 900
Arácnidos	≈ 3 240
Subtotal	≈ 171 480
Vertebrados	
Peces	2 122
Anfibios	361
Reptiles	804
Aves	1 250
Mamíferos	491
Subtotal 5	015
Plantas	
Angiospermas	22 351
Gimnospermas	145
Pteridofitas	1 026
Briofitas (musgos y hepáticas)	1 480
Algas (macroalgas)	945
Subtotal	25 947
Hongos	6 000 - 120 000

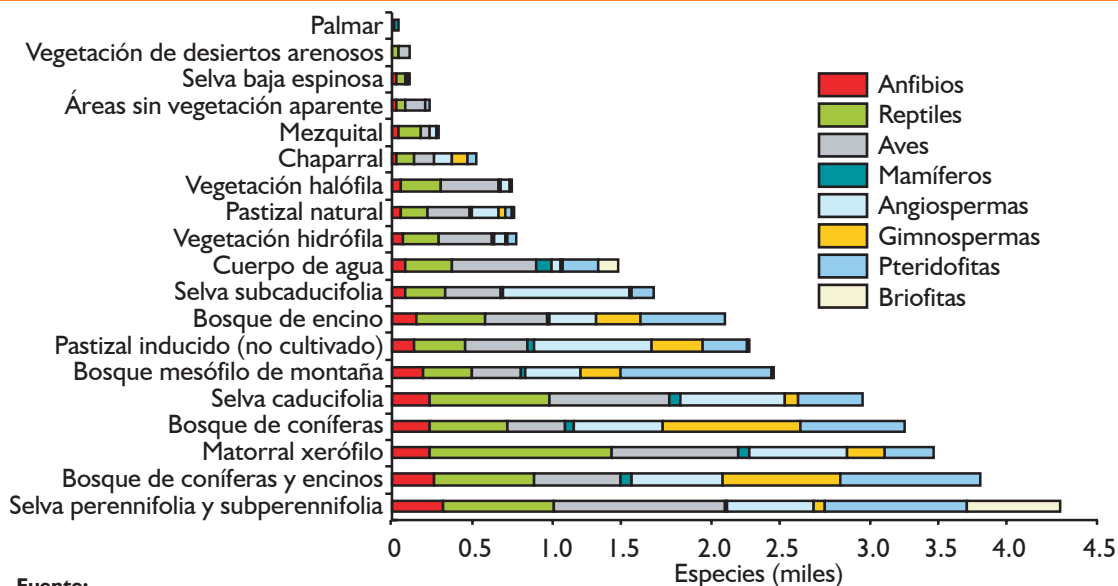
Fuente:
Conabio. México. 2005.

En diversidad de ecosistemas, México y Brasil son los países más ricos de Latinoamérica y la región del Caribe, seguidos por Colombia, Argentina, Chile y Costa Rica. Sin embargo, si se toma en cuenta tan sólo el número de hábitats o ecorregiones, México es el país más diverso de la región (Dinerstein et al., 1995). A nivel mundial, tan sólo China e India rivalizan con México en la diversidad de su cubierta vegetal.

En la porción terrestre del país pueden encontrarse casi todos los biomas existentes en el mundo, desde las selvas cálido-húmedas, los bosques templados y los bosques mesófilos de montaña, hasta los variados matorrales xerófilos, los pastizales naturales que se desarrollan por arriba de los límites de la vegetación arbórea en las montañas y la vegetación halófila y gipsófila. Se piensa que algunos tipos de vegetación, como los pastizales gipsófilos del altiplano central o los izotales dominados por plantas de los géneros *Dasyliirion*, *Yucca* o *Nolina*, son exclusivos a nuestro país (González Medrano, 2003).

En las aguas nacionales (tanto continentales como costeras y oceánicas) también pueden contarse una gran diversidad de ecosistemas. Dentro de los

Figura 4.2 Especies de flora y fauna en los ecosistemas de México según el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad



Fuente:
Conabio. *La Diversidad Biológica de México: Estudio de País*. México. 1998.



Tabla 4.2 Tipo y superficie de los principales ecosistemas en México, 2002

Gran bioma	Bioma	Tipo de vegetación	Superficie (ha)
Bosque	Bosque de coníferas	Bosque de táscate	333 895
		Bosque de oyamel	142 269
		Bosque de pino	7 453 237
		Bosque de ayarín	40 008
		Bosque de cedro	2 314
		Matorral de coníferas	975
	Bosque de coníferas y encinos	Bosque de pino-encino	8 809 048
		Bosque de encino-pino	4 306 491
	Bosque de encino	Bosque de encino	11 242 271
	Bosque mesófilo de montaña	Bosque mesófilo de montaña	1 825 205
	Subtotal		
Selva	Selva perennifolia y subperennifolia	Selva alta perennifolia	3 440 928
		Selva mediana perennifolia	636
		Selva baja perennifolia	46 774
		Selva alta subperennifolia	160 883
		Selva mediana subperennifolia	5 805 224
		Selva baja subperennifolia	11 456
	Selva subcaducifolia	Selva mediana subcaducifolia	4 661 031
		Selva baja subcaducifolia	70 770
		Selva caducifolia	14 506 027
	Selva caducifolia	Selva mediana caducifolia	1 109 638
		Matorral subtropical	1 349 324
		Selva baja espinosa	749 295
	Selva baja espinosa	Selva baja espinosa caducifolia	749 295
		Selva baja espinosa subperennifolia	1 024 229
	Subtotal		
Matorral	Matorral xerófilo	Matorral crasicaule	1 560 151
		Matorral sarcocrasicaule	2 321 649
		Matorral sarcocrasicaule de neblina	568 972
		Matorral sarcocaule	5 313 642
		Matorral desértico micrófilo	21 575 964
		Matorral desértico rosetófilo	10 559 438
		Matorral rosetófilo costero	475 066
		Matorral espinoso tamaulipeco	3 413 721
		Matorral submontano	2 826 820
	Mezquital	Mezquital	2 940 221
Chaparral	Chaparral	2 097 199	
Subtotal			53 652 844
Pastizal	Pastizal inducido (no cultivado)	Pastizal inducido	6 336 240
		Pastizal natural	45 318
	Pastizal natural	Pastizal halófilo	1 975 150
		Pastizal natural	10 299 346
		Pradera de alta montaña	16 587
Subtotal			18 672 642

Tabla 4.2 Tipo y superficie de los principales ecosistemas en México, 2002 (continuación)

Gran bioma	Bioma	Tipo de vegetación	Superficie (ha)
Otros tipos de vegetación	Vegetación de desiertos arenosos	Vegetación de desiertos arenosos	2 167 072
		Vegetación de dunas costeras	155 485
	Vegetación halófila	Vegetación gipsófila	46 035
		Vegetación halófila	2 971 203
		Manglar	924 806
		Popal	131 665
		Tular	935 761
		Vegetación de galería	138 031
		Bosque de galería	21 488
		Selva de galería	4 940
		Vegetación de petén	45 005
		Palmar	Palmar natural
	Palmar inducido		105 098
	Sabana	Sabana	207 541
		Sabanoide	144 090
	Subtotal		8 012 001
Plantaciones		Bosque inducido	4 825
		Áreas sin vegetación aparente	954 378
Áreas sin vegetación aparente			
Total			148 388 619

Fuente:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México. 2005

lagos y ríos y en sus márgenes pueden observarse bosques y selvas de galería, popales, tulares y ciertos tipos de vegetación acuática sumergida. Entre ellos existen ecosistemas únicos en su género tanto por su composición biológica como por su grado de endemismo, como son los casos de los humedales de Cuatrociénegas, en el estado de Coahuila y los lagos de Chapala y la Media Luna en Jalisco y San Luis Potosí, respectivamente.

En lo que se refiere a ecosistemas marinos o con la influencia del agua salada, en las costas del Pacífico, Atlántico y Mar Caribe pueden encontrarse grandes áreas dominadas por manglares, lagunas costeras, estuarios, comunidades de pastos marinos y, de manera muy especial, por arrecifes de coral. Dentro de los arrecifes de coral son notables por su riqueza los del Golfo de México, Banco de Campeche y el

Caribe, estos últimos considerados dentro de los más diversos del continente y los cuales forman la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, después de la Gran Barrera Australiana.

Es importante mencionar que asociado al valor que tienen los ecosistemas como reservorios de una gran riqueza biológica y como proveedores de muchos de los alimentos y materias primas de los que se ha valido la sociedad para su desarrollo, también brindan una serie de servicios ambientales importantes que, no obstante, permanecen desconocidos o poco valorados por la sociedad (ver recuadro de *Servicios ambientales de la biodiversidad*). Entre ellos están la captación y purificación del agua que tomamos, la conservación y formación del suelo del cual obtenemos muchos de nuestros alimentos, la captación del excesivo

Servicios ambientales de la biodiversidad

Para un gran número de personas, los ecosistemas naturales tan sólo representan atractivos paisajes accesibles por programas de televisión o revistas de entretenimiento. Pocos quizás estarán conscientes de que muchos de los bienes y servicios de los que gozan en sus casas o lugares de trabajo son consecuencia, en gran parte, de la existencia de muchas especies de plantas, animales y microorganismos y de sus interacciones con el medio ambiente en los ecosistemas terrestres, de agua dulce y de las zonas marinas y costeras del planeta.

Entre los bienes que obtenemos directamente de la biodiversidad están los alimentos que consumimos (carnes, frutos, verduras y condimentos), la madera que empleamos para muebles, leña y papel, las fibras para telas, los principios activos de muchos medicamentos, las resinas empleadas en solventes, pinturas y barnices, así como las ceras, tintes y esencias que se emplean en distintas industrias, entre muchos otros. Sin embargo, sólo hasta hace unos cuantos años se ha empezado a hacer conciencia de que este tipo de bienes son tan sólo una fracción del universo de beneficios que obtenemos de la naturaleza. Los llamados “servicios ecosistémicos”, o simplemente, los “servicios ambientales”, son ese otro gran conjunto que apenas empezamos a reconocer. En realidad, estos últimos constituyen los beneficios indirectos de la biodiversidad, opuestos a los directos que se han mencionado anteriormente. Los servicios ambientales se refieren básicamente a un amplio espectro de condiciones y procesos por los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los integran ayudan a sostener y satisfacer las necesidades de la sociedad humana (Myers, 1996; Daily *et al.*, 1997). Entre ellos están la purificación del aire y agua, la mitigación de las sequías e inundaciones,

la generación y conservación de los suelos, la descomposición de los desechos, la polinización de los cultivos y de la vegetación natural, la dispersión de semillas, el reciclaje y movimiento de nutrientes, el control de las plagas agrícolas, la protección de las costas ante la erosión del oleaje, la estabilización parcial del clima y el amortiguamiento de los climas extremos y sus impactos. Si se estimara económicamente el valor de estos servicios en el mundo, podrían alcanzar varios trillones de dólares por año (Daily *et al.*, 1997). En la **Tabla a** se muestran estimaciones del valor de los servicios ambientales que brindan algunos ecosistemas en el mundo.

Desafortunadamente, la transformación y degradación de los ecosistemas naturales también ha llevado al deterioro de la calidad de sus servicios ambientales. En una isla de Filipinas a mediados de los años ochenta, por ejemplo, la remoción del bosque en ciertas zonas montañosas incrementó cerca de 235 veces la erosión del suelo, lo cual promovió el asolvamiento de los arrecifes coralinos y redujo las ganancias pesqueras en aproximadamente 50%. Ejemplos como este, pueden citarse muchos.

Podría decirse que las amenazas a los servicios ambientales provienen, en última instancia, de dos importantes factores: por un lado, del desmedido crecimiento de las necesidades de la sociedad humana (dados por el creciente tamaño poblacional y el consumo per cápita, así como por los impactos ambientales que producen las tecnologías que generan y abastecen los productos) y por otro, por la falta de congruencia entre las políticas de incentivos económicos que benefician a unos cuantos en el corto plazo y perjudican la visión del bienestar social de las generaciones futuras en el largo plazo.

Servicios ambientales de la biodiversidad (continuación)

Tabla a Estimaciones del valor económico de los servicios ambientales prestados por algunos ecosistemas o por la flora o fauna en el mundo

Ecosistema /Flora/Fauna	Servicio ambiental	País/Región	Valor económico anual (dólares americanos)
Bosque tropical	Almacenamiento de carbono	Amazonía, Brasil	46 000 000 000
Humedales	Protección contra inundaciones	Boston, Estados Unidos	72 000 por hectárea
Abejas	Polinización de cultivos	Estados Unidos	30 000 000 000
Ballenas	Ecoturismo	65 países	504 000 000
Arrecifes de coral	Ecoturismo	Florida, Estados Unidos	1 600 000 000

Fuente:

Myers, N. Environmental services of Biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 93: 2764-2769. 1996.

Sumado a lo anterior, debe mencionarse que los servicios ambientales que aportan los ecosistemas y su biodiversidad no se valoran económicamente de manera adecuada: muchos de ellos no se comercializan o cotizan en los mercados, otros tantos ofrecen beneficios a la sociedad pero no son redituables para los dueños de las tierras donde se producen y, en muchas ocasiones, los subsidios estimulan la conversión de los terrenos hacia otros usos con actividades económicas más rentables. Debe agregarse que muchas de las actividades productivas que afectan los servicios ambientales por medio de la transformación de los ecosistemas o la utilización de la biodiversidad no pagan directamente por los costos de los servicios ambientales que perturban.

En este sentido, es fundamental la definición y asignación del valor económico justo a los servicios ecosistémicos y a la biodiversidad que los produce. De lograrse esta tarea podrían obtenerse beneficios altamente significativos a la sociedad, entre los que podemos citar dos: i) que muchos de los ecosistemas y su biodiversidad se coticen a precios cada vez mayores en el mercado, lo que podría convertirlos en bienes más

atractivos para la inversión que los usos del suelo alternativos que comúnmente los reemplazan (agropecuarios, por ejemplo) y ii) que el pago por los servicios ambientales que brindan los ecosistemas podría favorecer que la inversión en su recuperación sea más atractiva, lo que propiciaría la recuperación de la cubierta vegetal y su biodiversidad, particularmente en las zonas rurales.

En México se han desarrollado distintos programas que buscan preservar los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas y sus especies. Destacan el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH, detallado en el capítulo de **Agua**) y el Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA-CABSA, detallado en el capítulo de **Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre**). Paralelamente, existen estrategias que aunque no están encaminadas directamente a la preservación de los servicios ambientales, lo hacen por medio de la conservación y el uso sustentable de la

Servicios ambientales de la biodiversidad (continuación)

biodiversidad, tales como las áreas naturales protegidas (descritas en este capítulo), las unidades para la conservación de la naturaleza (UMA) y el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor), referidos éstos últimos en el Capítulo 5 de **Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre**.

Fuentes:

Daily, G. C. , S. Alexander, P. R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. A. Matson, H. A. Mooney, S. Postel, S. H. Schneider, D. Tilman y G. M. Woodwell. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*. Number 2. 1997.

Myers, N. Environmental services of biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 93: 2764-2769. 1996.

Salvin, S. *Developing a market in biodiversity credits*. 2000.

carbono que producen las actividades productivas, el control de las inundaciones, la protección de las zonas costeras, entre muchos otros. De ahí que la conservación de muchos de los ecosistemas nacionales (tanto terrestres como marinos y acuáticos continentales) sea prioritaria para asegurar el futuro de las siguientes generaciones. Sin los servicios ambientales que brindan los ecosistemas, el bienestar de la sociedad y el crecimiento nacional estarían seriamente comprometidos.

Además del alto número de especies, la diversidad de México es relevante porque muchas de las especies de importancia agrícola a nivel mundial (e. g., maíz, frijol y jitomate) tuvieron su origen en nuestro territorio. De hecho, México es el único de los países megadiversos que se encuentra en lo que se conoce como la “faja génica” que circunda al globo entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. Este

hecho se refleja en la gran diversidad de especies y variedades de plantas cultivadas.

La diversidad genética (el tercer nivel en el cual se estudia la biodiversidad, junto a los niveles de especies y ecosistemas que se han mencionado en los párrafos anteriores) ha sido utilizada ampliamente en los procesos de selección artificial que han llevado a la domesticación de numerosas especies de plantas y animales. México es uno de los centros de origen y domesticación más importantes del mundo, en el que al menos 120 especies de plantas han sido domesticadas (Hernández-Xolocotzi, 1998) (**Cuadro D3 BIODIV05 01**). Por ejemplo, de la especie de chile *Capsicum annuum* se conocen en México cerca de 10 variedades (entre ellas los chiles guajillo, mirasol, piquín, de árbol y manzano), además de las restantes cuatro especies nativas al territorio. De igual modo, el género *Phaseolus* (dentro del que se incluye al frijol común) está representado por 35 especies en México, y del de la calabaza (género *Cucurbita*) se conocen 21 especies en el territorio, cuatro de las cuales se cultivan ampliamente en todo el país. Destaca también el pariente silvestre del maíz (*Zea diploperennis*), el cual posee genes que le confieren resistencia a las distintas enfermedades que afectan a su pariente cultivado, lo que lo convierte en la única fuente de genes disponible para mejorar este importante cultivo (Ramamoorthy *et al.*, 1998).

En el caso de las especies de animales domesticadas en el territorio nacional, el número es mucho menor, reconociéndose apenas 12 razas (cuatro de ovejas, dos de caballos, tres de cerdos, una de cabras y dos de ganado vacuno) (Loftus y Scherf en Conabio, 1998; **Cuadro D3 BIODIV05 02**), de las aproximadamente 4 mil razas que pueden contarse en el mundo (Conabio, 1998).

Las amenazas a los ecosistemas mexicanos

Ecosistemas terrestres

La superficie remanente de muchos de los ecosistemas terrestres está bajo grandes presiones. El desarrollo de las sociedades y su inherente



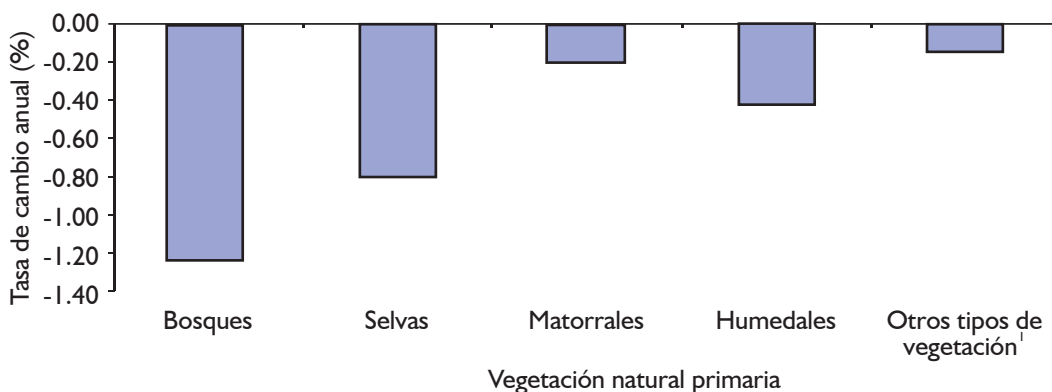
necesidad de generar bienes y servicios han transformado o degradado grandes extensiones, calculándose que esta cifra podría alcanzar entre 33 y 50% de la superficie terrestre mundial (Vitousek *et al.*, 1997). Se considera que las principales fuerzas que amenazan a los ecosistemas terrestres, tanto en México como en el resto del mundo, son el cambio del uso del suelo (impulsado principalmente por la expansión de la frontera agropecuaria y urbana), el crecimiento demográfico y de infraestructura (e. g., por la construcción de carreteras, redes eléctricas y represas), los incendios forestales, la sobreexplotación de los recursos naturales, la introducción de especies invasoras, el aprovechamiento ilegal y el cambio climático global.

En México, de acuerdo con la Cartografía de uso del suelo y vegetación del 2002, en ese año la vegetación natural del país (tanto primaria como secundaria) ocupaba poco más de 148 millones de hectáreas, es decir, cerca del 75 por ciento de la superficie nacional. El bioma más extenso en esa fecha fue el matorral xerófilo, el cual se extendía en cerca de 54 millones de hectáreas (23.7% del territorio), seguido por los bosques templados (poco más de 34 millones de hectáreas, 17.8% del país) y las selvas (cerca de 33 millones de hectáreas, 16.8% del territorio) (Tabla 4.2).

Con respecto al cambio de uso del suelo, durante el periodo 1993-2002, el ecosistema que mayor superficie de vegetación primaria perdió en el país fue el bosque (tanto templado como mesófilo de montaña, en cerca de 2.5 millones de hectáreas a un tasa anual de 1.24%), seguido por matorral xerófilo (cerca de 837 mil hectáreas al 0.2%) y por las selvas (que perdieron aproximadamente 836 mil hectáreas al 0.8% anual) (Figura 4.3). En el mismo periodo, los humedales nacionales redujeron su extensión en 95 mil hectáreas (0.42% anualmente) y en conjunto la vegetación halófila y gipsófila, la vegetación de galería y el pastizal natural perdieron cerca de 201 mil hectáreas, a una tasa anual del 0.15%. En general, el principal destino de las superficies deforestadas es el de convertirse a terrenos agrícolas y/o de pastoreo. Sin embargo, la superficie agrícola no ha aumentado de manera significativa en los últimos años, lo que parece mostrar que la destrucción de los ecosistemas naturales no se ha traducido en un incremento real de las áreas productivas. Para mayores detalles respecto al cambio en el uso del suelo en el país, consultar el Capítulo 2 **Vegetación y uso del suelo**.

En el año 2000, México era el undécimo país más poblado, el tercero del continente americano (después de Estados Unidos y Brasil) y el duodécimo

Figura 4.3 Cambio de uso del suelo en los principales ecosistemas terrestres en México, 1993-2002



Nota: ¹ Incluye la vegetación halófila y gipsófila, vegetación de galería y pastizal natural.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II*. México. INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México. 2005



por su contribución al crecimiento de la población del planeta. Su acelerado crecimiento demográfico, la distribución asimétrica de su población en el territorio, los fenómenos migratorios y el establecimiento de nuevas comunidades en zonas deshabitadas han repercutido de manera importante en el estado de los ecosistemas terrestres nacionales. El crecimiento demográfico, por ejemplo, daña indirectamente a estos ecosistemas por la presión que ejercen las poblaciones humanas sobre los recursos naturales, por la construcción de infraestructura y por el incremento en la generación de residuos municipales e industriales que se disponen de manera inadecuada; todo ello con importantes consecuencias en la estructura y función de muchos ecosistemas terrestres y en su biodiversidad. Debe señalarse que el impacto que ejerce la población difiere entre los sectores urbano y rural. Los impactos que produce la población rural son generalmente menores (en virtud de sus patrones de consumo, destino de sus desechos, etc.), en el caso de la población urbana los impactos pueden ser sustancialmente mayores dado su elevado nivel de consumo y demanda de servicios y producción de desechos.

La infraestructura nacional, y en particular la red de carreteras, creció en 107 mil kilómetros durante el periodo 1991-2003, pasando de alrededor de 242 mil a 350 mil kilómetros durante ese periodo. Aunque el crecimiento de la infraestructura es fundamental para el desarrollo de una nación, puesto que facilita el transporte de productos y personas entre regiones, puede también dañar a los ecosistemas. Destacan entre sus efectos la pérdida y alteración del hábitat, la fragmentación de las áreas remanentes de vegetación natural y la mortalidad de los animales (en su mayoría mamíferos) que se desplazan entre los parches cruzando los caminos. Los estados del país que entre 2000 y 2003 incrementaron más velozmente su red de carreteras fueron el Estado de México (al 12.54% anual), Veracruz (12.45% anual), Guerrero (8.78% anual) e Hidalgo (6.62% anual). Es muy probable que los efectos de la fragmentación de los ecosistemas terrestres por el crecimiento de la red carretera sean mayores en el centro del país, donde algunos

de sus estados registran las mayores densidades de caminos (considérese que la densidad nacional en carreteras es de 0.18 kilómetros por kilómetro cuadrado): Estado de México (0.66 kilómetros por kilómetro cuadrado), Tlaxcala (0.60) e Hidalgo (0.54). En contraste, los estados del norte del país son los que podrían tener menores efectos por la expansión de este tipo de infraestructura, registrando densidades de carreteras muy bajas: Chihuahua (0.05 kilómetros por kilómetro cuadrado), Coahuila (0.06), Baja California Sur (0.07), Durango (0.11) y Nuevo León (0.12). En el Capítulo 2 **Vegetación y uso del suelo** se desarrolla con mayor amplitud el tema de fragmentación de los ecosistemas.

Adicionalmente, cada año los incendios forestales son responsables de la pérdida de vegetación natural en todo el país, principalmente durante la época de sequía. En el periodo 1996-2004 se presentaron en promedio al año 8 mil 279 incendios forestales, con una superficie afectada promedio de cerca de 268 mil hectáreas por año. Debe mencionarse que 1998 fue un año particularmente destructivo en materia de incendios forestales en el país, registrándose 14 mil 445 conflagraciones (57.3% más que el promedio para el periodo 1996-2004) y una superficie afectada cercana a las 850 mil hectáreas. La mayor parte de la superficie afectada en ese año correspondió a pastizales, vegetación herbácea y arbustos; sólo 21% de la superficie afectada fueron zonas arboladas. Los incendios forestales ocurren de manera natural y constituyen un factor importante para la dinámica de muchos ecosistemas forestales del mundo, sobre todo en los bosques templados. Los incendios influyen en los procesos que determinan la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y promueven los procesos de sucesión ecológica que ayudan al mantenimiento de la biodiversidad. Sin embargo, en la actualidad y debido en gran parte a las actividades y control humanos, los patrones naturales de ocurrencia de incendios han cambiado. Ahora muchos de los incendios forestales ocurren en zonas que anteriormente no sufrían de fuegos, mientras que se han suprimido en zonas que presentaban regímenes periódicos. Este cambio puede ser particularmente nocivo para muchas de las especies de flora y fauna sensibles



de ciertos ecosistemas (e. g., selvas perennifolias y bosques mesófilos de montaña).

Los efectos del fuego sobre los ecosistemas son diversos y dependen de su intensidad y frecuencia. Su mayor consecuencia es la eliminación de la biomasa vegetal que, junto con la eliminación de los renuevos de las poblaciones de las especies arbóreas, retrasa o interrumpe la regeneración natural, además de que propicia la invasión de plagas y enfermedades forestales. En el caso de la fauna, muchos individuos de ciertas especies (sobre todo aquellas con bajas capacidades de movimiento) sucumben en los incendios, lo que puede causar reducciones importantes en los tamaños de sus poblaciones e incluso, en situaciones extremas, ocasionar su extinción local en ciertas zonas geográficas.

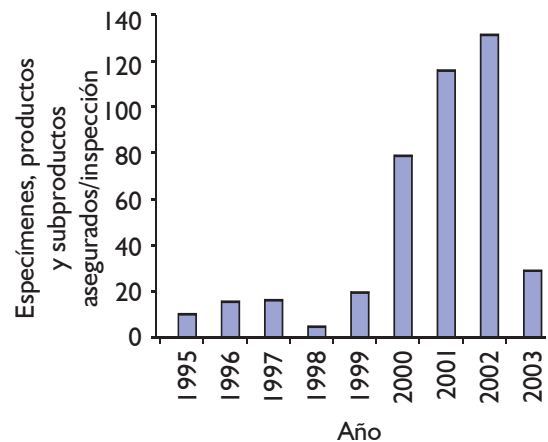
A pesar de que el movimiento de especies de una región a otra puede ser un fenómeno natural, la actividad humana ha incrementado enormemente la frecuencia con la que ocurre, debido en gran parte al movimiento global de productos (por el comercio de alimentos, madera, plantas y flores de ornato, entre otros). Las especies invasoras son aquellas que se establecen fuera de su área de distribución natural y que pueden tener un impacto negativo, ya sea ecológico, social o económico en el sitio al que arriban. Actualmente se reconoce que la introducción de especies invasoras, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad en el planeta. Algunos detalles respecto al número e identidad de las especies invasoras en el país pueden consultarse en el cuadro **Especies invasoras en México**.

El aprovechamiento ilegal de la biodiversidad también es una de las actividades que mayormente amenaza a la biodiversidad, principalmente a la de los ecosistemas terrestres. Esta práctica incluye la cacería furtiva, captura, colecta, transporte y comercio no autorizado de ejemplares de la vida silvestre. Por los ingresos que genera, se considera que a nivel internacional es la tercera de las actividades ilícitas (después del tráfico de drogas y armas) que más ganancias produce (Conabio, 1998).

En el caso de México, entre 1995 y 2003, el número de especímenes, productos y subproductos de la vida silvestre asegurados mantuvo una tendencia creciente. Aunque entre 1995 y 1998 se conservó estable alrededor de las 13 piezas en promedio por operativo, para el año 2000 había alcanzado las 79 piezas y el máximo registrado en el periodo (en el año 2002) fue de 131 piezas (Figura 4.4). Debe mencionarse que estos datos tan sólo representan el tráfico mínimo detectable, siendo desconocido el volumen total de piezas que se trafican ilegalmente dentro y fuera del país

Finalmente, el cambio climático global también es un factor de presión muy importante para la distribución y eventual existencia de muchos ecosistemas y sus especies en México y el mundo. Los cambios en la temperatura y en los patrones de precipitación afectarán la distribución y extensión de distintos biomas y, por ende, de las especies que los integran. Considerando los cambios en la temperatura y precipitación que se pronostican, en México los ecosistemas terrestres más afectados serán los bosques templados, las selvas tropicales y los bosques mesófilos de montaña (ver el recuadro de **El cambio climático y la biodiversidad**).

Figura 4.4 Aprovechamiento ilegal de la biodiversidad en México, 1995-2003



Fuentes:

Semarnap-Profepa. *Informe Trienal 1995-1997*. México. 1998.
Semarnat-Profepa. México. 2002.
Semarnat-Profepa. *Informe Anual*. Años 2002 y 2003. México. 2003 y 2004.

Especies invasoras en México

Uno de los fenómenos más espectaculares de la naturaleza es la migración de grandes poblaciones de animales entre regiones geográficas distantes entre sí. El viaje de la mariposa monarca desde el norte de los Estados Unidos y sur de Canadá hasta la zona central de México y los de las numerosas especies de aves que migran desde la zona del Ártico hacia las tierras tropicales y subtropicales de África y América en el invierno, son buenos ejemplos de ello.

Si bien el movimiento de especies de una región a otra puede ser un fenómeno natural causado por distintos factores (e. g., los cambios en la temperatura de sus hábitats, la disponibilidad del alimento o por el inicio de la época de reproducción), los seres humanos han transportado, desde milenios atrás, muchas especies lejos de sus áreas de distribución natural, motivados en la gran mayoría de los casos por su valor comercial, económico u ornamental.

Aun cuando muchas de las especies introducidas no pueden sobrevivir de manera natural y permanente en sus nuevos destinos, algunas pueden conseguirlo con efectos negativos importantes. Actualmente se reconoce que la introducción de especies, ya sea de manera accidental o intencional, es una de las principales causas de pérdida de la biodiversidad del planeta (EPA-Australia, 2003). Se sabe que pueden alterar las trayectorias evolutivas de las especies, así como la dinámica y los procesos de las comunidades naturales, y que han causado grandes pérdidas económicas y constituyen amenazas para la salud humana y el desarrollo sustentable (Money, 2000).

Como buen ejemplo de los efectos que una especie invasora puede tener en la biodiversidad y la economía de una región está el caso de la medusa de Leydi (*Menopsis leidy*), la cual fue introducida accidentalmente (por

medio del agua de lastre de embarcaciones) desde el Atlántico Occidental hacia el Mar Negro en 1982 (Groombridge y Jenkins, 2002). Seis años más tarde, esta especie, la cual no encontró depredadores naturales en su nuevo hábitat, constituía cerca del 95% de la biomasa total del Mar Negro (cerca de mil millones de toneladas métricas). Entre sus efectos más importantes pueden citarse el agotamiento de las reservas naturales de plancton en el cuerpo de agua, el cual provocó explosiones de algas y la subsecuente caída de la actividad pesquera de dicho mar, con importantes consecuencias económicas y sociales en la región.

En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) se ha encargado de obtener información sobre la situación de las especies invasoras en el país, llevando a cabo talleres con expertos de los sectores académico, gubernamental, organizaciones no gubernamentales y comerciales para identificar los problemas que generan las especies invasoras acuáticas y terrestres en el país, así como las acciones necesarias para resolver esta problemática en aspectos relativos a la prevención, detección temprana, erradicación, manejo y control, difusión y educación, regulación, normatividad, política y legislación e investigación.

La Conabio reconoce en 2005 un total de 780 especies invasoras: 647 especies de plantas, 75 de peces, 2 de anfibios, 8 de reptiles, 30 de aves, 16 de mamíferos y 2 de invertebrados (**Figura a**). Los ecosistemas terrestres son los que registran un mayor número de especies invasoras (con 683), seguido por los ecosistemas acuáticos continentales (85) y los ecosistemas marinos (8). Las especies invasoras provienen prácticamente de todos los continentes del globo y se han introducido en muchos de los ecosistemas nacionales, involucrando a todos los estados de la república.

Especies invasoras en México (continuación)

La amenaza de las especies invasoras constituye un gran reto para la salvaguarda de la biodiversidad mexicana. Es muy probable que con el aumento en los movimientos comerciales globales el número de potenciales especies invasoras en el territorio nacional también crezca. Sus efectos adversos sobre los ecosistemas serán difícilmente identificables en el corto plazo y es muy factible que muchas especies de invasoras (principalmente microorganismos e insectos) desarrollen respuestas que reduzcan la eficacia de los programas de control. En este sentido, la generación de información básica (respecto a los hábitats y las condiciones en las cuales se establecen, sus vectores, sus mecanismos de degradación de los hábitats y sus efectos en los ecosistemas) será fundamental para su prevención, control y erradicación. Todo ello podría ser útil tanto

para el desarrollo de programas de control (baratos y amigables con el ambiente) capaces de realizar la erradicación o control de las especies invasoras, como para establecer mecanismos de control al flujo de potenciales especies invasoras.

Fuentes:

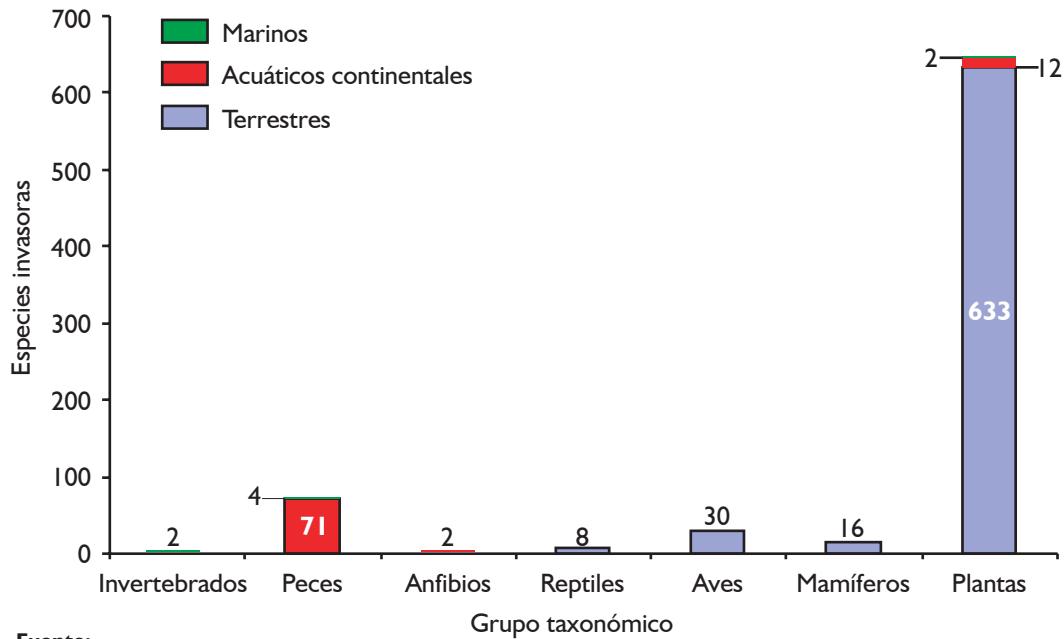
Conabio. Programa de especies invasoras de México. 2005. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/especies_invasoras/doctos/especiesinvasoras.html

EPA. *State of the Environment Report for South Australia 2003*. Adelaida, Australia. 2003.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

Money, H. Invasive alien species- the nature of the problem. En: SCBD. *Assessment and management of alien species that threaten ecosystems, habitats and species*. Abstracts of keynote addresses and posters presented at the sixth meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Montreal, Canada. SCBD, CBD Technical Paper 1. 2000.

Figura a Especies invasoras en los ecosistemas nacionales por grupo taxonómico y ambiente



Fuente:

Conabio. Programa de Especies Invasoras de México. 2005. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/especies_invasoras/doctos/especiesinvasoras.html

El cambio climático y la biodiversidad

En las últimas décadas, uno de los problemas ambientales que más ha atraído la atención de las sociedades y los gobiernos de todo el mundo es el cambio sin precedente en el clima global. Los científicos reportan el incremento de la temperatura terrestre y marina, el cambio en los patrones temporales y espaciales de la precipitación, el ascenso del nivel del mar, la reducción de la superficie de los casquetes polares y el aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos de El Niño, por citar sólo los más importantes. El ciudadano común ha percibido este problema en forma de veranos secos y calientes cada vez más comunes, en inundaciones y desbordamientos de ríos, así como en frecuentes huracanes y tifones de gran intensidad y en la mortalidad masiva de corales alrededor del mundo.

El origen del cambio climático (antropogénico versus natural) estuvo en debate durante muchos años, sin embargo, actualmente se reconoce que las actividades humanas han tenido gran influencia en este fenómeno. Los principales factores asociados han sido el constante incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (cuyo nivel es actualmente 35% mayor que el de la época preindustrial), derivado fundamentalmente de la combustión de los combustibles fósiles y el cambio de uso del suelo en el planeta.

Sin embargo, el cambio climático no sólo ha alterado el clima del mundo, sino también ha tenido importantes consecuencias sobre su biodiversidad. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) con base en 44 estudios publicados (los cuales incluían cerca de 500 taxa), pudieron concluir que el cambio climático ha afectado la biodiversidad por:

- *Cambios en los eventos biológicos (fenología).* Entre estos destacan modificaciones en las épocas de emergencia, crecimiento, reproducción y migración de invertebrados, anfibios, aves e insectos, así como también en los tiempos de floración y crecimiento en plantas.

- *Cambios en la morfología, fisiología y conducta.* En algunas especies se han observado alteraciones de los tamaños y la edad a la madurez sexual: mientras que en algunos reptiles el tamaño es mayor y la madurez sexual se alcanza tempranamente en periodos de años calientes, en algunos mamíferos la tendencia es opuesta. Por otro lado, la conducta reproductiva de algunos anfibios es susceptible a la temperatura: en años calientes las hembras de algunas especies de anfibios atraen más tempranamente con su canto a los machos, lo cual puede influir notablemente en el éxito de su progenie.

- *Expansión o contracción de las áreas geográficas de distribución.* Cambios en la distribución y abundancia de especies animales asociadas al cambio en el clima han sido observados en todos los continentes en insectos, anfibios, aves y mamíferos. Como ejemplo: un estudio con 35 especies de mariposas europeas no migratorias señaló que 60% de ellas cambiaron su área de distribución entre 35 y 240 kilómetros hacia el norte durante el siglo XX como consecuencia del cambio en el clima.

- *Cambios en la cantidad y calidad de los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas.* Las alteraciones en el ciclo hidrológico (e. g., en la fecha de deshielo, duración de la época de sequía y en la frecuencia y distribución de la lluvia) han afectado la calidad de los servicios ambientales que ofrecen ríos, lagos, lagunas

El cambio climático y la biodiversidad (continuación)

y humedales en muchas partes del mundo. En muchas de las zonas áridas y semiáridas del mundo, los lagos y otros reservorios se han secado permanentemente o sufren de profundas variaciones en su capacidad de almacenamiento, lo cual ha tenido importantes consecuencias sobre las especies de fauna que dependen de ellos.

• *Eventos de blanqueamiento en los arrecifes de coral.* Las crecientes temperaturas del agua superficial del mar han provocado importantes, aunque en algunas ocasiones reversibles, eventos de blanqueamiento del coral, predominantemente durante los eventos de El Niño. El episodio más notable ocurrió entre 1997 y 1998, cuando importantes zonas coralinas fueron afectadas en todo el mundo.

Las predicciones para el futuro destacan un aumento en la temperatura de la superficie terrestre de entre 1.4 y 5.8°C para finales del siglo XXI, así como un ascenso en el nivel del mar de entre 9 y 88 centímetros. Por su parte, la precipitación es probable que se incremente en las latitudes altas y en el ecuador, y que a su vez disminuya en las zonas subtropicales del planeta. Bajo estas condiciones, es probable que la distribución de muchas especies y ecosistemas cambie en el futuro, migrando hacia otras latitudes y/o altitudes a través de paisajes fragmentados por las actividades humanas. La composición de los ecosistemas actuales cambiará, en virtud de que muchas especies serán incapaces de migrar y superar los cambios ambientales, sobre todo aquellas consideradas como vulnerables. En este sentido, el riesgo de extinción se incrementará para aquellas especies con requerimientos climáticos específicos o pequeñas poblaciones, tales como las especies de las zonas montañosas o

las restringidas a islas, penínsulas o ambientes costeros (e.g., manglares, humedales costeros o arrecifes coralinos). La magnitud del impacto no dependerá exclusivamente de los cambios en la temperatura o en los patrones de precipitación, sino también en su interacción y sinergia con otros factores, tales como la pérdida, fragmentación y degradación de los hábitats y la introducción de especies invasoras.

México es un país vulnerable al cambio climático. Se pronostican para el futuro modificaciones del régimen y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones, cambios en la humedad de suelos y aire, con alteraciones de los procesos de evapotranspiración y recarga de acuíferos, agudización de las sequías, la desertificación del territorio, mayor incidencia de incendios forestales, lo que profundizará la deforestación, la erosión y la liberación de carbono. Así mismo, es probable la alteración de la dinámica de las cuencas hidrológicas, así como del régimen y distribución de los escurrimientos superficiales e inundaciones. Con este ambiente como marco, se predice que los tipos de vegetación mayormente afectados por el cambio climático serán los bosques templados, las selvas y los bosques mesófilos de montaña, lamentablemente algunos de los ecosistemas más diversos en especies del país.

Fuentes:

IPCC. *Climate change and biodiversity*. IPCC technical paper V. WMO y UNEP. 2002.

Magaña, V. O. y C. Gay. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica* 65: 7-23. 2002.



Ecosistemas costeros y oceánicos

Los ecosistemas costeros del mundo también sufren de una presión intensa. En 1995, cerca del 29% de la población mundial estaba asentada dentro de los 50 kilómetros adyacentes a la costa (Burke et al., 2000). Las actividades económicas y sociales en esas zonas han traído consigo un desarrollo y crecimiento demográfico acelerado, todo ello a costa de impactos adversos sobre los ecosistemas oceánicos y costeros. Los impactos que genera el crecimiento poblacional en los litorales sobre los ecosistemas marinos provienen principalmente de la construcción de infraestructura (principalmente a través de muelles, diques y rompeolas, entre otros), la sobreexplotación de sus recursos naturales y por la disposición de los residuos municipales sin tratamiento en sus aguas.

México posee un litoral de poco más de 11 mil kilómetros, bañado por las aguas de tres grandes cuencas marinas: el Océano Pacífico, el Golfo de México y el Mar Caribe. Su gran extensión (cerca de 315 millones de hectáreas en su zona económica exclusiva) y la compleja historia geológica de la región han producido una gran diversidad en ecosistemas marinos ricos en especies. De entre los ecosistemas costeros más importantes en el país se encuentran los manglares, lagunas costeras, marismas, esteros, planicies de marea, islas de barrera, comunidades de pastos marinos y los arrecifes de coral (ver los cuadros **Ecosistemas anfibios: un tesoro amenazado** y **Arrecifes de coral**).

La población de las zonas costeras creció en México, durante el periodo 1995-2000, a una tasa anual del 1.63%, pasando de los 19 a los 20.7 millones de habitantes. Las zonas costeras de Quintana Roo y Baja California (regiones naturalmente ricas en especies marinas y poseedoras de ecosistemas únicos en el mundo) fueron las que crecieron más aceleradamente durante este periodo (con tasas anuales de 5.37 y 4.11% anual, respectivamente), resultado probablemente de la intensa actividad turística y la migración hacia el norte, respectivamente.

La pesca es una de las actividades humanas que más impacto ejerce sobre la biodiversidad costera y oceánica. Afecta tanto por la captura directa de los animales de las especies objetivo, como por la captura incidental de otros organismos (la llamada “fauna de acompañamiento”) y por los métodos tradicionales de pesca. En el caso de la primera de ellas, su efecto más importante es la reducción del tamaño de las poblaciones que se pescan, lo cual afecta su estructura poblacional, su potencial y características reproductivas y su composición genética. Cuando la extracción es intensiva, las poblaciones pueden reducirse drásticamente y recuperarse muy lentamente, o en un caso extremo, extinguirse local o globalmente. Casos de colapsos en las poblaciones naturales por sobrepesca en el mundo son numerosos, como los de la anchoveta *Engraulis ringens* en las costas de Perú y del bacalao *Gadus morua* en Terranova. La pesca también afecta indirectamente a las comunidades marinas modificando los hábitats y alterando el flujo y la dinámica de la cadena trófica. Sin embargo, es muy difícil conocer con precisión las consecuencias que la actividad pesquera ha dejado en los ecosistemas de las costas y de mar abierto mexicanos. Podemos adelantar, no obstante, que algunos datos sugieren que numerosos sistemas costeros están afectados por las actividades pesqueras. Según la actualización de la Carta Nacional Pesquera de 2004, 33 de los 42 principales sistemas lagunares costeros del país están afectados por las actividades pesqueras, 27 de ellos en la costa del Pacífico y los restantes 6 en el Golfo y el Caribe. Desde la perspectiva de las pesquerías nacionales, la misma carta establece que entre 10 y 15% de ellas se encuentran en condiciones de deterioro.

Uno de los problemas más graves de la pesca es la falta de selectividad de las artes de pesca tradicionales, lo que conlleva a la captura de ejemplares de muchas especies que carecen de valor comercial. Además de numerosas clases de peces e invertebrados, se capturan especies amenazadas, entre las que se encuentran cetáceos, tiburones y tortugas marinas. Se ha estimado que tan sólo en el año 2000 la flota palangrera mundial mató accidentalmente alrededor de 200 mil tortugas caguamas y 50 mil

Ecosistemas anfibios: un tesoro amenazado

Los manglares son los “ecosistemas anfibios” por excelencia de la naturaleza: son comunidades de árboles y arbustos que viven en las zonas costeras dentro de las zonas intermareales, es decir, en las áreas de transición entre el mar y la tierra firme. Se les puede ver ocupando los deltas en las desembocaduras de los ríos, en estuarios, lagunas costeras e incluso, en los bordes de islas en el mar abierto. Estos ecosistemas constituyen complejos ensamblajes de especies que, aunque no son muy diversos, reúnen numerosas especies de plantas epífitas, parásitas, crustáceos, moluscos, aves y peces.

Para poder sobrevivir en estos ecosistemas, muchas plantas deben tolerar, entre otras condiciones, la alta salinidad de las aguas, la inundación permanente del suelo (con la falta de oxígeno que ocasiona en la zona de las raíces) y los embates del oleaje y las mareas. En este sentido, distintas adaptaciones a estas condiciones han evolucionado en muchas especies. La exclusión de la sal en las raíces, su secreción y cristalización en la superficie de las hojas, los sistemas aéreos de raíces y las lenticelas en su superficie (estructuras que facilitan la absorción del oxígeno cuando bajan las mareas), son sólo algunas de las más importantes (NOAA, 2002). Al menos 20 familias de plantas en el mundo tienen manglares dentro de sus listas y se reconocen actualmente 62 especies, siendo las zonas del Océano Índico y la parte occidental del Pacífico las más diversas en especies (Groombridge y Jenkins, 2002).

Los manglares, además de su intrínseca belleza natural, también han abastecido a las sociedades humanas con distintos productos. La madera que se extrae de ellos sirve como material para construcción de casas y embarcaciones, como materia prima para la

elaboración de papel y como combustible. El follaje de los mangles se emplea en algunas comunidades como forraje para ganado, particularmente en la época seca cuando otros tipos de plantas no están disponibles. De la corteza de los mangles se obtienen también taninos, compuestos químicos útiles como tintes y como conservadores en la industria peletera. Aunado a lo anterior, son una rica fuente de alimento de origen marino. Se sabe que gran parte de las especies comerciales de camarón son dependientes, en alguna etapa de su ciclo de vida, de las zonas de manglar (Groombridge y Jenkins, 2002).

Debe mencionarse que, además de proveer de una gama importante de bienes a las sociedades, los manglares también realizan un conjunto de servicios ambientales que, en la mayoría de los casos, no son ni reconocidos ni valorados. Destacan la protección de las costas, principalmente por la reducción de la velocidad y la fuerza del oleaje, en especial durante eventos meteorológicos extremos como huracanes y tormentas tropicales; sirven como sitios de refugio y alimentación de las especies marinas de consumo humano (e. g., camarones, cangrejos, ostiones y almejas) y mantienen la calidad del agua, esto debido a la captura de sedimentos en las raíces y a la absorción de compuestos orgánicos e inorgánicos directamente de la columna de agua (Groombridge y Jenkins, 2002; NOAA, 2002).

Las estimaciones de la superficie que ocupan los manglares en el mundo varían entre los 170 mil y los 240 mil kilómetros cuadrados (Groombridge y Jenkins, 2002; NOAA, 2002; FAO, 2003). Su distribución está determinada principalmente por la temperatura, lo que los restringe a las zonas tropicales y subtropicales entre los 25 y los 30 grados de latitud en ambos hemisferios.

Ecosistemas anfibios: un tesoro amenazado (continuación)

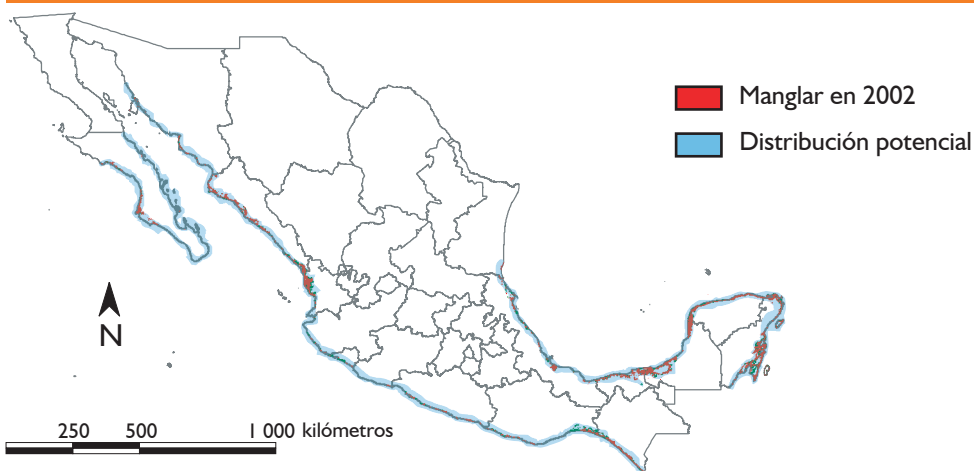
Aproximadamente cien países poseen estos ecosistemas en sus costas, sin embargo, tan sólo Indonesia, Brasil, Australia y Nigeria albergan cerca del 40 por ciento del área total de este tipo de ecosistema (Groombridge y Jenkins, 2002).

En México, los manglares están distribuidos, tanto en el Pacífico como en el Golfo de California y el Atlántico (Golfo de México y el Caribe), ocupando el interior de lagunas costeras, sistemas deltáicos e incluso frente a las barreras arrecifales. En ellas habitan seis especies de mangle: el negro (*Avicennia germinans* y *A. bicolor*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle* y *R. harrisonii*). La superficie de manglares en el país es difícil de conocer con precisión. Las estimaciones varían entre los 5 mil 300 y los 14 mil 200 kilómetros cuadrados (diversos autores en López-Portillo y Ezcurra, 2002) siendo Nayarit, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Sinaloa y Tabasco algunos de los estados que

destacan por sus extensiones de manglares (*Mapa a*).

Desafortunadamente, al igual que muchos otros ecosistemas terrestres y marinos, los manglares han estado y continúan sujetos a fuertes presiones de origen humano que los han eliminado de muchas zonas de México y el mundo. Adicionalmente, diversos fenómenos meteorológicos naturales, como son las tormentas, huracanes y tifones también pueden devastar grandes regiones de manglares. Las principales actividades humanas que los afectan son la deforestación, principalmente como resultado de la demanda por tierras para asentamientos humanos, zonas turísticas, infraestructura carretera y petrolera, actividades agropecuarias y marícolas; la modificación de la hidrología de lagunas costeras y esteros por la apertura de bocas y barras; la reducción del flujo de agua por obras de riego y la contaminación de las aguas por agroquímicos, metales pesados, nutrimentos y derrames de petróleo (López-Portillo y Ezcurra, 2002; NOAA, 2002).

Mapa a Distribución de los manglares en México



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México. 2005

Ecosistemas anfibios: un tesoro amenazado (continuación)

La estimación de la pérdida de superficie de estos sistemas es compleja, debido a distintos problemas metodológicos, lo que hace difícil obtener datos confiables respecto a las superficies perdidas y las tasas de cambio con las que ocurren. Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), entre 1990 y el año 2000 se perdió en el mundo una superficie cercana de un millón 708 mil hectáreas cuadrados de manglares, a una tasa anual cercana al uno por ciento (**Tabla a**). La región que mayor superficie perdió en este periodo fue Asia (con cerca de 850 mil hectáreas), seguida por Norte y Centroamérica (con 328 mil hectáreas) y Sudamérica (228 mil hectáreas).

Para el caso particular de México, no existen cifras definitivas acerca de la magnitud de la pérdida de este tipo de ecosistemas. Según la FAO (2003), entre 1990 y el año 2000, México perdió alrededor de 103 mil hectáreas, esto a una tasa anual del 1.9 por ciento. En la **Figura a** se muestra un ejemplo de la pérdida de manglares sufrida en la costa norte del estado de Nayarit entre 1993 y

el año 2002. Si se considera la superficie original que estos ecosistemas cubrían en el país, México ha perdido a la fecha alrededor del 36 por ciento de sus manglares, cifra menor a la reportada para Panamá (67%) y similar a la de otros países de Latinoamérica (Guatemala, 32%; Jamaica, 30% y Perú, 25%). Los valores más altos de destrucción de manglares reportados en el mundo corresponden a Tailandia (84%), Paquistán (78%) y Malasia (74%).

Ante el grado de amenaza, pérdida y degradación de estos valiosos ecosistemas, México ha adoptado diversas medidas encaminadas a su protección y conservación. Una de las más importantes ha sido su salvaguarda por medio de la creación de áreas naturales protegidas (ANP). En 2004, la superficie protegida de manglar dentro de las áreas naturales protegidas ascendía a cerca de 550 mil hectáreas, en un total de 14 áreas. De esa superficie, 65% se encontraba en dos áreas naturales protegidas: en el área de protección de flora y fauna de Laguna de Términos, en Campeche (268 mil hectáreas,

Tabla a Pérdida de manglares en el mundo, 1990-2000

Región	Superficie (miles de ha)		Pérdida 1990-2000 (miles de ha)	Tasa de cambio anual (%)
	1990	2000		
África	3 470	3 351	119	-0.3
Asia	6 689	5 833	856	-1.2
Norte y Centroamérica	2 296	1 968	328	-1.4
Oceanía	1 705	1 527	178	-1.0
Sudamérica	2 202	1 974	228	-1.0
Mundial	16 361	14 653	1 708	-1.0

Fuente:

FAO. *State of the World's Forests 2003*. FAO. Roma. 2003.

Ecosistemas anfibios: un tesoro amenazado (continuación)

Términos, en Campeche (268 mil hectáreas, 48.2%) y en la reserva de la biosfera de Sian ka'an (cerca de 95 mil hectáreas, 17%), en el estado de Quintana Roo. Destacan también por su extensión de manglares las reservas de la biosfera de La Encrucijada, en Chiapas (cerca de 49 mil hectáreas) y Los Petenes, en Campeche (cerca de 47 mil hectáreas).

México también protege a sus manglares por medio de la inscripción de algunos de ellos a la Convención Ramsar, a la cual se adhirió el 4 de julio de 1986. Este es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en favor de la conservación y uso racional de los humedales de importancia mundial (Ramsar Convention, 2004). Actualmente México cuenta con 51 sitios dentro de la convención, de los cuales 29 protegen zonas de manglar.

En cuestión de normatividad, la Semarnat emitió la NOM-022-SEMARNAT-2003,

que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Así mismo, la NOM-059-SEMARNAT-2001, que especifica las categorías de riesgo de las especies nativas de México de flora y fauna silvestres, protege a cuatro de las especies de mangle que habitan el territorio nacional: *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, todas ellas dentro de la categoría de protección especial.

Fuentes:

FAO. *State of the World's Forests 2003*. FAO. Roma. 2003.

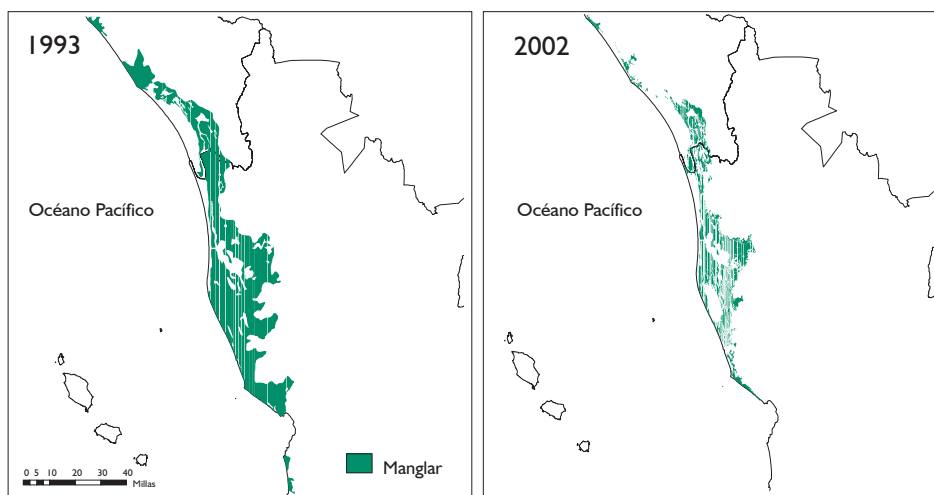
Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

López-Portillo, J. y E. Ezcurra. Los manglares en México: una revisión. *Madera y bosques*. Número especial: 27-51. 2002.

NOAA. *Oil spills in mangroves. Planning & Response Considerations*. NOAA. USA. 2002.

Ramsar Convention. *¿Qué son los humedales?* Documento Informativo Ramsar No. 1. Ramsar Convention. 2004. Disponible en: http://www.ramsar.org/about_infopack_1s.htm

Figura a Pérdida de manglares en la costa norte de Nayarit, 1993-2002



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II*. México. INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México.



laúd (Lewison *et al.*, 2004). Los efectos de la pesca incidental en los ecosistemas oceánicos y costeros dependerán, además de la intensidad de la captura, de las características biológicas de cada especie y del estado de sus poblaciones. No obstante, resulta muy difícil estimar con precisión el daño que la pesca incidental ha ocasionado en las aguas nacionales. Podemos decir, sin embargo, que no debe ser insignificante. Tan sólo en el año 2000, el descarte de fauna de acompañamiento alcanzó cerca de 176 mil toneladas en el Pacífico, mientras que en el Golfo de México registró 15 mil toneladas (**Cuadro D2 PESCA04 01**).

Algunas artes de pesca también perturban el medio y destruyen el hábitat de muchas especies. Las redes de arrastre barren el lecho marino en busca de camarones y otras especies de peces del fondo, lo que causa que pastos marinos, esponjas, corales y erizos, entre otros organismos, sean capturados, lastimados o desprendidos del lecho oceánico. Con la pérdida de los microhábitats creados por esponjas y corales, se pierden además los sitios de reclutamiento y alimentación para otras especies, lo que afecta sus poblaciones y el flujo y dinámica de las cadenas tróficas. Aun cuando no se tienen datos periódicos del área que anualmente se barre en la búsqueda del camarón y otras especies de peces del fondo en México, se ha calculado que en el año 2000, tan sólo en el Pacífico, la superficie arrastrada alcanzó los 550 mil kilómetros cuadrados (es decir, cerca de dos veces el estado de Chihuahua), mientras que en el Golfo de México pudo sumar los 187 mil kilómetros cuadrados (es decir, la superficie estatal de Sonora) (**Cuadro D2 PESCA04 01**).

El turismo es uno de los sectores de más rápido crecimiento en la economía global y el de las zonas costeras resulta estratégico para muchos países, incluido México. Sin embargo, a pesar de las ganancias económicas que produce, también puede impactar negativamente a los ecosistemas marinos principalmente por la presión en la construcción de infraestructura (diques, marinas y muelles), por la explotación de los recursos naturales, la contaminación del agua y los impactos físicos directos. En México esta industria ha crecido

notablemente en las últimas décadas, especialmente en ciertas zonas, como la costa este de la península de Yucatán, debido en gran parte a la belleza de sus playas y a las zonas de arrecifes de coral ideales para la práctica del buceo. Cancún y Cozumel son los destinos turísticos nacionales que más turistas atraen cada año, con alrededor de 3 millones, lo cual constituye una fuerte presión para los sistemas arrecifales de la zona, entre los que se cuentan algunos de los más diversos del continente.

Otros factores que pueden afectar a los ecosistemas de las regiones marinas y costeras son las actividades petroleras, las de transporte y carga marítima, las especies invasoras y el cambio climático global. En el caso de las dos últimas, se tratan con mayor detalle en los recuadros **Especies invasoras en México** y **El cambio climático y la biodiversidad**.

Ecosistemas acuáticos continentales

En el país existen más de 70 cuencas fluviales; los ríos que drenan hacia el Pacífico son generalmente pequeños, de flujo rápido y con pendientes pronunciadas, mientras que los que desembocan en el Golfo de México y el Caribe son, por lo general, grandes, caudalosos y con pendientes suaves. Los ríos más importantes por su volumen medio anual son, en la vertiente del Pacífico, el Colorado, Yaqui, Fuerte, Culiacán, Lerma-Santiago, Balsas, Papagayo, Ometepec, Verde, Tehuantepec y Suchiate; en la vertiente del Golfo, el Bravo, Pánuco, Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta y, para la vertiente del Mar de las Antillas, el Hondo. Los ríos del interior más importantes son el Nazas, Aguanaval, Santa María, Casas Grandes y El Carmen.

Dentro de los cuerpos de agua lénticos existen alrededor de 70 lagos de tamaño muy diverso que, en conjunto, cubren una superficie cercana a las 371 mil hectáreas. El mayor número de lagos en el país se localiza en la zona del Eje Volcánico Transversal, asociados principalmente al sistema Lerma-Santiago; la zona centro-occidente (que incluye los estados de Jalisco y Michoacán) es la más importante, ya que

Arrecifes de coral

Los arrecifes coralinos constituyen uno de los ecosistemas más espectaculares del planeta. Son las comunidades más diversas, productivas y vulnerables de los mares, rivalizando en diversidad biológica tan sólo con las selvas tropicales y los bosques de niebla, dos de los ecosistemas terrestres más diversos. Se reconocen desde el espacio, ya sea como barreras que bordean cientos de kilómetros de costas continentales (como la Gran Barrera Australiana), o como atolones y pequeños cayos de múltiples tonalidades verdes y azules. Por debajo de la superficie del mar forman atractivos paisajes submarinos, dominados por corales duros y blandos de diversas formas y por una infinidad de especies de peces, crustáceos, equinodermos, moluscos e invertebrados.

Sin embargo, los arrecifes de las aguas cálidas tropicales y subtropicales no son los únicos que prosperan en los mares. La exploración en décadas recientes de la profundidad oceánica ha traído consigo el descubrimiento de extensas áreas de coral a grandes profundidades, en aguas frías, oscuras y ricas en nutrimentos. Aunque a la fecha se desconocen muchos aspectos de su diversidad biológica y ecología, se sabe que por su complejidad, tamaño y estructura bien podrían rivalizar en múltiples aspectos con sus contrapartes de aguas cálidas.

Además del valor estético que ofrecen, los arrecifes coralinos de aguas cálidas y frías brindan un gran número de bienes y servicios ambientales a la sociedad. Son lugares importantes para la reproducción y cría de muchas de las especies comerciales de consumo, sirven como protectores de las líneas de costa ante los embates de tormentas y huracanes, además de que han abastecido a las comunidades costeras durante largo

tiempo de materiales de construcción. No debe olvidarse también su valor estético, como sitio de recreo y científico.

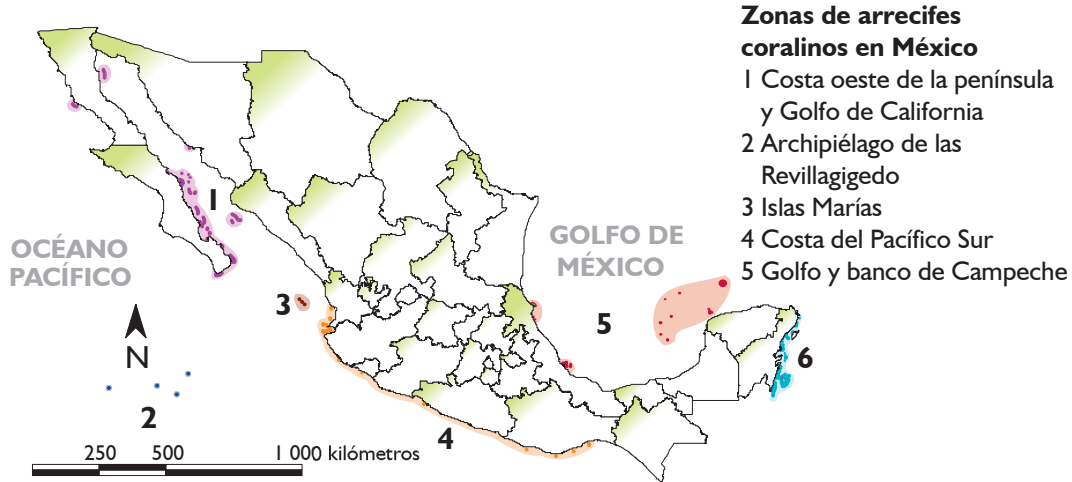
En México se reconocen tres zonas de arrecifes coralinos: la costa del Pacífico (que incluye algunos de los estados costeros, además de las Islas Marías y Revillagigedo), las costas de Veracruz y Campeche en el Golfo de México y la costa este de la Península de Yucatán (desde Isla Contoy hasta Xcalak, incluyendo al atolón de Banco Chinchorro) (*Mapa a*). Se estima que el área que ocupan los arrecifes coralinos de aguas cálidas en el país asciende a cerca de mil 780 kilómetros cuadrados, es decir, cerca del 0.63% del área total de este tipo de arrecifes en el mundo (Spalding *et al.*, 2001).

En el caso de los arrecifes de aguas frías, poco se sabe de su distribución geográfica en el país. Los registros provienen fundamentalmente de colectas de ejemplares de algunas de sus especies en el Golfo de México, aunque no debe descartarse su presencia en las aguas territoriales del Pacífico. *Lophelia pertusa*, una de las especies de corales formadoras de arrecifes de aguas frías más importantes, se ha identificado en ciertas zonas del norte del Golfo de México y el Mar Caribe. De igual modo, *Madrepora oculata*, otra especie de coral de aguas frías, también se ha colectado en las aguas del Golfo de México.

En cuanto a su diversidad de especies, la riqueza de corales hermatípicos o formadores de arrecifes en México se ha estimado entre 63 y 81 especies, lo cual representa entre el 8 y el 10 por ciento de las especies conocidas globalmente (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993; Spalding *et al.*, 2001). En la *Figura a* se muestra la diversidad de estas especies

Arrecifes de coral (continuación)

Mapa a Distribución geográfica de los arrecifes coralinos en aguas cálidas en México



Fuente:

Elaboración propia con datos de: Oliver, J., M. Noordeloos, Yusuf, Y., M. Tan, N. Nayan, C. Foo y F. Shahriyah. ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs. 2004. Disponible en: <http://www.reefbase.org>.

de coral en México para diferentes zonas geográficas. Como puede apreciarse, la zona con mayor diversidad corresponde al Caribe (45-56 especies), seguida por los arrecifes de las costas de Veracruz y Campeche (45 especies). En contraste, las zonas con menor número de especies son las Islas Marías y el Golfo de California (entre 7 y 13 y 12 especies, respectivamente). Con respecto a la diversidad de otros grupos presentes en los arrecifes, se han documentado cerca de 346 especies de peces asociados, de las cuales 245 habitan el Atlántico: 68% en el Golfo de México y 92% se encuentra a lo largo de la península de Yucatán.

Debe subrayarse que a pesar de no poseer una gran diversidad en especies de corales, México posee una valiosa riqueza en endemismos asociados a sus arrecifes. Roberts y colaboradores (2002), con base en el estudio de la distribución geográfica de diversas especies de peces, corales, caracoles

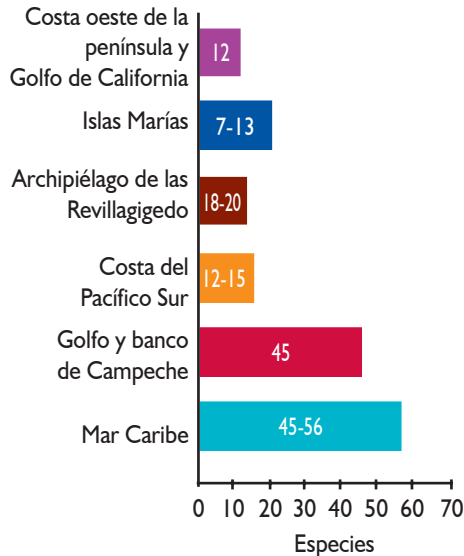
y langostas, reconocieron a las zonas del Golfo de California y al Caribe occidental como dos de los 18 centros de endemismo de especies arrecifales más importantes en el mundo.

Presiones sobre los arrecifes coralinos

La riqueza natural de estos ecosistemas está en grave riesgo en México y el mundo. Las actividades antropogénicas que se llevan a cabo en la zona costera pueden tener fuertes impactos sobre estos ecosistemas. Se ha sugerido que la pesca es una de las actividades antropogénicas que más impactan a los arrecifes coralinos, tanto aquellos de zonas cálidas como a los de profundidad. La sobreexplotación de las especies comerciales y las artes de pesca que barren y destruyen el lecho marino son algunas de las prácticas más nocivas. Además de disminuir los tamaños poblacionales de las especies objetivo, afectan a los pastos marinos, esponjas, corales y erizos, entre otros muchos tipos de

Arrecifes de coral (continuación)

Figura a Riqueza de especies de corales duros en los arrecifes coralinos de aguas cálidas en México



Fuentes:

Carricart-Ganivet, J. P. y G. Horta-Puga. Arrecifes de coral de México. En: *Biodiversidad Marina y Costera*. Conabio-CIQRO. México. 1993.
Salding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. *World Atlas of Coral Reefs*. WCMC-UNEP. University of California Press. Berkeley. USA. 2001.

organismos. De igual modo, la sobrecolecta de especies ornamentales de coral (negro y rojo, por ejemplo), peces, anémonas y otros invertebrados como ejemplares de acuarios también daña a los arrecifes, alterando su estructura y dinámica.

La construcción de infraestructura (principalmente en lo que se refiere a puertos, marinas y diques para la navegación), la extracción de material de construcción (arena y piedra caliza para producir cemento o bloques) y el dragado de puertos y canales son algunos de las actividades más dañinas que genera la expansión urbana en las zonas costeras. Todas ellas remueven o dañan irreversiblemente la cubierta de los arrecifes y a sus especies asociadas, lo que, en el

mediano o largo plazo puede causar la muerte de los corales y de toda su fauna asociada.

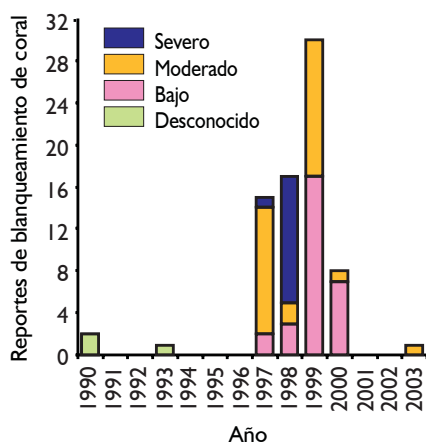
También las actividades turísticas afectan a estos ecosistemas, tanto por la demanda de infraestructura y de recursos naturales que requiere para su mantenimiento y crecimiento, como por las actividades recreativas que practican los turistas, tales como el buceo, que promueve el pisoteo y/o colecta de partes o ejemplares de coral y otros organismos cuando no está adecuadamente regulado. En México, esta industria ha crecido notablemente en las últimas décadas, especialmente en la costa este de la península de Yucatán. Cancún y Cozumel son dos de los destinos turísticos nacionales que más turistas atraen cada año, con alrededor de 3 millones, lo cual constituye una fuerte presión para los sistemas arrecifales de la zona.

El cambio climático global, identificado por el calentamiento global del planeta registrado en los últimos cincuenta años, constituye otra fuerte presión sobre los sistemas coralinos. El sobrecalentamiento del agua del mar, aunque también la contaminación y la exposición al aire, producen el llamado “blanqueamiento del coral”, resultado de la pérdida de las algas (zooxantelas) que viven como simbiosis en el interior de los pólipos coralinos, lo que produce que pierdan su coloración natural y adquieran un aspecto blanquecino. Aunque los corales pueden recuperarse si el estrés no es prolongado, en algunas ocasiones causa su debilitamiento, enfermedad y muerte. La temporada 1997-1998 (asociada con el fenómeno de El Niño) registró un evento masivo de blanqueamiento en el mundo, siendo más notable en el Océano Índico, en donde hasta 90% de los corales murieron a lo largo de miles de kilómetros cuadrados, incluyendo prácticamente todos los arrecifes de las islas Maldivas, el archipiélago de Chagos

Arrecifes de coral (continuación)

y las Seychelles (Spalding *et al.*, 2001). En México, en el periodo 1990-2003, el 95% de los reportes de blanqueamiento de coral se registró entre 1997 y 2000, siendo 1999 el año con mayor número de registros. El 61% de los reportes en el mismo periodo provienen de los arrecifes del Caribe, 34% del Pacífico y tan sólo 4% de los arrecifes del Golfo. Los únicos años en los cuales los reportes muestran daños severos (blanqueamiento en 30% o más de los corales del sitio) fueron 1997 y 1998. En este último año, 71% de los reportes mostraron daños severos en los arrecifes (**Figura b**).

Figura b Reportes de blanqueamiento de coral en los arrecifes mexicanos, 1990-2003



Fuente:

Oliver, J., M. Noordeloos, Y. Yusuf, M. Tan, N. Nayan, C. Foo, y F. Shanhriyah. ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs. 2004. Disponible en: <http://www.reefbase.org>

Conservación y protección de los arrecifes coralinos

El conocimiento del estado de conservación de la mayoría de los arrecifes mexicanos de aguas cálidas es escaso y fragmentario. Sin

embargo, algunos esfuerzos internacionales encaminados a conocer el estado de los arrecifes del mundo han incluido a México. En 1998, el World Resources Institute (WRI), a través de la formación de un grupo en el que participaron diversos expertos y organizaciones (UNEP-WCMC y WorldFish Center, entre otras), intentó identificar el grado de amenaza de los arrecifes coralinos en el mundo. El estudio se basó en cuatro impactos antropogénicos de los que dispuso de información global: desarrollo costero, contaminación marina, sobreexplotación y pesca no sustentable y erosión y contaminación de origen continental (Bryant *et al.*, 1998). Cabe señalar que el análisis de riesgo no incluyó otros factores importantes como la destrucción física directa de los arrecifes y el cambio climático global.

Los resultados permitieron calcular las áreas de riesgo de los arrecifes a nivel global, regional y de país según su grado de riesgo (alto, medio y bajo). Para el caso de México, el análisis estimó que cerca del 39% de sus arrecifes se encuentran en alguna condición de riesgo (Spalding *et al.*, 2001). El **Mapa b** muestra el grado de riesgo de los arrecifes mexicanos. El estudio muestra que los arrecifes de la costa del estado de Veracruz (Tuxpan y el Sistema Arrecifal Veracruzano), los cercanos a los centros turísticos más importantes de Quintana Roo (especialmente los de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc) y los de La Paz, en Baja California Sur y Cayo Arcas en Campeche, son los más amenazados.

Entre los arrecifes con grado de amenaza medio, el estudio señala a los de Cabo Pulmo en la costa oriental de Baja California Sur, la zona occidental de Arrecife Alacranes y Bajo Sisal en la costa yucateca, los arrecifes de la

Arrecifes de coral (continuación)

Mapa b Grado de riesgo de los arrecifes coralinos de aguas cálidas en México



Fuente:

Oliver, J., M. Noordeloos, Yusuf, Y., M. Tan, N. Nayan, C. Foo, and F. Shahriyah. ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs. 2004. Disponible en: <http://www.reefbase.org>. 2004.

costa occidental de Cozumel y, en el sur de Quintana Roo, los cercanos a Xcalak. Debe mencionarse que, aunque este estudio no es definitivo en cuestión de la salud actual de los ecosistemas coralinos mexicanos, permite avanzar hacia la identificación de zonas susceptibles al impacto de algunos de los factores antropogénicos que afectan estos ecosistemas.

Con el objeto de proteger la riqueza en arrecifes coralinos que posee el país, la creación de áreas naturales protegidas (ANP) que incluyen arrecifes coralinos ha sido una de las estrategias de política ambiental más importantes. Actualmente, existen 13 ANP que protegen zonas con arrecifes de coral, nueve de ellas localizadas en el Golfo de México y el Mar Caribe y las restantes cuatro en la costa del Pacífico. También dentro del marco de la Convención de Humedales de Importancia Internacional Ramsar se han protegido zonas con arrecifes de coral. De los 51 sitios mexicanos inscritos dentro de la Convención, 11 tienen dentro de sus áreas zonas con arrecifes de coral.

Existen también leyes y normas mexicanas encaminadas a la protección de estos ecosistemas, algunas de las cuales actúan directamente o indirectamente como mecanismos de protección de los arrecifes o de las especies que los habitan. Entre ellas pueden citarse la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas, la Ley de Pesca, la NOM-059-SEMARNAT-2001 (que enlista a las especies de flora y fauna en alguna condición de riesgo), la NOM-022-SEMARNAT-2003 (que establece las especificaciones para la preservación, conservación y restauración de los humedales costeros), la NOM-006-PESC-1993 (establece la regulación para el aprovechamiento de todas las especies de langosta), la NOM-008-PESC-1993 (ordena el aprovechamiento de las especies de pulpo), la NOM-013-PESC-1994 (establece la regulación para el aprovechamiento de las especies de caracol) y la NOM-029-PESC-2000 (que regula la pesca responsable del

Arrecifes de coral (continuación)

tiburón y especies afines). En materia de ecoturismo, existe la NOM-05-TUR-1998, que establece los requisitos mínimos de seguridad a que deben sujetarse las operadoras de buceo para garantizar la prestación del servicio y vigilar que las actividades se lleven a cabo sin dañar la flora y fauna silvestre acuática.

Fuentes:

Bryant, D., L. Burke, J. McManus y M. Spalding. 1998. *Reefs at risk. A Map – Based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs*. WRI, ICLARM, WCMC y UNEP. U.S.A. 1998.

Carricart-Ganivet, J. P. y G. Horta-Puga. Arrecifes de coral de México. En: *Biodiversidad Marina y Costera*. CONABIO-CIQRO. México. 1993.

Oliver, J., M. Noordeloos, Yusuf, Y., M. Tan, N. Nayan, C. Foo y F. Shahriyah. ReefBase: A Global Information System on Coral Reefs. 2004. Disponible en: <http://www.reefbase.org>.

Roberts, C.M., C. J. McClean, J. E. N. Veron, J. P. Hawkins, G. R. Allen, D. E. McAllister, C. G. Mittermeier, F. W. Schueler, M. Spalding, F. Wells, C. Vynne y T. B. Werner. Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science* 295: 1280-1284. 2002.

Spalding, M. D., C. Ravilious y E. P. Green. *World Atlas of Coral Reefs*. WCMC-UNEP. University of California Press. Berkeley, USA. 2001.

alberga los lagos más grandes: Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro. Los embalses artificiales también son notables, ya que las más de 4 mil obras de almacenamiento que existen actualmente cubren una superficie mayor a la de los embalses naturales. Los embalses artificiales más grandes del país son las presas La Amistad, Falcón, Vicente Guerrero, Álvaro Obregón, Infiernillo, Cerro del Oro, Temascal, Caracol, Requena y Venustiano Carranza.

En números absolutos, los ecosistemas acuáticos continentales tienen relativamente pocas especies, pero su número por unidad de área es ligeramente superior a lo encontrado en ecosistemas terrestres y más de 15 veces superior a los ecosistemas marinos (Arriaga *et al.*, 2000). A nivel mundial, cerca del 12 por ciento de las especies animales y el 41 por ciento de todas las especies de peces viven en los ríos y lagos dulceacuícolas. En México, aun cuando las aguas continentales ocupan relativamente una superficie muy pequeña del país, albergan una gran variedad de grupos taxonómicos.

La descripción de la diversidad de los ecosistemas acuáticos en México está basada fundamentalmente en el grupo de los peces, del cual se tiene la información más completa y que puede reflejar, de manera indirecta, la magnitud de la diversidad en otros taxa. A la fecha se han descrito alrededor de 384 especies de peces dulceacuícolas, cantidad que duplica lo registrado en países como Japón (186 especies), Canadá (177) o Turquía (152), aunque es inferior a la riqueza de Estados Unidos, que registra más de 800 especies.

Los ríos con más diversidad de peces son el Pánuco (75 especies, 30% endémicas), Lerma-Santiago (57 especies, 58% endémicas), Coatzacoalcos (53 especies, 13% endémicas) y Papaloapan (47 especies, 21% endémicas) (Miller, 1986). Algunos de los sistemas lacustres más importantes por su biodiversidad y alto número de endemismos conocidos son el lago de Chapala, los lagos-cráter de la Cuenca de Oriental, el lago de Catemaco, la laguna de Chichankanab y el lago de la Media Luna. Cuatro Ciénegas, en el estado de Coahuila, es un sitio particularmente importante, ya que en esta



pequeña zona viven 12 especies de crustáceos (la mitad endémicas), 33 de moluscos, 16 de peces (la mayoría endémicas y en peligro de extinción: *Dionda episcopa*, *Cyprinodon atrorus*, *Lucania interioris* y *Cichlasoma minckleyi*, entre otras), una herpetofauna de 70 especies y 61 aves acuáticas (Arriaga et al., 2000).

Sin embargo, la fuerte dependencia de las sociedades humanas por los bienes que ofrecen los cuerpos de agua continentales ha deteriorado y puesto en serio peligro la permanencia de muchas de sus especies, y con ello la integridad y el funcionamiento adecuado de sus ecosistemas. Su condición y grado de amenaza es aún mayor que el que sufren los ecosistemas forestales o costeros (Revenge et al., 2000). Es importante subrayar que una parte de la presión a la que están sujetas las comunidades acuáticas continentales tiene su origen en las actividades humanas que se realizan en las cuencas que habitan. Dicha presión se ejerce en dos frentes distintos: por un lado, a través del impacto directo, el cual actúa por la modificación o reducción de las áreas de estos ecosistemas y la extracción e introducción de ejemplares, y, por otro, a través del cambio en la cantidad y calidad del agua de la que dependen para su funcionamiento.

La expansión de las zonas urbanas y turísticas, la sobreexplotación de los recursos pesqueros y la introducción de especies exóticas son algunas de las principales actividades que impactan de manera directa a la biodiversidad acuática continental, mientras que la modificación de los cauces por presas y embalses, la sobreexplotación del agua y su contaminación por descargas agrícolas, municipales e industriales son las más importantes fuentes de deterioro de la calidad de su hábitat.

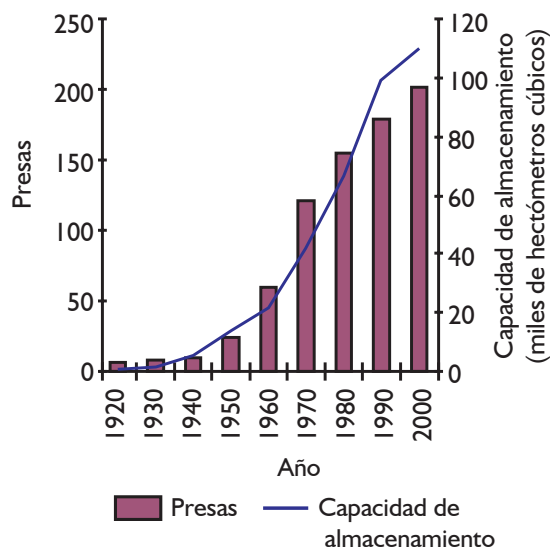
Las presas y embalses son uno de los factores que más han afectado a la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales en todo el mundo. Modifican la calidad del agua, causan cambios en la temperatura y características químicas, entre otros efectos. Además, disminuyen el volumen, duración y frecuencia de los flujos de agua de los ríos, provocando que las cascadas, rápidos, la

vegetación riparia y los humedales sean los hábitats de más pronta desaparición. Igualmente, afectan los patrones migratorios de algunas especies de peces y crean los hábitats ideales para las especies invasoras. Aunque resulta muy difícil estimar el impacto que estas obras han tenido en la biodiversidad acuática continental del país, es probable que muchos ecosistemas hayan sufrido serios efectos dado el volumen de captación total de los vasos presentes en el país. De las 4 mil presas existentes, 667 están clasificadas como grandes presas de acuerdo con los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Presas, todas ellas en conjunto tienen una capacidad de almacenamiento de cerca de 150 kilómetros cúbicos, es decir, del 37% del escurrimiento promedio anual del país (Figura 4.5).

Un gran número de grupos taxonómicos presentes en los ecosistemas acuáticos continentales son susceptibles a los cambios en la calidad del agua presente en su hábitat. La calidad del agua puede reducirse debido a las descargas residuales de distintas actividades, tales como la agropecuaria, industrial y por los desechos residuales de las ciudades. En el caso de la agricultura, el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos propicia que se incorporen a los cuerpos de agua superficiales disueltos o suspendidos en la escorrentía, adheridos a partículas de suelo, por deposición atmosférica o directamente por su aplicación en los cuerpos de agua. En la vida silvestre ocasionan daños celulares y del ADN, cáncer, lesiones en peces y otros animales, deformidades físicas (como los picos en forma de gancho en aves), fallas en la reproducción y deterioro del estado de salud de peces. En el caso de nuestro país, la presión sobre la biodiversidad de los cuerpos de agua por el consumo de plaguicidas podría haberse incrementado en la última década, puesto que tan sólo entre 1992 y 2002 el consumo aparente de estas sustancias creció en media tonelada por hectárea cultivada, pasando de las 1.3 a 1.8 toneladas, siendo los herbicidas y defoliantes los que mayores consumos registraron en el periodo.

Las descargas industriales hacia los cuerpos de agua no se han incrementado de manera notable en los últimos años en el país. Entre 1998 y 2002

Figura 4.5 Grandes presas y capacidad de almacenamiento en México, 1920-2000



Nota: Los datos incluyen a las 234 de las 667 grandes presas principales del país, que en conjunto abarcan el 65% de la capacidad útil total de las presas construidas.

Fuentes:

CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. México. 2004.
 IMTA. *Banco Nacional de datos de Aguas Superficiales. Vol. 7: Hidrometría y Sedimentos hasta 1999*. CNA. México. 2000.

el volumen de la descarga creció en tan sólo once metros por segundo, lo que significó un incremento del 7 por ciento del volumen registrado en 1998. Estas descargas que contaminan los cuerpos de agua continentales provienen principalmente de las industrias química, azucarera, minera, petrolera, del hierro y acero, celulosa, papel y textil, entre otras. Incluyen metales pesados (e. g., plomo, cromo y mercurio), compuestos orgánicos (benceno, tolueno, xileno y otros sintéticos como las dioxinas, furanos, fenoles policlorados e hidrocarburos aromáticos polinucleares), plaguicidas, petróleo, grasas y aceites. Dado que algunos de estos compuestos se acumulan en los tejidos de los organismos, sus efectos se extienden a la totalidad de la cadena trófica, repercutiendo finalmente en la dominancia, abundancia y diversidad natural de los ecosistemas acuáticos continentales.

Las aguas de origen urbano que contaminan los

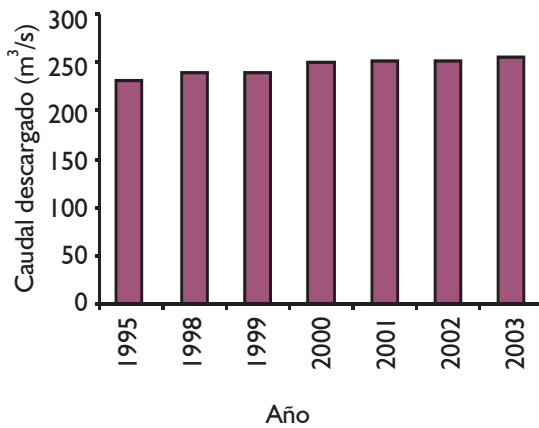
cuerpos de agua continentales provienen de las viviendas y edificios públicos y de la escorrentía urbana que se colecta en el drenaje. Sus principales contaminantes son los nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo), organismos patógenos (bacterias y virus), metales pesados, materia orgánica biodegradable, químicos orgánicos sintéticos, hormonas y productos farmacéuticos (Silk y Ciruna, 2004). Todos ellos pueden acumularse en los organismos acuáticos, afectando la cadena trófica, la abundancia de las especies y la estructura de sus comunidades. Entre 1995 y 2003, la generación de aguas residuales de los centros urbanos se ha incrementado de 231 a 255 metros cúbicos por segundo. Este crecimiento es equivalente a 10%, pero según el comportamiento de los últimos cuatro años parece estar frenándose (Figura 4.6).

Las especies invasoras también han colonizado los sistemas acuáticos continentales. Se han introducido de manera intencional para la acuicultura, la pesca deportiva o el control biológico y accidentalmente por escapes de la acuicultura. Estas especies afectan a la fauna y flora nativas por la degradación del hábitat, depredación, competencia, parasitismo, introducción de enfermedades, y por la reducción y contaminación del acervo genético. El número de especies invasoras registradas en los ecosistemas acuáticos continentales del país asciende actualmente a 85: 2 son anfibios, 71 peces y 12 corresponden a especies de plantas. Su distribución abarca prácticamente todo el territorio nacional.

Especies en riesgo

Como resultado de las presiones mencionadas, una de las consecuencias más importantes en la biodiversidad ha sido el efecto negativo sobre las poblaciones de muchas especies silvestres en todos los ecosistemas. La disminución de los tamaños poblacionales producto de la reducción de sus áreas de distribución o de su fragmentación puede comprometer su permanencia en los ecosistemas o, simplemente, provocar su extinción en el corto o mediano plazo. Casos particularmente graves son los de las especies con áreas de distribución muy restringidas (en ocasiones a tan sólo unas cuantas

Figura 4.6 Descarga de aguas municipales en México, 1995-2003



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: Semarnap-INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1999*. Semarnap, INEGI. México. 2000.
CNA. *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*. CNA. México. Años 1995, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003.
CNA. *Estadísticas del Agua en México 2004*. CNA. México. 2004.

hectáreas o cuerpos de agua), las que tienen tamaños poblacionales reducidos o aquellas que poseen ciclos de vida particularmente sensibles a los cambios ambientales.

De acuerdo con la “lista roja” que publicó la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) en 2004, existían 15 mil 589 especies en condición de riesgo. De ellas, 5 mil 188 correspondían a vertebrados, mil 192 a invertebrados y 8 mil 321 a plantas (incluyendo musgos, helechos, hepáticas, gimnospermas y angiospermas) (Tabla 4.3). La mayor parte de las especies amenazadas, según el mismo reporte, ocurre en los trópicos (en los bosques tropicales y subtropicales de Centro y Sudamérica y sur de África y sureste de Asia), especialmente en zonas montañosas e islas. Caso particularmente grave es el de los anfibios, que según dicha organización es el más amenazado dentro de los vertebrados y el que tiene una mayor proporción de especies al borde de la extinción (21% del total de las especies descritas; UICN, 2004).

En el caso particular de México, de acuerdo a la

NOM-059-SEMARNAT-2001, el grupo taxonómico con un mayor número de especies en condiciones de riesgo es el de las plantas (tanto angiospermas como gimnospermas), con 939 especies. Dentro de ellas, las familias con mayores números de especies en riesgo son la de las cactáceas (285 especies), orquídeas (181 especies), palmas (64 especies) y magueyes (39 especies). Dentro de los animales, los grupos con más especies en riesgo son los reptiles (466 especies, es decir, 58% de las especies conocidas en el país), las aves (371, 30% de las especies), los mamíferos (295, 62% de las especies), los anfibios (297, 55% de las especies) y los peces (185, 9% de las especies).

A pesar de que la extinción de especies es un proceso natural, durante los últimos años la tasa de extinción registrada en el mundo es más de mil veces mayor que las estimadas a partir del registro fósil (Wilson, 1988; Gentry, 1996). El número de especies consideradas extintas en el mundo desde 1600 a la fecha es de aproximadamente 800, muchas de las cuales se extinguieron en el último siglo. En el caso de nuestro país, según la norma oficial que señala a las especies en riesgo, el total de especies probablemente extintas en la vida silvestre suma a la fecha 41 (19 de aves, 11 de peces, 7 de mamíferos y 4 especies de plantas).

La conservación de la biodiversidad

Ante la alarmante pérdida y degradación de la superficie de los ecosistemas naturales y las especies que los habitan, en México y el mundo se han implementado distintas estrategias tendientes ya sea a eliminar o reducir las presiones que los amenazan, a mitigar sus efectos, e incluso, a revertir su deterioro. Tales estrategias se han dirigido básicamente a dos de los niveles de la biodiversidad: el de especies y el de ecosistemas. Como ejemplo de los esfuerzos en el primer nivel, se han desarrollado, entre otros, los Programas de Recuperación de Especies Prioritarias (PREP) y se han impulsado los Centros de Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CPCTM) (ver recuadro **Viajeros milenarios en riesgo**). También se han encaminado los esfuerzos a la protección de otros grupos, como

Tabla 4.3 Especies amenazadas en el mundo según la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 2004

Grupo taxonómico	Especies amenazadas	Especies amenazadas/ especies descritas (%)
Vertebrados		
Mamíferos	1 101	20
Aves	1 213	12
Reptiles	304	4
Anfibios	1 770	21
Peces	800	3
Subtotal	5 188	9
Invertebrados		
Insectos	559	0.06
Moluscos	974	1
Crustáceos	429	1
Otros	30	0.02
Subtotal	1 992	0.17
Plantas		
Musgos	80	0.5
Helechos	140	1
Gimnospermas	305	31
Dicotiledóneas	7 025	4
Monocotiledóneas	771	2
Subtotal	8 321	2.89
Otros		
Líquenes	2	0.02
Subtotal	2	0.02
Total¹	15 503	

Nota:¹ El total de especies presentado en esta tabla no coincide con el total de especies amenazadas reportadas por la UICN en su reporte de 2004, sin embargo, así se recoge del resumen de estadísticas de la misma fuente.

Fuente:

IUCN. *UICN Red list of threatened species*. UICN Species Survival Commission. 2004. Disponible en: [http://www. redlist.org/](http://www.redlist.org/)

el de los cetáceos que habitan o visitan los mares mexicanos (ver recuadro **Los gigantes de los mares**). Mientras tanto, en el caso del segundo nivel, destacan los esfuerzos en materia de la preservación de la integridad de los ecosistemas y de los servicios ambientales que brindan a través de la creación de las áreas naturales protegidas, tanto a nivel federal como estatal.

Existen además otros programas cuyos objetivos centrales, aunque no han sido directamente la preservación de la biodiversidad, promueven su conservación, como es el caso del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), detallado en el capítulo de **Agua** en la presente publicación. También se han implementado programas encaminados al



aprovechamiento sustentable de la biodiversidad (e. g., el Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, SUMA) que, de manera indirecta, conservan los ecosistemas donde habitan las especies-objetivo. En esta línea existen también programas de otros sectores (forestal, principalmente) que hacen posible el uso racional de la biodiversidad de los bosques nacionales, como son el Programa de Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales (Procymaf). Detalles de estos programas pueden encontrarse en el Capítulo 5 ***Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre.***

También pueden destacarse los esfuerzos orientados a la recuperación de la cubierta vegetal, principalmente por medio de la reforestación, la cual se ha promovido a través del Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (Procoref); éste también beneficia la biodiversidad a través de la recuperación de zonas que reducen los efectos negativos asociados por la proximidad a sitios carentes de vegetación. Este programa se ha desarrollado dentro del Capítulo 2 ***Vegetación y uso del suelo.***

Especies prioritarias

Ante el enorme reto de conservar el elevado número de especies de flora y fauna mexicanas, y considerando la dificultad de contar con programas individualizados para todas ellas, el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000 propuso una serie de proyectos para un conjunto de plantas y animales que, a juicio de los especialistas, deberían ser consideradas como especies prioritarias. Algunos de los criterios que se tomaron en cuenta para seleccionar a estas especies fueron su riesgo de extinción, la factibilidad de recuperarlas y manejarlas, los posibles efectos adicionales que produciría su conservación directa (por ejemplo, la conservación de otras especies o hábitat) y su valor por ser especies carismáticas o bien poseer un alto grado de interés cultural o económico. La parte medular de dichos proyectos consistió en la

creación de santuarios y la formación de subcomités para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Especies Prioritarias, encargados de organizar y reunir intereses de todas aquellas instituciones y personas involucradas e interesadas en la conservación de estas especies. Para el año 2002 se habían registrado un total de 26 de estos comités, siendo los últimos cuatro años (1999-2002) los que mayor número de subcomités consolidados registraron. Hasta 2005, se han elaborado y publicado doce programas de manejo para distintos grupos y especies (Tabla 4.4).

Áreas naturales protegidas

La creación de zonas protegidas ha sido la principal respuesta a la destrucción acelerada del hábitat experimentada desde el siglo pasado. En los últimos 30 años ha habido un crecimiento importante de las zonas protegidas en el mundo: en 1972 existían 16 mil 394 áreas protegidas con una superficie total de 4.1 millones de kilómetros cuadrados, mientras que en el año 2003 se registraron 102 mil 102 sitios con una superficie total de 18.8 millones de kilómetros cuadrados (Figura 4.7). En México, la creación de zonas protegidas también ha sido la estrategia de conservación más utilizada. El proceso de creación de estas zonas se inició formalmente en 1876 con la protección de los manantiales del Desierto de los Leones en el Distrito Federal y posteriormente, en 1898, con la primera área natural protegida en el bosque del Mineral del Chico en el estado de Hidalgo. La entrada formal de México a la corriente internacional de parques nacionales comenzó durante el periodo de Venustiano Carranza, con el decreto para constituir al Desierto de los Leones como el primer parque nacional en 1917 (Semarnap-Conabio, 1995).

Las áreas naturales protegidas (ANP) son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido alterado significativamente por la actividad humana y que proporcionan servicios ambientales de diversos tipos. El decreto presidencial que formaliza la creación de ANP especifica el uso del suelo y las

Viajeros milenarios en riesgo

México es un país privilegiado por su diversidad de tortugas marinas. Siete de las ocho especies reconocidas en el planeta anidan en sus playas, tanto en las del Pacífico como en las del Golfo de México y El Caribe: la caguama (*Caretta caretta*), la blanca o verde (*Chelonia mydas*), la prieta (*Chelonia agassizii*), la carey (*Eretmochelys imbricata*), la lora (*Lepidochelys kempii*), la golfinia (*Lepidochelys olivacea*) y la

tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Conabio, 1995). Dos de ellas, la tortuga lora y la prieta se reproducen exclusivamente en playas mexicanas (*Mapa a*).

Las tortugas marinas son especies importantes para los ecosistemas marinos y costeros: han contribuido por millones de años a la salud y al mantenimiento de los

Mapa a Ubicación de las playas de anidación y los campamentos tortugueros en México



Especies de tortugas con distribución en playas mexicanas:

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | <i>Lepidochelys olivacea</i> (golfinia) | | <i>Lepidochelys kempi</i> (lora) |
| | <i>Dermochelys coriacea</i> (laúd) | | <i>Chelonia mydas</i> (blanca o verde) |
| | <i>Caretta caretta</i> (caguama) | | <i>Eretmochelys imbricata</i> (carey) |
| | <i>Chelonia agassizii</i> (negra) | | |

Nota: Las playas indicadas con cada una de las especies de tortugas corresponden a las playas de anidación más importantes.

Fuente:

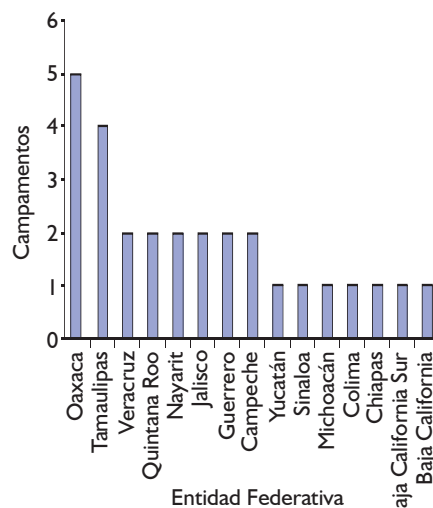
Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. México. 2002.

Viajeros milenarios en riesgo (continuación)

arrecifes coralinos, las praderas de pastos marinos, los estuarios y las playas arenosas (Bouchard y Bjorndal, 2000). Estas especies han sido aprovechadas desde muchos siglos atrás en todo el mundo para obtener diversos productos, entre los que destacan su carne, huevos, piel y el carey de sus caparazones. Sin embargo, la explotación excesiva de sus poblaciones ha puesto en peligro de extinción a varias especies. Las principales actividades humanas que amenazan a estos quelonios son la degradación de sus hábitats de anidación y alimentación, la pesca incidental, el saqueo ilegal de sus nidos y el sacrificio de las hembras que salen a anidar en las playas (PNUMA, 2004; Traffic, 2004).

En México, la protección y conservación de las tortugas marinas se lleva a cabo principalmente en los llamados campamentos tortugueros (Cuadro D3 RBIODIV04 05). Desde 1966, el Instituto Nacional de Pesca (INP) estableció Programas Nacionales de Investigación de Tortugas Marinas y de Protección, Conservación, Investigación y Manejo de Tortugas Marinas. En 1991, este último programa determinó la instalación permanente de campamentos tortugueros para las siete especies de tortugas que habitan en mares mexicanos (Mapa a). Una de las funciones de dichos campamentos es la protección y conservación de las tortugas mediante recorridos en las playas para recolectar y trasplantar nidos, sembrar huevos en corrales de incubación y liberar crías. Actualmente existen 28 campamentos tortugueros denominados Centros de Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CPCTM), 8 en el Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Campeche), 3 en el Caribe (Yucatán y Quintana Roo) y 17 en el Pacífico (Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán,

Figura a Campamentos tortugueros operados por la Dirección General de Vida Silvestre por entidad federativa, 2004



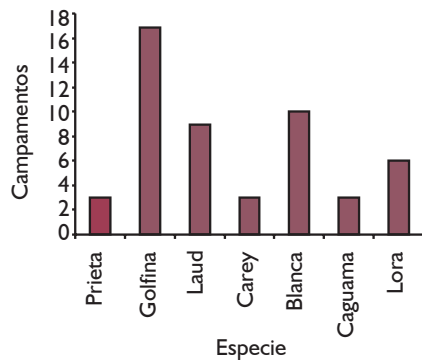
Fuente: Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. México. 2004.

Guerrero, Oaxaca y Chiapas), incluido el Centro Mexicano de la Tortuga, ubicado en Mazunte, Oaxaca (Figura a).

En estos campamentos, la especie que cuenta con la mayor atención es la golfinia (con 17 campamentos), seguida por la tortuga blanca (10 campamentos) y la laúd (9 campamentos). Las tortugas que se atienden en un menor número de ellos son la carey y la prieta (tres campamentos cada una) (Figura b). Además de los CPCTM, existen otros 174 campamentos tortugueros, tanto fijos como temporales, que también llevan a cabo acciones de protección y conservación y son operados bajo convenios de colaboración por organismos no gubernamentales, dependencias de gobiernos estatales y centros de investigación.

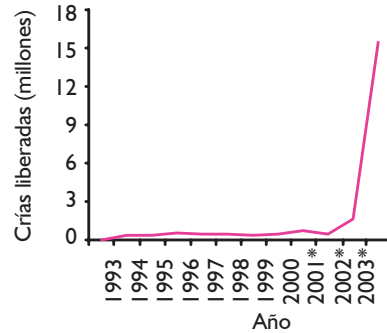
Viajeros milenarios en riesgo (continuación)

Figura b Campamentos tortugueros operados por la Dirección General de Vida Silvestre por especie, 2004



Fuente:
Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. México. 2004.

Figura c Crías de tortugas marinas liberadas en los campamentos tortugueros en México, 1993-2003



*Datos sujetos a cambios por el área

Fuente:
Semarnat. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental. Dirección General de Vida Silvestre. México. 2004.

Algunas de las medidas que dan idea del esfuerzo de protección y conservación gubernamentales en materia de tortugas marinas son los valores promedio de nidos protegidos, los huevos sembrados y las crías producidas de las distintas especies que anidan en el país. Considerando todas las especies, el número crías liberadas entre 1993 y 2001 se mantuvo, a pesar de ligeras fluctuaciones, relativamente constante alrededor de 412 mil crías por año en promedio (*Figura c*). En 2002 y 2003 se mostró un fuerte incremento, liberándose en este último año cerca de 15 millones 500 mil tortugas. Este incremento fue resultado de que se recabaron datos de un mayor número de campamentos, entre ellos algunos de los operados por el Instituto Nacional de la Pesca de la Sagarpa.

En el periodo 1998-2003, la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) fue, con mucho, la especie que más presencia tuvo en los campamentos tortugueros. El total de nidos protegidos en el periodo fue de cerca de 548 mil (con un promedio anual de poco

más de 91 mil), de los cuales el 95 por ciento se concentraron entre 2002 y 2003. Para la misma especie, el promedio de huevos sembrados alcanzó poco más de 9 millones y las crías producidas casi 3 millones, lo que equivale a una eficiencia promedio de cerca del 33%.

Le sigue en importancia por el número de nidos protegidos la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), de la que se protegieron al año un promedio de 3 mil 341 nidos, se sembraron también en promedio cerca de 410 mil huevos y se produjeron 125 mil crías. Por su parte, de la tortuga blanca o verde (*Chelonia mydas*) se protegieron 820 nidos, se sembraron cerca de 84 mil huevos y se obtuvieron cerca de 50 mil crías en promedio. En el caso de la tortuga caguama (*Caretta caretta*) en promedio se protegieron 302 nidos, se sembraron cerca de 35 mil huevos y se produjeron cerca de 28 mil 900 crías al año. Cabe señalar que esta especie es la que ha registrado el mayor éxito en términos del número de crías producidas con respecto al número de huevos sembrados, con una eficiencia del 82%.

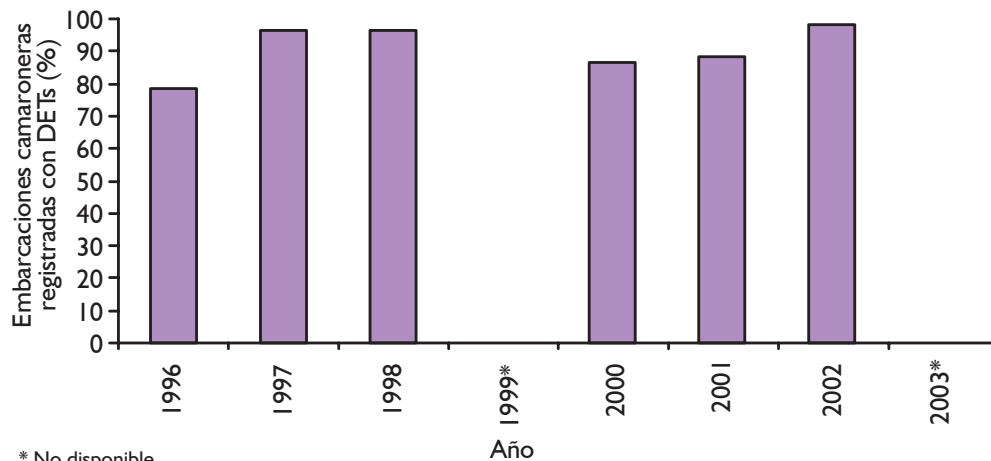
Viajeros milenarios en riesgo (continuación)

En cuanto a la tortuga negra (*Chelonia agassizii*), es la especie de la cual se protegen menos nidos en promedio (12 nidos al año), se siembran menos huevos (780 en promedio) y se producen menos crías (461 en promedio), lo que equivale a una eficiencia de 59 por ciento. Finalmente, la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) se registró en nueve playas incluyendo a Mexiquillo, considerado como uno de los sitios de anidación más importantes de esta tortuga en el mundo. A pesar de que el número de nidos que se protege al año es relativamente alto comparado con las demás especies (263), el número de crías que se liberaron fue pequeño: tuvo una eficiencia de producción de 45% durante el periodo 1998-2003.

También se han hecho diversos esfuerzos para reducir la mortalidad de las tortugas marinas por efecto de la pesca incidental. Uno de los esfuerzos más importantes es la

implementación de los llamados Dispositivos Excluidores de Tortugas (DETs) iniciada en 1993 en los barcos de la flota camaronera del Golfo de México y en 1996 en la del Caribe y Pacífico. Las especies mayormente beneficiadas por esta iniciativa son las que se distribuyen en el Golfo de México (tortuga blanca). Estos dispositivos consisten en aparejos que se adaptan a la entrada de la bolsa de la red camaronera para permitir la salida de las tortugas atrapadas. Sin embargo, estos dispositivos no evitan la mortalidad de todos los animales que entran en ellos. El U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) estima que los DET han reducido en cerca del 67% la tasa de mortalidad anual de tortugas marinas atrapadas en las redes de arrastre en las aguas norteamericanas desde su implementación en 1998. La implementación de los DETs en la flota camaronera nacional se muestra en la **Figura d**. Puede decirse que entre 86 y 98% de las

Figura d Embarcaciones camaroneras con dispositivos excluidores de tortugas (DETs) certificados, 1996-2003



* No disponible

Fuentes:

Semarnat. *Anuario Estadístico de Pesca*. Años 1996, 1997, 1998 y 1999. México. 1997, 1998, 1999 y 2000.

Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca*. Años 2000, 2001 y 2002. México. 2001, 2002 y 2003.

Semarnat-Profepa. *Informe anual*. México. 2003.

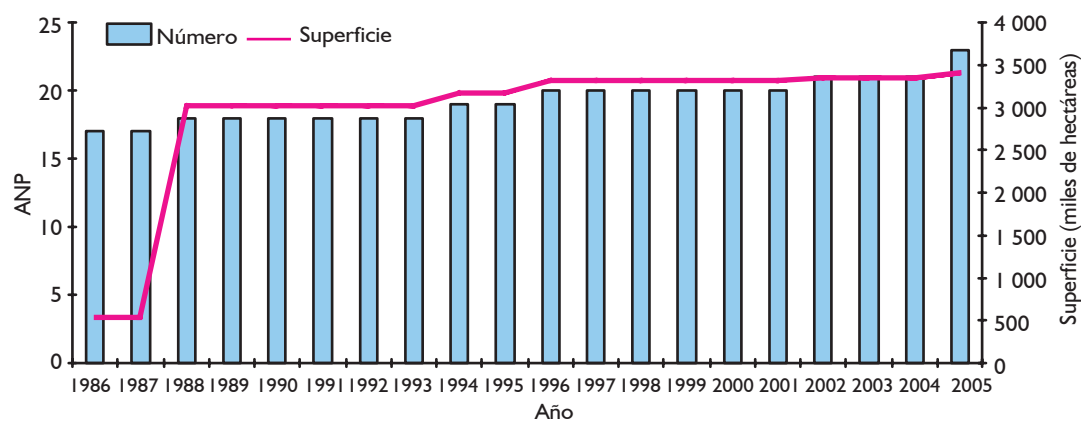
Viajeros milenarios en riesgo (continuación)

embarcaciones camaroneras del país cuentan con estos dispositivos. El crecimiento en el número de embarcaciones entre 1996 y 1997 debe interpretarse con cautela, puesto que el cambio en el número de embarcaciones se debe al Inventario Nacional de Embarcaciones y no a un aumento en el número de embarcaciones con DETs.

Otra de las estrategias que ha servido directa o indirectamente para la protección de las tortugas marinas ha sido la creación de áreas naturales protegidas (ANP). Aunque

algunas de ellas han sido creadas directamente para la protección de estos animales, otras las han incluido paralelamente dentro de sus objetivos. Para el año 2005, la superficie de áreas naturales protegidas federales decretadas que tenían entre sus objetivos la protección de las tortugas marinas totalizaba cerca de 3 millones 410 mil hectáreas, en un conjunto de 23 áreas (*Figura e*). El enorme crecimiento de la superficie entre 1987 y 1988 se debe al decreto de la Reserva de la Biosfera “El Vizcaíno”.

Figura e Áreas naturales protegidas federales decretadas para la protección de tortugas marinas, 1986-2005



Fuente:

Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2005.

Fuentes:

Bouchard, S. y K. A. Bjorndal. Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. *Ecology* 81(8): 2314–2330. 2000.

PNUMA. *Las tortugas del Caribe, próximas a extinción, alerta estudio*. 2004. Disponible en: <http://www.pnuma.org/maillinglist.html>.

Traffic. *Priority Species: Marine Turtles*. 2004. Disponible en: <http://www.traffic.org/seaturtlesfile.html>.



Tabla 4.4 Proyectos de conservación y recuperación de especies prioritarias publicadas, 1999-2005

Proyecto	Año de publicación
Proyecto de protección, conservación y recuperación del Águila Real	1999
Proyecto de recuperación del lobo mexicano (<i>Canis lupus baileyi</i>)	1999
Proyecto para la conservación y manejo del oso negro (<i>Ursus americanus</i>) en México	1999
Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del berrendo (<i>Antilocapra americana</i>) en México	2000
Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable del borrego cimarrón (<i>Ovis canadensis</i>) en México	2000
Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los <i>Crocodylia</i> en México	2000
Protección, conservación y recuperación de la familia <i>Zamiaceae</i> (Cycadales) de México	2000
Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los pinnípedos en México y aguas de jurisdicción nacional	2000
Programa nacional de protección, conservación, investigación y manejo de tortugas marinas	2000
Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los psitácidos en México	2000
Proyecto de conservación, recuperación y manejo del manatí (<i>Trichechus manatus</i>) en México	2001
Proyecto de protección, conservación y recuperación del perrito llanero (<i>Cynomys mexicanus</i>)	2002

Fuente:

Semarnat. Dirección General de Vida Silvestre 2005. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/vs/public.shtml>.

actividades que pueden llevarse a cabo en ellas. Las ANP están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), es responsable de las ANP en México.

La función principal de las ANP es la protección y conservación de los recursos naturales de importancia especial, ya sean especies de fauna o flora o bien de ecosistemas representativos a niveles local, regional e internacional. Además, las ANP generan diversos servicios ambientales, como la protección de cuencas, captación de agua, protección contra erosión, el mantenimiento de la

biodiversidad y el control de sedimentos. Asimismo, son utilizadas con fines de recreación, turismo y para la investigación científica. Aunque existen dudas sobre la eficiencia de las ANP para conservar la diversidad biológica, análisis recientes de zonas protegidas en distintas partes del mundo muestran que la mayoría detienen, en cierto grado, el avance de la deforestación y disminuyen la presión sobre las poblaciones de flora y fauna silvestres (PNUMA, 2002).

Durante los últimos años se ha realizado un esfuerzo considerable para incrementar el número de áreas protegidas en México. En 1996 existían 107 áreas con una superficie total de alrededor de 11.7 millones de hectáreas, cubriendo el 5.9% del territorio nacional. Para el año 2005 existen 154 ANP (Cuadro D3 BIODIV04 12 y Cuadro D3 BIODIV04

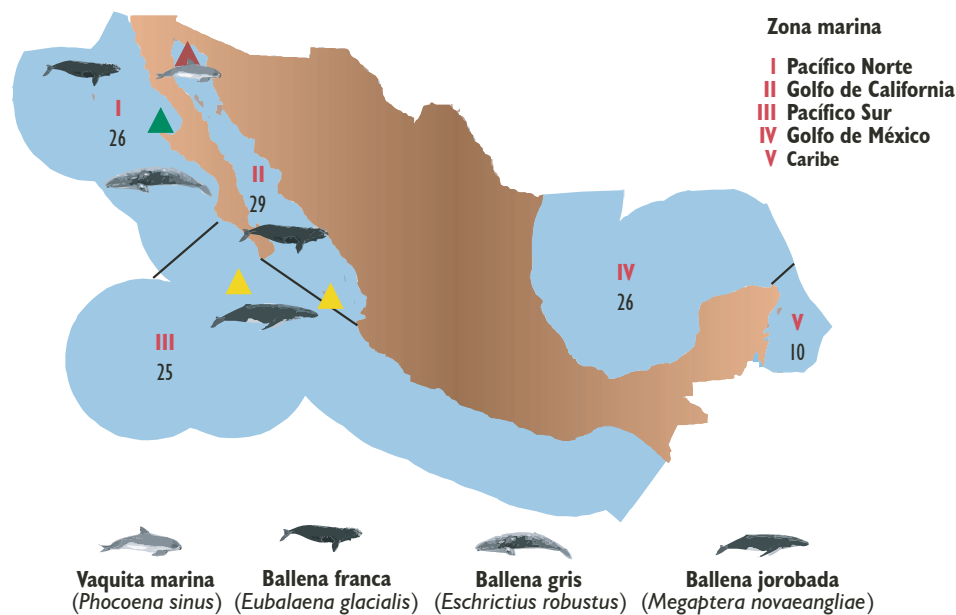
Los gigantes de los mares

El grupo de mamíferos más diversificado en los mares y océanos del planeta es el de los cetáceos, que agrupa a las ballenas, marsopas y delfines. Cosmopolita en su distribución, tiene especies residentes o que visitan periódicamente los mares mexicanos. De las 80 especies de cetáceos registradas en el mundo, entre 37 y 39 han sido identificadas en las aguas nacionales, es decir, cerca del 50% del total de las especies conocidas (Urbán, 2000, Urbán et al., 2004). Desde el punto de vista geográfico, la zona del Golfo de California es la más rica en cetáceos en nuestro país, con 29 especies; seguida por el

Pacífico Norte y el Golfo de México con 26 especies cada una (Semarnat, 2003)(*Mapa a*).

Los cetáceos enfrentan múltiples amenazas en México y el mundo, las que han colocado a muchas de las especies en las principales listas de riesgo. Treinta y siete de las especies que habitan o visitan las aguas nacionales están en la NOM-059-SEMARNAT-2001, dos de ellas en peligro de extinción (la ballena franca, *Eubalaena glacialis*; y la vaquita marina, *Phocoena sinus*) y las restantes 35 en la categoría de protección

Mapa a Riqueza específica de cetáceos en México por zona marina



- ▲ Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. Hábitat de la vaquita marina.
- ▲ Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Lugar de reproducción de la ballena gris.
- ▲ Principales puntos de reproducción de la ballena jorobada.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de: Kinoshawa, M. *Dolphins, porpoises and whales of the world*. The IUCN Red Data Book. 1991.

Reeves, R. R. y S. Leatherwood. *Dolphins, porpoises and whales: 1994-1998. Action Plan for the conservation of cetaceans (SSC Species Action Plan)*. IUCN-The World Conservation Union. 1994.

Reeves, R. R., B. S. Stewart, P. J. Clapham, J. A. Powell y P. A. Folaken. *Guide to marine mammals of the world*. National Audubon Society. EUA 2002.

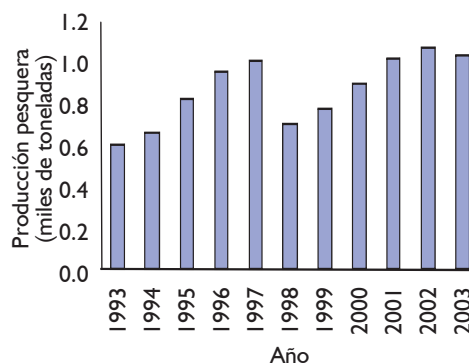
Grupo de Mastozoología Marina. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Los gigantes de los mares (continuación)

especial. La Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), por su parte, incluye a la ballena azul, la ballena franca y la vaquita marina dentro de la categoría de especie en peligro de extinción; además clasifica al cachalote, la ballena piloto, la marsopa de Dall y a la ballena jorobada en la categoría de especie vulnerable. Las principales amenazas para los cetáceos, en México y el mundo son, además de la cacería ilegal, la captura incidental producto de prácticas pesqueras inadecuadas, la contaminación de las aguas, las colisiones con embarcaciones y las actividades turísticas (WWF, 2001; Urbán *et al.*, 2004).

Una de las principales amenazas para los cetáceos es la captura incidental por las pesquerías costeras y de mar abierto. Se ha estimado que cada año en el mundo mueren accidentalmente por esta actividad más de 300 mil cetáceos (entre ballenas, delfines y marsopas), lo que pone en serio peligro la conservación de muchas especies (Ross e Isaac, 2004). La captura incidental de cetáceos se ha observado en una amplia diversidad de pesquerías (anchoa, macarela, arenque, atún y merluza, entre otras), así como con muy diversos tipos de redes (e. g., demersales y pelágicas de arrastre y redes agalleras) (Ross e Isaac, 2004), provocándoles lesiones que van desde hematomas, desgarres musculares, rasgaduras, cortes o amputaciones de aletas, hasta la muerte por asfixia (Kuiken *et al.*, en Ross e Isaac, 2004). Aun cuando no se tienen los datos del número de estos animales que mueren por la pesca en México, la productividad de la actividad aporta evidencia indirecta de la presión a la que pueden estar sujetas las poblaciones de estas especies. En general, la producción pesquera en la zona costera con presencia de ballenas creció en el país durante el periodo 1993-2003 (**Figura a**). A pesar de la caída de la producción en

Figura a Producción pesquera en la zona costera nacional con presencia de ballenas, 1993-2003



Fuentes:

Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca. Años 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999.* México. 1998, 1999 y 2000.

Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca 2000 y 2002.* México. 2001 y 2003.

Sagarpa. *Indicadores de la Actividad Pesquera.* Datos preliminares a diciembre de 2003. México. 2004. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/planeacion/boletin/INDICADOR_DICIEMBRE.xls#C3ab!A33

1998, el volumen capturado en 2003 fue 72% mayor al registrado en 1993.

El transporte marítimo, ya sea pesquero, de carga o de pasajeros, puede afectar negativamente a las poblaciones de cetáceos de una región. Indirectamente, la navegación impacta por la alteración de la calidad del agua, principalmente por las descargas al mar de residuos líquidos, sólidos y peligrosos sin tratamiento, lo cual además de deteriorar la calidad del hábitat, ocasiona la incorporación de compuestos químicos peligrosos al tejido de las ballenas (WDCS, 2005). De manera directa, los cascos y propelas de los buques pueden colisionar con los animales, provocándoles desde lesiones superficiales y fracturas, hasta la muerte. Las colisiones ocurren fundamentalmente con buque-

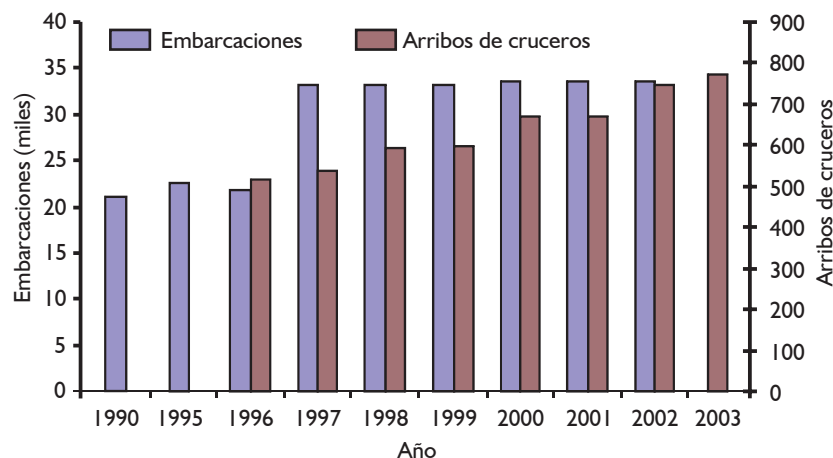
Los gigantes de los mares (continuación)

tanques, cargueros, buques militares y transoceánicos recreativos (Medrano y Urbán, 2002). En nuestro país, el número de embarcaciones pesqueras en las principales zonas costeras con presencia de ballenas se ha mantenido relativamente constante en el periodo 1997-2003, mostrando un incremento de 1.3% con respecto al 2002 (Figura b). En lo que se refiere a arribos de cruceros, el número incrementó en un 49% en el periodo 1996-2003. Cabo San Lucas y Ensenada fueron los destinos con mayor número de arribos de cruceros dentro de los destinos turísticos costeros con presencia de ballenas.

El turismo en la zona norte del Pacífico mexicano tiene gran demanda debido a la belleza natural y al atractivo que le concede la visita invernal de las ballenas migratorias gris y jorobada. Sin embargo, el turismo puede afectar a las poblaciones de estos

cetáceos por alterar la calidad del agua y por las colisiones y perturbaciones que causan los barcos turísticos de observación (UNEP, 2002; PNUMA, 2003). La observación de ballenas es una de las actividades ecoturísticas más importantes en el norte del Pacífico mexicano en la época invernal. La Secretaría de Turismo la cataloga como una de las tres actividades ecoturísticas más rentables en el país, con cerca del 7.5% de la derrama económica de dicho rubro (Sectur, 2001). Desafortunadamente, el crecimiento no regulado de esta actividad turística puede causar impactos negativos en el corto, mediano y largo plazos en las poblaciones de estos animales. Sus principales efectos en las poblaciones de ballenas son: cambios en los patrones de actividad, conductas sociales aberrantes, cambios en la dieta, bajo éxito reproductivo y deserción de los ámbitos hogareños, entre otros (INP, 2001; Farmer, 2002; Medrano y Urbán, 2002; Lusseau,

Figura b Embarcaciones pesqueras y arribos de cruceros en zonas costeras con presencia de ballenas, 1990-2003



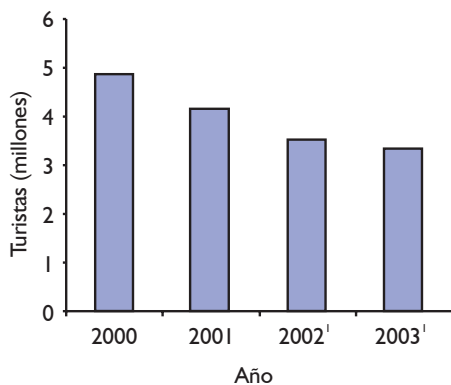
Fuentes:

Secretaría de Pesca. *Anuario Estadístico de Pesca 1990*. México. 1991.
Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca. Años 1996, 1997, 1998 y 1999*. México, 1997, 1998, 1999 y 2000.
Sagarpa. *Anuarios Estadístico de Pesca. Años 2000, 2001 y 2002*. México. 2001, 2002 y 2003.
SCT. Dirección General de Puertos. En: Sectur. *Indicadores Turísticos. Principales Indicadores en Movimiento de Cruceros por Centro Turístico*. 2005. Disponible en: <http://datatur.sectur.gob.mx/jsp/index.jsp>

Los gigantes de los mares (continuación)

2004). Por otro lado, las embarcaciones turísticas de observación perturban el hábitat y, en ocasiones, colisionan con las ballenas produciéndoles heridas (Constantine, 1999; Urbán *et al.*, 2004). Aun cuando no se tienen los datos precisos del número de observadores de ballenas en las aguas nacionales, el volumen de turistas visitando los destinos turísticos con presencia de ballenas sugiere la importancia de la presión que esta actividad puede tener en las poblaciones de estos cetáceos. El número de turistas en los principales destinos turísticos donde pueden observarse las ballenas gris y jorobada mostró una tendencia decreciente durante el periodo

Figura c Turistas en zonas costeras con presencia de ballenas gris y jorobada, 2000-2003

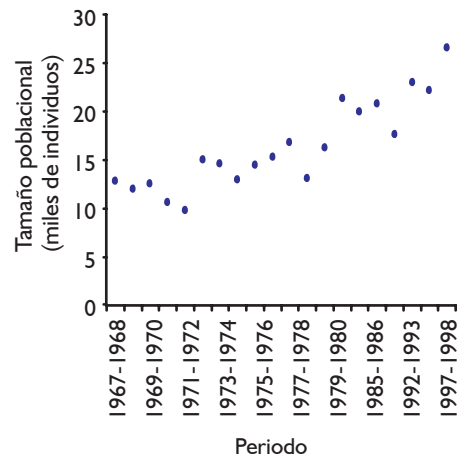


Nota:¹ Información preliminar

Fuente: SECTUR, con base en información generada a través del Sistema Nacional de Información Turística (SNIT)- Sistemas de Información Turística Estatal (SITE). México. 2004.

2000-2003 (**Figura c**). La entidad que más visitantes recibió durante dicho periodo fue Jalisco (Costalegre y Puerto Vallarta, 37.8%), seguido por Baja California (Rosarito y Ensenada, 30.2%), Sinaloa (Mazatlán, 20.9%) y Baja California Sur (La Paz, Loreto y Los Cabos, 11.1%).

Figura d Tamaño poblacional de la ballena gris en la Reserva de "El Vizcaíno", 1967-1998



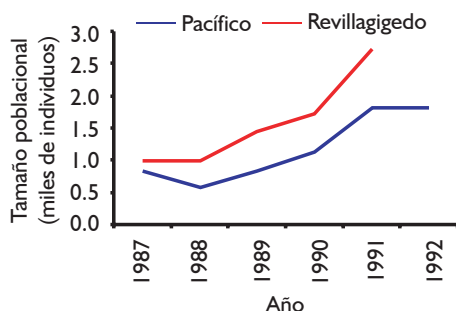
Fuente: Semarnap. Instituto Nacional de la Pesca. México. 1999.

A pesar de que las actividades humanas continúan presionando a las poblaciones de cetáceos en las aguas nacionales, los tamaños poblacionales de algunas especies muestran signos alentadores. Las estimaciones de los tamaños poblacionales de la ballena gris en la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno registran una clara tendencia de recuperación, duplicándose la población visitante durante el periodo 1967-1998 (**Figura d**).

Las poblaciones de la ballena jorobada en el Pacífico y las Revillagigedo mostraron también una tendencia creciente en el periodo 1987-1992 (en el Pacífico se duplicó la población en dicho periodo) (**Figura e**). En el caso de la vaquita marina, los datos no permiten establecer una tendencia clara del comportamiento de sus poblaciones, tan sólo puede decirse que probablemente las poblaciones no suman más de mil ejemplares (**Tabla a**).

Los gigantes de los mares (continuación)

Figura e Tamaño poblacional de la ballena jorobada en el Pacífico norte mexicano, 1987-1992



Fuente:

Urbán, J., C. Álvarez, M. Salinas, J. Jacobsen, K. C. Balcomb, A. Jaramillo, P. Ladrón de Guevara y A. Aguayo. Population size of *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of México. *Fishery Bulletin* 97:1017-1024. 1999.

Tabla a Tamaño poblacional de la vaquita marina en el Golfo de California, 1976, 1986, 1989, 1991 y 1997

Año	Población estimada (individuos)
1976	200-300 ¹
1986 y 1989	300-500 ²
1991	Pocos cientos ³
1997	567 (Intervalo de confianza de 95%, 177-1073) ⁴

Fuentes:

¹Villa 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.

²Silver, G. K. *The vaquita, Phocoena sinus, working paper*. Institute of Marine Sciences, University of California, Santa Cruz, California. 1990.

³Urbán R. J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta y L. T. Findley. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: Cartron, E., G. Cevallos y R. Felger (Eds.). *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. En prensa.

⁴Jaramillo L., A., L. Rojas B. y T. Gerrodette. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery. *Marine Mammal Science* 15:957-973. 1999.

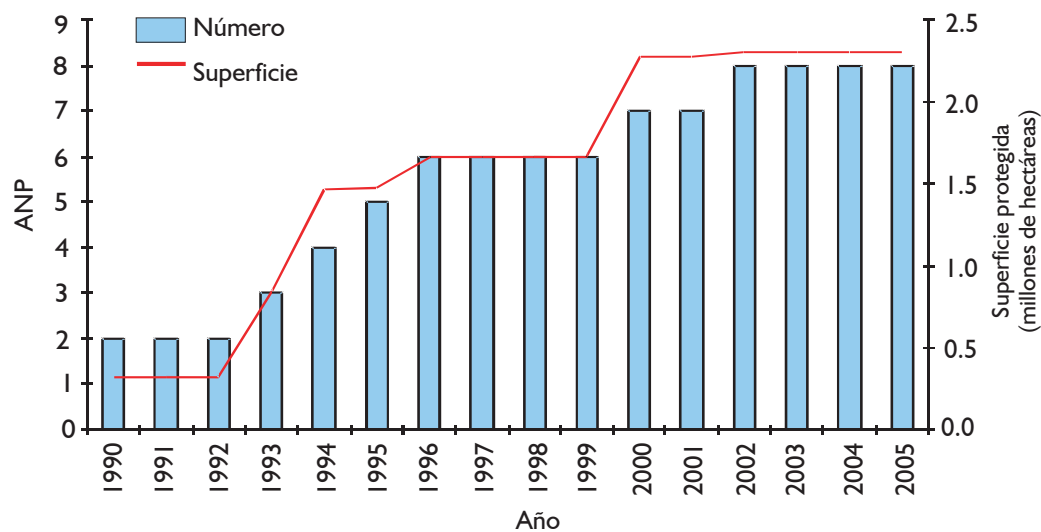
México ha sido uno de los países con mayor interés en la conservación de los cetáceos y otros mamíferos marinos. La declaración gubernamental del mar territorial mexicano como área de Refugio de ballenas, los esfuerzos para reducir la mortalidad de delfines asociada a la pesca del atún, la creación de áreas naturales protegidas encaminadas a su protección y la expedición de normatividad específica son claros ejemplos de las acciones gubernamentales encaminadas a la protección de estos animales.

En mayo del 2002, el Gobierno de México declaró Área de Refugio de Ballenas a todo el mar territorial y la zona económica exclusiva de nuestro país, que abarcan en conjunto aproximadamente 3 millones de kilómetros cuadrados en los océanos Pacífico y Atlántico y Mar Caribe. En esta zona, de acuerdo con la adición del artículo 60 Bis a la Ley General de Vida Silvestre, ningún ejemplar de mamífero marino, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial, con excepción de la captura que tenga por objeto la investigación científica y la educación en instituciones acreditadas.

Hasta el inicio de los esfuerzos internacionales encaminados a la protección de los delfines en los años setenta, la pesca del atún trajo consigo una gran mortalidad de estos animales en todo el mundo. En México, en 1991 se inició el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y de Protección de Delfines (PNAAPD), cuyo principal objetivo ha sido complementar los esfuerzos para desarrollar y consolidar la pesquería mexicana del atún, reduciendo al mínimo los efectos sobre las especies asociadas. La mortalidad de delfines asociada a la pesca del atún ha descendido notablemente desde

Los gigantes de los mares (continuación)

Figura f Áreas naturales protegidas marinas en las zonas de distribución de las ballenas gris y jorobada y la vaquita marina, 1990-2005



Fuente:
Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2005.

1993. Mientras que en 1992 murieron 9 mil 562 animales a una tasa de 1.91 delfines muertos por lance; en 2001 la tasa fue de 0.16 delfines muertos por lance (ver capítulo de **Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre**).

Por su parte, la superficie de las áreas naturales protegidas marinas con presencia de ballenas mostró un crecimiento importante desde el establecimiento de la primera reserva en 1973, cuando se protegieron 3 mil 788 hectáreas, hasta el año 2005, cuando la superficie total protegida asciende a cerca de 2 millones 300 mil hectáreas (*Figura f*). Esta superficie la integran ocho áreas naturales protegidas federales, entre las que destacan la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno (sitio de reproducción de la ballena gris) y la Reserva del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado (el hábitat de la vaquita marina).

La preocupación por la conservación de los cetáceos en México también se ve reflejada en las normas oficiales mexicanas. Las normas que están relacionadas con la protección de los cetáceos en México son:

- 1) NOM-012-PESC-1994, que establece restricciones específicas en el uso de redes agalleras o de enmalle pasivas para contribuir con la conservación de la vaquita marina;
- 2) NOM-EM-074-SEMARNAT-1996, que regula las actividades de observación de la ballena gris y su hábitat;
- 3) NOM-SEMARNAT-131-1998, que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas;
- 4) NOM-SEMARNAT-059-2001, que establece la categoría de riesgo de las especies de flora y fauna de México;
- 5) NOM-EM-PESC-2001, que establece los lineamientos para la captura incidental de organismos juveniles de atún y delfines;
- 6) NOM-EM-135-SEMARNAT-2001,

Los gigantes de los mares (continuación)

que establece los lineamientos regulatorios para la captura, transporte, manejo y condiciones de cautiverio de mamíferos marinos, principalmente delfines y 7) NOM-SEMARNAT-136-2002, que especifica las regulaciones existentes para los mamíferos marinos en cautiverio.

México ha suscrito además, una serie de convenios que protegen a los cetáceos y a su hábitat; entre los más importantes están el Convenio Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena, al que México se integró en 1938, la Comisión Ballenera Internacional (CBI) en la que México participa desde 1949, el Acuerdo Internacional para la Conservación de la Fauna y la Vida Silvestre (CITES) al que México se unió en 1991, la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos del Mar, el Acuerdo Internacional para la Región del Gran Caribe, así como el Convenio sobre Biodiversidad de la ONU. Además, promovió el Código de Conducta para la Pesca Responsable, formulado en el seno de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) donde se comprometió a conservar los ecosistemas acuáticos y a promover prácticas de pesca de forma responsable y ambientalmente seguras. También en el seno de la Convención Ballenera Internacional se prohibió la cacería de la ballena jorobada en el Pacífico Norte.

Fuentes:

Constantine, R. Effects of tourism on marine mammals in New Zealand. *Science for Conservation* 106. Wellington, New Zealand. 1999.

Farmer, T. Whales. *UN Atlas of the Oceans*. 2002. Disponible en: <http://www.oceansatlas.org>

INP. *Sustentabilidad y Pesca responsable en México evaluación y manejo 1999-2000*. México. 2001.

Lusseau, D. The Hidden Cost of Tourism: Detecting Long-term Effects of Tourism Using Behavioral Information. *Ecology & Society* 9(1): 2. 2004.

Medrano, G. L. y R. J. Urbán. *La ballena jorobada (Megaptera novaeangliae) en la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2001*. Informe final del Proyecto W024. Conabio. México. 2002.

PNUMA. *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del medio ambiente 2003*. Costa Rica. 2003.

Ross, A. y S. Isaac. *The Net Effect? A review of cetacean bycatch in pelagic trawls and other fisheries in the north-east Atlantic*. WDCS Report. United Kingdom. 2004.

Sectur. *Estudio estratégico de viabilidad del segmento de ecoturismo en México*. México. 2001.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002*. México. 2003.

UNEP. *Tourism's three main impact areas*. 2002. Disponible en: <http://www.unep.org/pc/tourism/sust-tourism/env-3main.htm>.

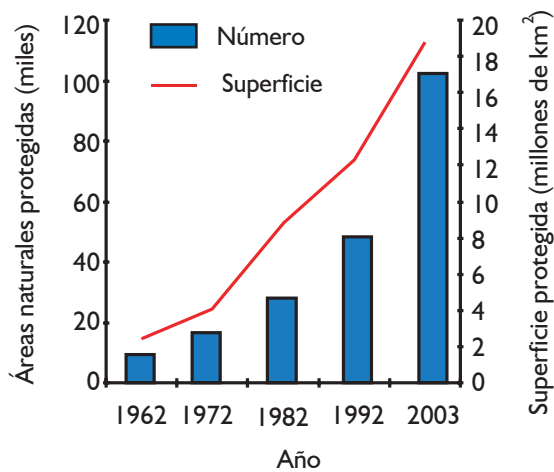
Urbán, R. J. *Ecología y genética poblacional de la ballena gris Eschrichtius robustus en la Península de Baja California*. Informe final del Proyecto L229. Conabio. México. 2000.

Urbán, R. J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero- Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta y L. T. Findley. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California. En: Cartron, E., G. Ceballos y R. Felger (Eds). *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern México*. En prensa. 2004.

WDCS. *Chemical Pollution*. Whale and Dolphin Conservation Society. 2005. Disponible en: <http://www.wdcs.org/dan/publishing.nsf/allweb/B117236C9DE5962980256890005770A0>.

WWF. *New Threats Endanger Great Whales*. 2001. Disponible en: <http://www.actionbioscience.org/biodiversity/wwf.html>.

Figura 4.7 Áreas naturales protegidas en el mundo, 1962-2003



Fuente:
Chape, S. S. Blyth, L. Fish, P. Fox y M. Spalding (Comps.) 2003 *United Nations List of Protected Areas*. UICN, Gland, Switzerland y Cambridge, UK y UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 2003.

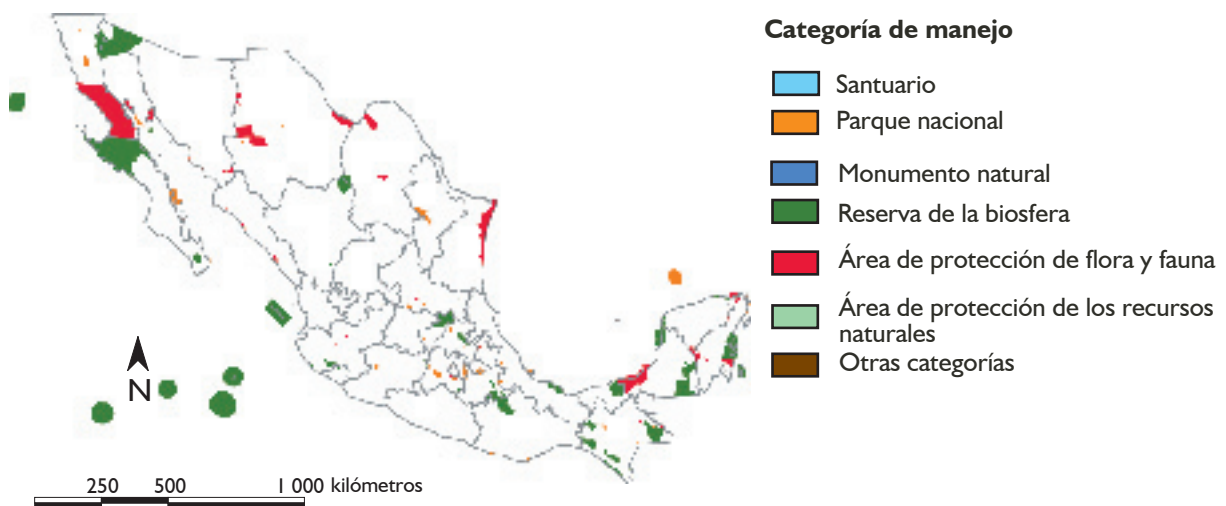
13) con una superficie total acumulada de alrededor de 18.7 millones de hectáreas (Mapa 4.1, Tabla 4.5, Figura 4.8), de las cuales poco más de 4 millones de hectáreas corresponden a zonas marinas. Para el año 2005, el área conjunta de las ANP representa el

9.5% de la superficie del país, proporción superior a la que tiene África central y occidental (8.8%) y el sur de Asia (6.9%), aunque está por debajo del promedio de los países miembros de la OCDE (14.6%) (Tabla 4.6) (IUCN, WCPA, UNEP y WMC, 2003; OECD, 2004).

La mayoría de los principales ecosistemas del país están representados dentro de los límites de las ANP, siendo los matorrales xerófilos de zonas áridas (35.1 %), los bosques templados (12.4 %) y las selvas húmedas (9.4 %) los que ocupan la mayor proporción (Figura 4.9).

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), existen siete categorías de manejo: Reservas de la biosfera (RB), Parques nacionales (PN), Monumentos naturales (MN), Áreas de protección de los recursos naturales (APRN), Áreas de protección de flora y fauna (APFF) y Santuarios (S) (Figura 4.10). Además, existen los Parques y Reservas Estatales (PyRE) y las Zonas de preservación ecológica de los centros de población (ZPE). En el año 2005, la categoría con mayor número de áreas decretadas es la de Parque nacional con 67 áreas, sin embargo, tan sólo representan el 7.9% de la superficie total protegida

Mapa 4.1 Áreas naturales protegidas en México, 2005



Fuente:
Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2005.

Tabla 4.5 Áreas naturales protegidas, superficie decretada, categoría de manejo y superficie calculada en México, 2005

ANP	Entidad federativa	Categoría de manejo ¹	Superficie calculada (ha)	
			Terrestre	Marina
Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	PUE	APRN	39 557	0
Las Huertas	COL	APRN	167	0
Tutuaca	CHIH	APFF	365 000	0
Cabo San Lucas	BCS	APFF	208	3 788
Islas del Golfo de California	BC, BCS, SON y SIN	APFF	321 631	0
Cascada de Agua Azul	CHIS	APFF	2 580	0
La Primavera	JAL	APFF	30 500	0
Valle de los Cirios	BC	APFF	2 521 776	0
El Jabalí	COL	APFF	5 179	0
Sierra de Álvarez	SLP	APFF	16 900	0
Sierra la Mojonera	SLP	APFF	9 362	0
Sierra de Quila	JAL	APFF	15 193	0
Corredor Biológico del Chichinautzin	MOR, MÉX y DF	APFF	37 302	0
Chan-Kin	CHIS	APFF	12 185	0
Cañón de Santa Elena	CHIH	APFF	277 210	0
Cuatrociénegas	COAH	APFF	84 347	0
Laguna de Términos	CAMP	APFF	548 166	157 982
Maderas del Carmen	COAH	APFF	208 381	0
Uaymil	QROO	APFF	89 118	0
Yum Balam	QROO	APFF	53 900	100 152
Sierra de Álamos-Río Cuchujaquí	SON	APFF	92 890	0
Metzabok	CHIS	APFF	3 368	0
Naha	CHIS	APFF	3 847	0
Meseta de Cacaxtla	SIN	APFF	50 862	0
Ciénegas del Lerma	MÉX	APFF	3 024	0
Otoch Ma ax Yetel Kooh	QROO	APFF	5 367	0
Campo Verde	CHIH	APFF	108 069	0
Papigochic	CHIH	APFF	243 643	0
Bal'an K'aax	QROO	APFF	128 390	0
Laguna Madre y Delta del Río Bravo	TAMS	APFF	572 807	0
Cerro de la Silla	NL	MN	6 039	0
Bonampak	CHIS	MN	4 357	0
Yaxchilán	CHIS	MN	2 621	0
Yagul	OAX	MN	1 076	0
Desierto de los Leones	DF	PN	1 529	0
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	MÉX, PUE y MOR	PN	90 284	0
Cerro de Garnica	MICH	PN	968	0
Cumbres del Ajusco	DF	PN	920	0
El Potosí	SLP	PN	2 000	0
Fuentes Brotantes de Tlalpan	DF	PN	129	0

Nota:¹ Las abreviaturas de las categorías de manejo corresponden a: Área de protección de los recursos naturales (APRN), Área de protección de flora y fauna (APFF), Monumento natural (MN), Parque nacional (PN), Reserva de la biosfera (RB), Santuario (S) y Otras Categorías (OC).

Tabla 4.5 Áreas naturales protegidas, superficie decretada, categoría de manejo y superficie calculada en México, 2005 (continuación)

ANP	Entidad federativa	Categoría de manejo ¹	Superficie calculada (ha)	
			Terrestre	Marina
Gogorrón	SLP	PN	25 000	0
Grutas de Cacahuamilpa	GRO	PN	1 600	0
Insurg. Miguel Hidalgo y Costilla	MÉX y DF	PN	1 580	0
Lagunas de Zempoala	MÉX y MOR	PN	4 790	0
Los Mármoles	HGO	PN	23 150	0
Nevado de Colima	JAL y COL	PN	9 600	0
Nevado de Toluca	MÉX	PN	46 784	0
Benito Juárez	OAX	PN	2 737	0
Cerro de las Campanas	QRO	PN	58	0
Cofre de Perote	VER	PN	11 700	0
El Tepeyac	DF	PN	1 500	0
El Tepozteco	MOR y DF	PN	23 259	0
Lagunas de Chacahua	OAX	PN	14 187	0
Molino de Flores Netzahualcoyotl	MÉX	PN	49	0
Pico de Orizaba	VER y PUE	PN	19 750	0
Xicontenatl	TLAX	PN	680	0
Barranca del Cupatitzio	MICH	PN	362	0
Cañón del Río Blanco	VER	PN	55 690	0
Cerro de la Estrella	DF	PN	1 100	0
El histórico Coyoacán	DF	PN	584	0
El Sabinal	NL	PN	8	0
Lomas de Padierna	DF	PN	670	0
Los Remedios	MÉX	PN	400	0
Malinche o Matlalcueyatl	TLAX y PUE	PN	45 711	0
Cumbres de Majalca	CHIH	PN	4 772	0
Insurg. José María Morelos	MICH	PN	4 325	0
Sacromonte	MÉX	PN	45	0
Bosencheve	MÉX y MICH	PN	10 432	0
Los Novillos	COAH	PN	42	0
Pico de Tancítaro	MICH	PN	23 154	0
Laguna de Camécuaro	MICH	PN	10	0
Desierto del Carmen o de Nixongo	MÉX	PN	529	0
Sierra de San Pedro Mártir	BC	PN	72 911	0
Rayón	MICH	PN	25	0
Lagunas de Montebello	CHIS	PN	6 022	0
Constitución de 1857	BC	PN	5 009	0
General Juan N. Álvarez	GRO	PN	528	0
Cañón del Sumidero	CHIS	PN	21 789	0
El Veladero	GRO	PN	3 617	0
Isla Isabel	NAY	PN	194	0

Nota:¹ Las abreviaturas de las categorías de manejo corresponden a: Área de protección de los recursos naturales (APRN), Área de protección de flora y fauna (APFF), Monumento natural (MN), Parque nacional (PN), Reserva de la biosfera (RB), Santuario (S) y Otras Categorías (OC).

Tabla 4.5 Áreas naturales protegidas, superficie decretada, categoría de manejo y superficie calculada en México, 2005 (continuación)

ANP	Entidad federativa	Categoría de manejo ¹	Superficie calculada (ha)	
			Terrestre	Marina
Cascada de Basaseachic	CHIH	PN	5 803	0
Palenque	CHIS	PN	1 772	0
Tula	HGO	PN	100	0
Tulum	QROO	PN	664	0
El Chico	HGO	PN	2 739	0
El Cimatario	QRO	PN	2 448	0
Dzibilchantún	YUC	PN	539	0
Sistema Arrecifal Veracruzano	VER	PN	0	52 239
Arrecife Alacranes	YUC	PN	53	333 716
Cabo Pulmo	BCS	PN	0	7 111
Arrecifes de Cozumel	QROO	PN	0	11 988
Bahía de Loreto	BC	PN	22 870	183 711
Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	QROO	PN	0	8 673
Arrecife de Puerto Morelos	QROO	PN	0	9 067
Huatulco	OAX	PN	7 214	4 677
Isla Contoy	QROO	PN	227	4 899
Arrecifes de Xcalak	QROO	PN	4 521	13 428
Cumbres de Monterrey	NL	PN	177 396	0
Sierra de Órganos	ZAC	PN	1 125	0
Archipiélago de San Lorenzo	BC	PN	0	58 442
Islas Marietas	NAY	PN	73	1,310
Complejo Lagunar Ojo de Liebre	BC y BCS	RB	60 343	0
Montes Azules	CHIS	RB	331 200	0
La Michilia	DGO	RB	9 325	0
Sian Ka'an	QROO	RB	374 956	153 192
Sierra de Manantlán	JAL y COL	RB	139 577	0
El Vizcaíno	BCS	RB	2 175 963	317 128
Calakmul	CAMP	RB	723 185	0
El Triunfo	CHIS	RB	119 177	0
Lacan-Tun	CHIS	RB	61 874	0
Pántanos de Centla	TAB	RB	302 707	0
Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	BC y SON	RB	407 867	526 889
Chamela-Cuixmala	JAL	RB	13 142	0
El Pinacate y Gran Desierto de Altar	SON	RB	714 557	0
Archipiélago de Revillagigedo	COL	RB	15 766	620 919
Sierra de Abra Tanchipa	SLP	RB	21 464	0
Sierra de la Laguna	BCS	RB	112 437	0
La Encrucijada	CHIS	RB	115 652	29 216
La Sepultura	CHIS	RB	167 310	0
Banco Chichorro	QROO	RB	582	143 778

Nota:¹ Las abreviaturas de las categorías de manejo corresponden a: Área de protección de los recursos naturales (APRN), Área de protección de flora y fauna (APFF), Monumento natural (MN), Parque nacional (PN), Reserva de la biosfera (RB), Santuario (S) y Otras Categorías (OC).

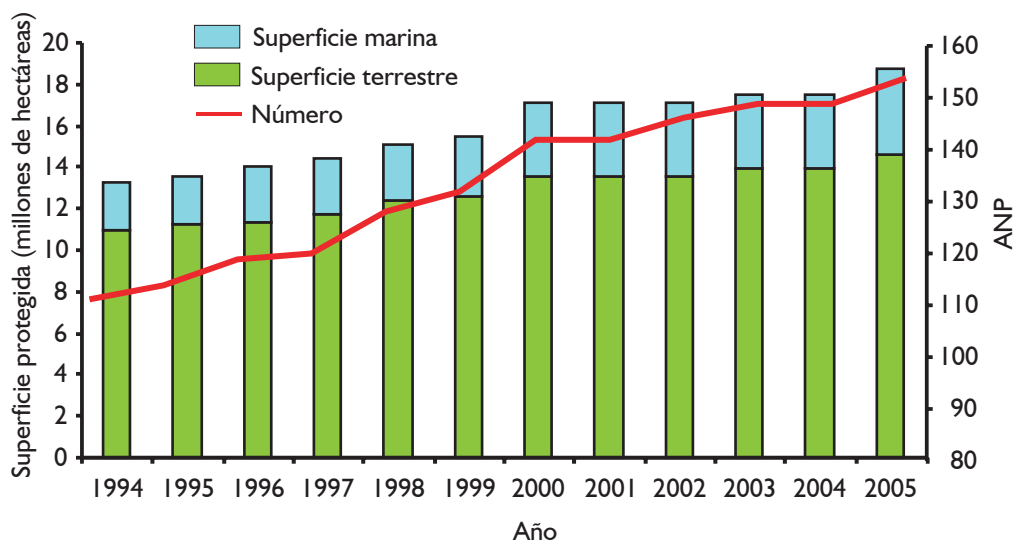
Tabla 4.5 Áreas naturales protegidas, superficie decretada, categoría de manejo y superficie calculada en México, 2005 (continuación)

ANP	Entidad federativa	Categoría de manejo ¹	Superficie calculada (ha)	
			Terrestre	Marina
Sierra Gorda	QRO	RB	383 567	0
Arrecifes de Sian Ka'an	QROO	RB	1 361	33 566
Los Tuxtlas	VER	RB	155 122	0
Tehuacán-Cuicatlán	PUE y OAX	RB	490 187	0
Los Petenes	CAMP	RB	100 939	181 910
Ría Lagartos	YUC	RB	60 348	0
Sierra de Huautla	MOR	RB	59 031	0
Barranca de Meztitlán	HGO	RB	96 043	0
Islas Marías	NAY	RB	29 375	611 910
Mapimí	DGO, CHIH y COAH	RB	342 388	0
Mariposa Monarca	MICH y MÉX	RB	56 259	0
Ría Celestún	YUC y CAMP	RB	62 137	19 345
Selva del Ocote	CHIS	RB	101 288	0
Isla San Pedro Mártir	SON	RB	273	29 892
Volcán Tacaná	CHIS	RB	6 378	0
Isla Guadalupe	BC	RB	24 254	452 717
Playa Ceuta	SIN	S	77	0
Playa Cuixmala	JAL	S	4	0
Playa de Escobilla	OAX	S	30	0
Playa de la Bahía de Chacahua	OAX	S	0	0
Playa de la Isla Contoy	QROO	S	0	0
Playa de Maruata y Colola	MICH	S	33	0
Playa de Mismaloya	JAL	S	168	0
Playa de Puerto Arista	CHIS	S	63	0
Playa de Rancho Nuevo	TAMS	S	30	0
Playa de Tierra Colorada	GRO	S	54	0
Playa El Tecuán	JAL	S	17	0
Playa Verde Camacho	SIN	S	63	0
Playa Mexiquillo	MICH	S	25	0
Playa Piedra de Tlacoyunque	GRO	S	29	0
Playa Ría Lagartos	YUC	S	0	0
Playa Teopa	JAL	S	12	0
Islas de Chamela	JAL	S	84	0
Sierra de Ajos Bavispe	SON	OC	186 734	0
Total			14 656 206	4 071 645

Nota:¹ Las abreviaturas de las categorías de manejo corresponden a: Área de protección de los recursos naturales (APRN), Área de protección de flora y fauna (APFF), Monumento natural (MN), Parque nacional (PN), Reserva de la biosfera (RB), Santuario (S) y Otras Categorías (OC).

Fuente:
Conanp. México. 2005.

Figura 4.8 Crecimiento histórico de las áreas naturales protegidas en México, 1994-2005



Fuente:
Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2005.

del país; muchas de ellas (31.3%) no alcanzan las mil hectáreas, superficie considerada como la mínima para garantizar la conservación de los ecosistemas según la IUCN (Ordóñez y Flores, 1995) e incluso, algunas han perdido por completo su vegetación original (Conabio, 1998).

En las 35 Reservas de la biosfera actuales se concentra la mayor superficie protegida del país (59.3%). La principal función de las reservas de la biosfera es la de constituirse como espacios de investigación y concertación para la conservación y el desarrollo regional sostenible (Conabio, 1998). En ellas se albergan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Las áreas de protección de flora y fauna (APFF) abarcan el 31.5% del total de la superficie protegida nacional. Las 28 APFF se encuentran ubicadas tanto en zonas con una considerable riqueza de flora o fauna como donde se presentan especies, subespecies o hábitats de distribución restringida (Conanp, 2002). Las cuatro áreas decretadas

como monumento natural comprenden el 0.08% de la superficie protegida; contienen uno o varios elementos naturales y por su carácter único estético, valor histórico y científico, están incorporadas a un régimen de protección absoluta (Conanp, 2002). Actualmente sólo dos áreas están decretadas como de protección de los recursos naturales: Las Huertas, en Colima, y la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, en el estado de Puebla. Además, existe un área natural protegida que se encuentra en proceso de recategorización: la de Sierra de Ajos-Bavispe, en Sonora.

Durante el periodo 1995-2001 se tramitaron 2 mil 23 permisos para realizar actividades en las ANP (Figura 4.11), de los cuales el 87.1% correspondieron a actividades turísticas, acuático-recreativas, de campamento y de educación ambiental y el 12.9% a actividades de filmación y fotografía.

Regiones prioritarias

La regionalización (división de un territorio en áreas menores con características comunes) es una

Tabla 4.6 Superficie protegida de algunos países de la OCDE, 2004

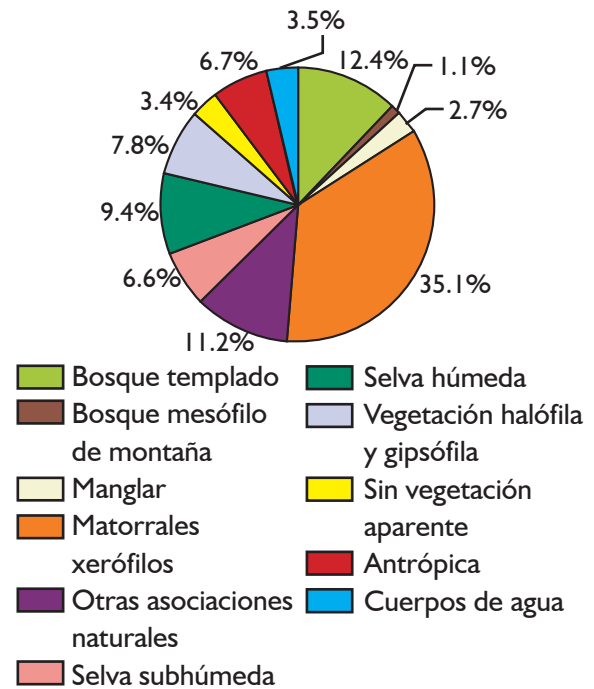
País	Superficie protegida (% del área total del país)
Australia	9.9
Canadá	9.9
Francia	13.3
Alemania	35.7
Japón	17.2
México	9.5
Turquía	4.1
Reino Unido	10.9
Estados Unidos	24.9
OCDE promedio	14.6

Fuente:

OECD. *OECD Environmental Data Compendium 2004*. Francia. 2004.

herramienta metodológica básica en la planeación ambiental. Por ello, en los últimos años la Conabio desarrolló un programa con talleres de expertos con el objetivo de identificar y diagnosticar las regiones prioritarias para la conservación. Los requisitos básicos para considerar un área como prioritaria son su alta diversidad e integridad ecológica. Como

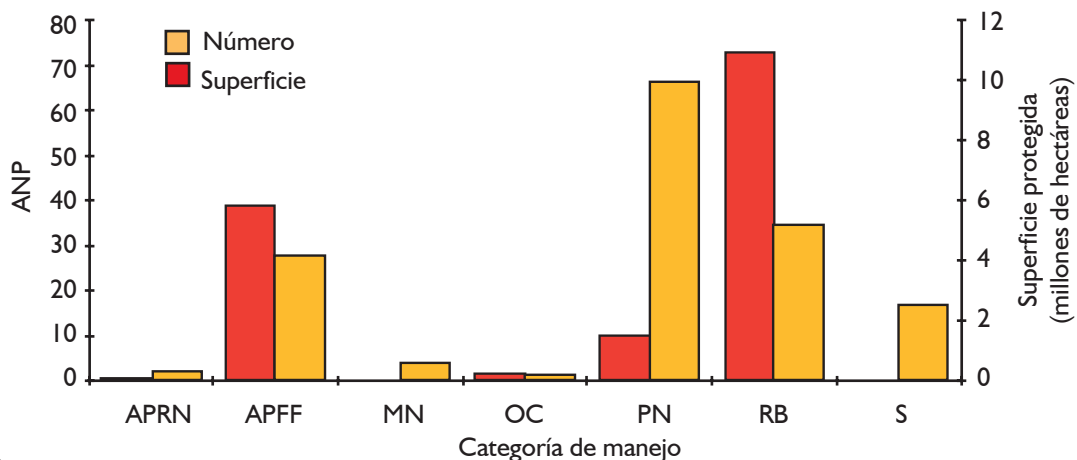
Figura 4.9 Superficie relativa de los principales ecosistemas en las áreas naturales protegidas, 2005



Fuentes:

Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2005
INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México. 2005.

Figura 4.10 Áreas naturales protegidas por categoría de manejo en México, 2005



Nota:

Las abreviaturas de las categorías de manejo corresponden a: área de protección de los recursos naturales (APRN), área de protección de flora y fauna (APFF), monumento natural (MN), parque nacional (PN), reserva de la biosfera (RB), santuario (S) y otras categorías (OC).

Fuente:

Elaboración propia con datos de: Conanp. México. 2005.



resultado de este programa se han identificado en México 151 regiones prioritarias terrestres, 70 marinas y 110 hidrológicas (en aguas continentales).

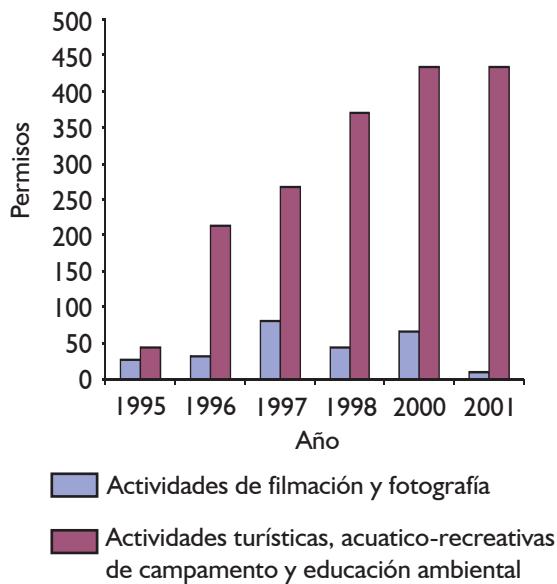
Las regiones terrestres prioritarias cubren una superficie aproximada de 504 mil 796 kilómetros cuadrados, predominando los bosques templados de coníferas y encinos (con cerca de 11.3 millones de hectáreas, es decir, el 22% de la superficie de las RTP), los matorrales xerófilos (10.8 millones de hectáreas, 21.1 de las RTP) y las selvas húmedas (7.5 millones, 14.5% de las RTP) (Figura 4.12). Debe considerarse, sin embargo, que una proporción importante de la cubierta vegetal de las RTP es

La mayor superficie de las RTP se encuentra en los estados de Sonora, Chihuahua y Coahuila; mientras que Oaxaca y Quintana Roo tienen, considerando tan sólo sus áreas estatales, la mayor superficie relativa. Es importante mencionar que cerca del 95% de las áreas naturales protegidas federales del país se sobreponen con las RTP.

En relación con las regiones prioritarias marinas (RPM), se tienen identificadas 70 áreas costeras y oceánicas, de las cuales 43 se localizan en el Pacífico y 27 en el Golfo de México y el Mar Caribe, aunque si se compara la superficie total, las regiones prioritarias definidas para el Pacífico abarcan apenas el 40% de la superficie de las RPM. De las regiones prioritarias definidas, 23 son áreas litorales, 33 nerítico-litorales, 9 oceánicas (incluyendo islas) y 5 nerítico-oceánicas. En poco más del 60% de las RPM identificadas se pudo definir con claridad la existencia de amenazas sobre la biodiversidad (Figura 4.13). A pesar de que se reconoce que la información de la biodiversidad marina es menor a la de los biomas terrestres, 58 de las regiones marinas se consideran sitios de alta diversidad; en contraste, en 8 de las regiones definidas se reconoció su importancia biológica, aunque no existe información suficiente sobre su biodiversidad. Cuarenta y tres de las ANP están contenidas total o parcialmente en 34 de las RPM definidas. La sobreposición también es grande en los casos de las islas y los archipiélagos, pero mínima en las zonas costeras y oceánicas, lo que muestra claramente la necesidad de identificar las zonas más importantes en costas y mar abierto a fin de implementar mecanismos para su adecuada protección.

Para el caso de aguas continentales, se tienen identificadas 110 regiones hidrológicas prioritarias (RHP; Figura 4.13), de las cuales 75% son áreas de alta riqueza biológica. En cerca del 70 por ciento de las RHP existen serias amenazas a la biodiversidad, mientras que en el 26 por ciento la información es limitada. La principal problemática detectada es la sobreexplotación del agua, la desertificación, el deterioro de los sistemas acuáticos, su contaminación, eutrofización y la introducción de especies exóticas.

Figura 4.11 Permisos autorizados para realizar actividades en áreas naturales protegidas en México, 1995-2001

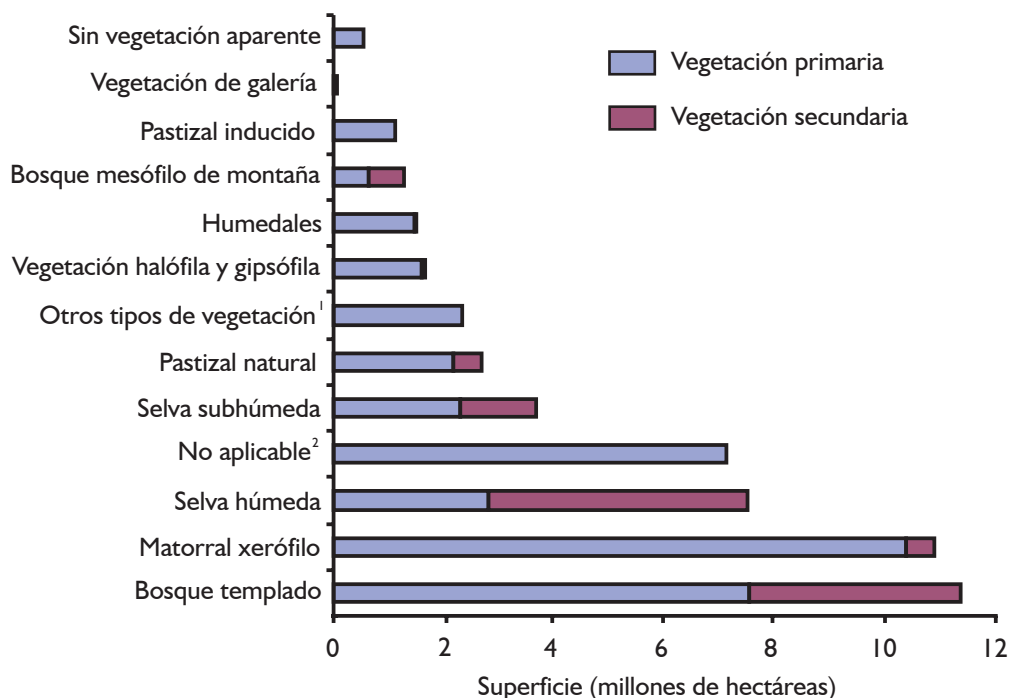


Fuente:
Conanp. México. 2002.

vegetación secundaria (cerca de 11.6 millones de hectáreas, 22.5% de la superficie de las RTP), siendo el tipo con mayor proporción de vegetación secundaria la selva húmeda (62.4% de su superficie en las RTP) y el bosque mesófilo de montaña (50.8% de la superficie en RTP).



Figura 4.12 Tipos de vegetación en las regiones prioritarias terrestres en México, 2002

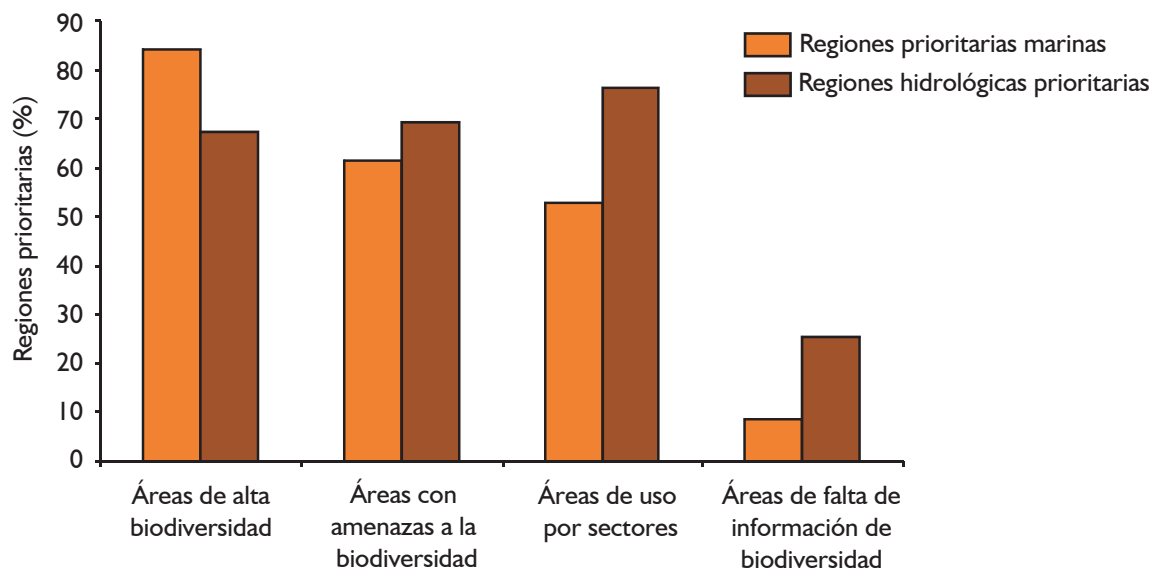


Notas: ¹Incluye chaparral, matorral submontano, matorral subtropical, palmar, sabana y vegetación de dunas costeras.
²Incluye agricultura, zonas urbanas y cuerpos de agua.

Fuentes:

Elaboración propia con datos de: INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México. 2005.
 Conabio. *La Diversidad Biológica de México: Estudio de País*. México. 1998.

Figura 4.13 Situación de la biodiversidad en las regiones hidrológicas prioritarias y marinas en México



Fuentes:

Conabio. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.
 Conabio. *Regiones prioritarias marinas de México*. Conabio. México. 1998.



Referencias

- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra y J. Alcocer Durand. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Conabio. México. 2000.
- Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding y D. McAllister. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Coastal Ecosystems*. WRI. Washington, D. C. 2000.
- Conabio. *La diversidad biológica de México: Estudio de país*. Conabio. México. 1998.
- Conanp. *Programa de Trabajo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2001-2006*. Segunda edición. Semarnat. México. 2002.
- 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/WWF. Washington, D. C. 1995.
- Gentry, A. Species extirpations and the current extinction rates: A review of the evidence. En: Szaro, R. C. y D. W. Johnston (Eds.). *Biodiversity in management landscapes: Theory and practice*. Oxford, Nueva York. 16-26. 1996.
- González Medrano, F. *Las comunidades vegetales de México*. Semarnat-INE. México. 2003.
- Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.
- Hernández-Xolocotzi, E. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 715-738. 1998.
- INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie II*. México.
- INEGI. *Carta de Uso Actual del Suelo y Vegetación Serie III*. México. 2005.
- IUCN, WCPA, UNEP y WMC. *2003 United Nations List of Protected Areas*. UK. 2003.
- IUCN. *IUCN Red list of threatened species*. IUCN Species Survival Commission. 2004. Disponible en: <http://www.redlist.org/>
- Lewis, R. L., S. A. Freeman y L. B. Crowder. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. *Ecology Letters* 7: 221-231. 2004.
- Miller, 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. y C. Goettsch. La importancia de la biodiversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (Comps.). *México ante los retos de la biodiversidad*. Conabio. México. 1992.
- OECD. *OECD Environmental Data. Compendium 2004*. Francia. 2004.
- Ordoñez, M. J. y O. Flores. *Áreas naturales protegidas en México*. Pronatura. México. 1995.
- PNUMA. *Perspectivas del medio ambiente mundial. GEO-3*. PNUMA-Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 2002.
- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. México. 1998.
- Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger, K. Kassem y R. Payne. *Pilot Analysis of Global Ecosystems. Freshwater Systems*. WRI. Washington, D. C. 2000.



Semarnap-Conabio. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. México. 1995.

Silk, N. y K. Ciruna (Eds.). *A Practitioner's Guide to Freshwater Biodiversity Conservation*. The Nature Conservancy. Boulder, Colorado. 2004.

Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco y J. M. Melillo. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494–499. 1997.

WCMC (Comp.) y Groombridge, B. (Ed.). *Biodiversity Data Sourcebook*. World Conservation Press, Cambridge, UK. 1994.

Wilson, E. The current state of biological diversity. En: Wilson, E. (Ed.). *Biodiversity*. National Academic Press, Washington, D. C. 3-18. 1988.

